

Δ^9 -Tetrahydrocannabinol y el Desarrollo Económico en Bolivia hasta 2025: Un Estudio de Equilibrio General

CÓDIGO: 7015

26 de mayo de 2014

Resumen

Un modelo de equilibrio general estimado con métodos Bayesianos se empleó (*i*) para proyectar hasta 2025 el desempeño económico de Bolivia con la actual política económica, y (*ii*) para comparar las proyecciones con los efectos macro-económicos y sociales de una política de semi-legalización del Δ^9 -Tetrahydrocannabinol. Los resultados sugieren que los recursos verdes del Δ^9 -Tetrahydrocannabinol apreciarían el tipo de cambio real –aumentando las importaciones y reduciendo las exportaciones– pero crearían mayor espacio fiscal para incrementar la inversión en salud y educación, disminuyendo la mortalidad infantil y materna, mejorando el acceso a la educación primaria y reduciendo la pobreza moderada y extrema más rápidamente que con el actual modelo de economía plural que basa la financiación de la política social en la generación de excedentes por la explotación de recursos naturales. La inversión adicional en salud y educación impulsaría eventualmente el crecimiento económico, debido a las mejoras en la productividad que resultan de la nueva infraestructura y el mayor stock de trabajadores calificados.

Códigos JEL: C68, I15, I25, O11, O12, O23

Palabras Clave: Equilibrio General, Δ^9 -Tetrahydrocannabinol, Políticas de Desarrollo Económico

1. Introducción

Desde el año 2006, el gobierno del Estado Plurinacional de Bolivia estableció un nuevo modelo de «economía plural» en el que el Estado promueve la integración entre las diferentes formas económicas de producción (estatal, social cooperativa, comunitaria y privada) para lograr un crecimiento económico con re-distribución del ingreso. En este modelo, los excedentes de explotación de los recursos naturales nacionalizados –principalmente hidrocarburos– se destinan hacia la industrialización de sectores generadores de ingreso y empleo, y se re-distribuyen hacia personas de bajos recursos mediante incrementos salariales inversamente proporcionales, subvenciones cruzadas o programas sociales basados en transferencias condicionadas, como el Bono Juancito Pinto, el Bono Juana Azurduy o la Renta Dignidad.

La nueva orientación económica del Estado Plurinacional ha sido exitosa en términos de estabilidad macroeconómica y la mejora de indicadores sociales: la inversión pública aumentó en 459 % (de Bs. 5.1 miles de millones 2005 a Bs. 28.5 miles de millones en 2013), el presupuesto de salud creció en 263 % (de Bs. 2773 millones en 2005 a Bs. 10054 millones en 2013) y el presupuesto en educación aumentó en 130 % (de Bs. 6519 millones en 2005 a Bs. 15023 millones en 2013). Desde 2006, existió además un continuo superávit fiscal (1.7 % del producto, en promedio entre 2006 y 2013) y una creciente bolivianización del sistema financiero (de 7.5 % de la cartera de créditos en 2005 a 87.6 % en 2013), que han creado más espacio para el accionar de la política fiscal y monetaria. Adicionalmente, la deuda externa de Bolivia se redujo de 52 % del producto en 2005 a 18 % en 2013, el desempleo cayó de 8 % en 2005 a 3.2 % en 2011 y el producto interno bruto real tuvo un crecimiento promedio del 5 % entre 2006 y 2013. Debido a este crecimiento, el producto per cápita de Bolivia aumentó de 1.18 miles de dólares en 2006 a 2.65 miles de dólares en 2013. Con este nuevo producto per cápita, Bolivia dejó de ser clasificado por el Banco Mundial como un país de ingresos bajos y es actualmente un país de ingresos medios-bajos. Véase [Banco Central de Bolivia \(2014\)](#) y [Ministerio de Economía y Finanzas Públicas \(2014a\)](#).

En términos de desarrollo humano, las políticas del Estado Plurinacional redujeron la desigualdad y la pobreza desde 2005: la incidencia de la pobreza disminuyó de 60 % en 2005 a 48.5 % en 2011, y la desigualdad, medida con el coeficiente de Gini, cambió de 0.6 en 2005 a 0.47 en 2011 (Figura 1). Este estudio argumenta que una política pública de semi-legalización del Δ^9 -Tetrahydrocannabinol permitiría dar continuidad y profundizar los logros económicos y sociales del Estado Plurinacional de Bolivia, al permitir el financiamiento de un mayor nivel de inversión pública en educación y salud, manteniendo los equilibrios macro-económicos pero impulsando el desarrollo económico hasta 2025 más rápidamente que con el actual modelo de re-distribución de excedentes. Un modelo de equilibrio general se empleó para evaluar esta política (§4). Se discuten los resultados en el contexto de los objetivos de la Agenda Patriótica 2025 de Bolivia (§5).

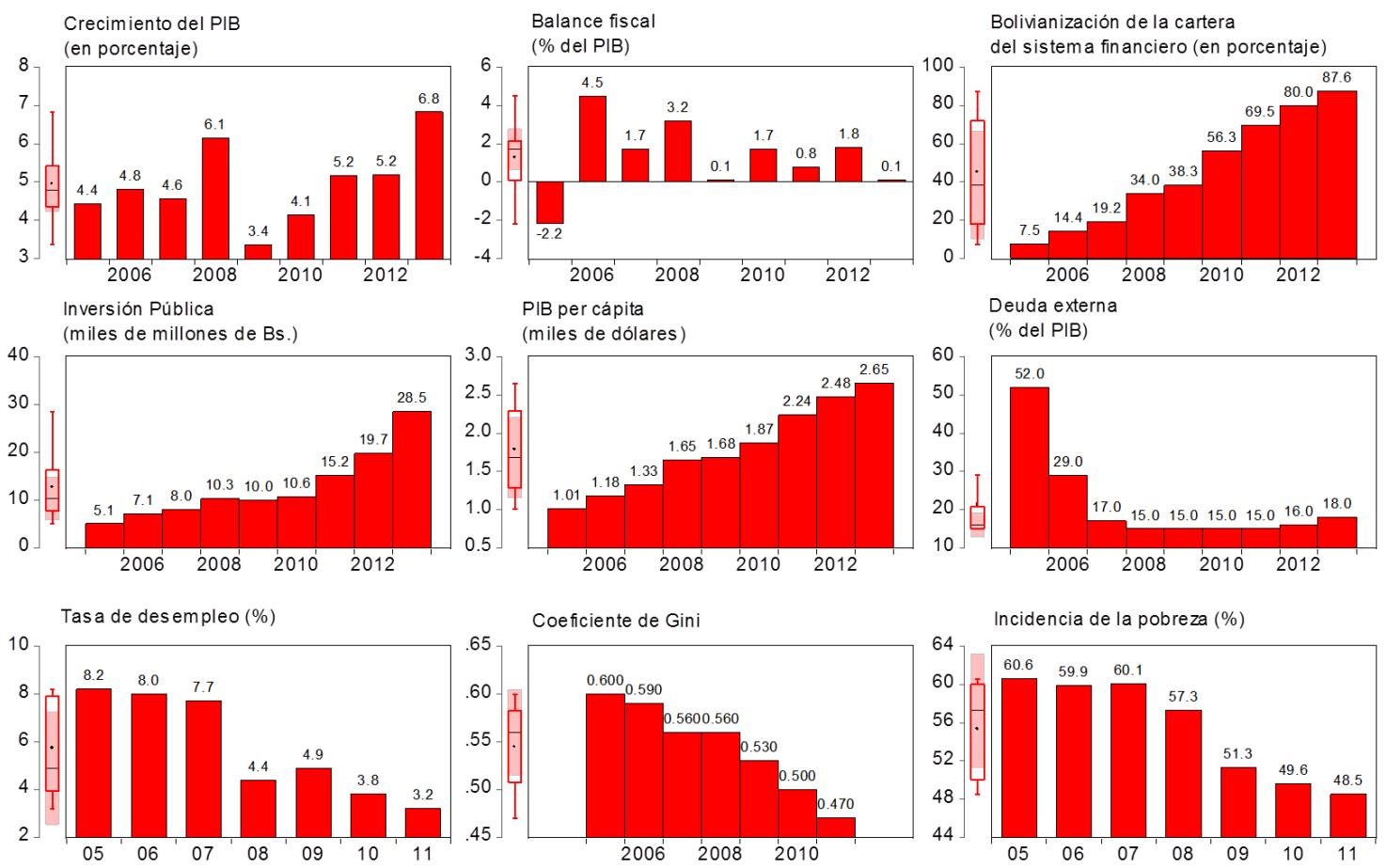


Figura 1: Logros económicos del Gobierno del Estado Plurinacional de Bolivia (en base a información del [Banco Central de Bolivia \(2014\)](#) y el [Ministerio de Economía y Finanzas Públicas \(2014a\)](#) - los datos de 2013 deben considerarse preliminares)

2. Métodos

Modelos de equilibrio general permiten analizar los impactos macro-económicos y sociales de políticas que afectan a la economía en su conjunto. Esta investigación empleó un modelo de equilibrio general estimado con métodos Bayesianos para evaluar el desempeño conjunto de la economía de Bolivia hasta 2025, con y sin los recursos adicionales del Δ^9 -Tetrahydrocannabinol (en adelante, Δ^9 -THC). En el modelo de equilibrio general, la regla de cierre del presupuesto del gobierno se obtiene considerando que los gastos en educación y salud se incrementan al obtener nuevos recursos por la semi-legalización del Δ^9 -THC, mientras que los ingresos del gobierno provenientes de la deuda externa, la deuda interna (como resultado de la venta de bonos del Tesoro General de la Nación) y los ingresos provenientes de créditos del Banco Central crecen al ritmo observado desde 2006, al igual que los impuestos al comercio minorista (régimen simplificado), aranceles a la importación y los impuestos a las transacciones, al valor agregado y al consumo específico.

El sistema de ecuaciones simultáneas del modelo de equilibrio general está basado en el modelo computable dinámico recursivo de [Lofgren y otros \(2013\)](#), compuesto de 68 ecuaciones que representan los diferentes sectores de la economía y capturan la interacción entre estos sectores – el Anexo al final del documento contiene un detalle de las ecuaciones. Micro-simulaciones basadas en la Encuesta de Hogares de Bolivia se usaron para trasladar los impactos macro-económicos de equilibrio general hacia indicadores de pobreza y desarrollo humano, permitiendo así una modelización macro-micro integrada; véase *inter alia* [Bourguignon y otros \(2008\)](#), [Mitton y otros \(2000\)](#), [Mogilevsky y Omorova \(2011\)](#) o [Briones \(2014\)](#).

Para Bolivia, el modelo de equilibrio general está basado en una matriz de contabilidad social que capture la interdependencia entre los flujos de gasto, consumo e inversión de los agentes económicos de Bolivia desde el año 2006, el mismo año en el que el actual Gobierno del Estado Plurinacional cambió la orientación de la política económica en este país.

Los parámetros del modelo son elasticidades que capturan las variaciones en el comportamiento del gasto de los hogares ante cambios en los precios, la sustitución entre factores de producción y productividad, cambios en el comercio ante variaciones de precios relativos y cambios en el empleo ante variaciones de los salarios: la relación entre los salarios (w_s) y el desempleo (u_s), que [Blanchflower y Oswald \(1990\)](#) y [Blanchflower y Oswald \(2005\)](#) denominaron la *curva de salarios*, tiene la forma de $\log w_s = \omega_s \log u_s + \text{otros términos}$, con elasticidades ω_s para cada s -sector de la fuerza laboral.

Las elasticidades de gasto ϕ surgen de una función de utilidad tipo Stone-Geary,

$$\mathcal{U}(q) = \prod_i (q_i - \phi_i)^{\gamma_i},$$

que da lugar a un sistema de gasto lineal ([Stone, 1954](#)),

$$q_i = \phi_i + \frac{\gamma_i}{p_i} \left(q - \sum_j \phi_j p_j \right),$$

con q_i el gasto en consumo del bien o servicio i , q el gasto total, p_i el precio del bien o servicio i y,

$$\vartheta = -\frac{q}{q - \sum_j \phi_j p_j},$$

el parámetro de [Frisch \(1959\)](#). Las relaciones de comercio y de sustitución entre factores de producción pueden capturarse con funciones de elasticidad de sustitución constante,

$$y_i = A_{yi} \left(\rho_{yi} l_i^{\frac{\sigma_i-1}{\sigma_i}} + (1 - \rho_{yi}) k_i^{\frac{\sigma_i-1}{\sigma_i}} \right)^{\frac{\sigma_i}{\sigma_i-1}}, \quad (1)$$

$$x_i = A_{xi} \left(\rho_{xi} x_{di}^{\frac{\eta_i-1}{\eta_i}} + (1 - \rho_{xi}) x_{mi}^{\frac{\eta_i-1}{\eta_i}} \right)^{\frac{\eta_i}{\eta_i-1}}, \quad (2)$$

$$p_i = A_{pi} \left(\rho_{pi} p_{di}^{\frac{\delta_i-1}{\delta_i}} + (1 - \rho_{pi}) p_{ei}^{\frac{\delta_i-1}{\delta_i}} \right)^{\frac{\delta_i}{\delta_i-1}}, \quad (3)$$

siendo (1) una función de producción de sustitución constante entre dos factores, capital (k) y trabajo (l), con y el producto real, A un parámetro de cambios tecnológicos, $\rho \in [0, 1]$ un parámetro de distribución y $\sigma_i \in [0, \infty)$ las elasticidades de sustitución entre capital y trabajo para cada i -sector ([Arrow y otros, 1961](#)). En (2) η_i son elasticidades de [Armington \(1969\)](#) que relacionan la sustitución entre productos domésticos x_{di} e importados x_{mi} en cada i -sector, mientras que en (3) las elasticidades δ_i –originalmente descritas en [Powell y Gruen \(1968\)](#)– miden el grado de sustitución entre la producción para el mercado doméstico p_{di} o para la exportación p_{ei} .

Los parámetros del modelo de equilibrio general fueron estimados con métodos Bayesianos, con el procedimiento descrito en [Gonzales \(2013\)](#), basado en [Koop \(2003\)](#). Básicamente, se apilan los 114 parámetros del modelo de equilibrio general en un vector $\Phi \in \mathbb{R}^{114}$, $\Phi = \{\vartheta, \omega, \phi, \sigma, \alpha, \eta, \delta\}$, $\vartheta \in \mathbb{R}$, $\omega \in \mathbb{R}^3$, $\phi \in \mathbb{R}^{18}$, $\sigma, \alpha, \eta, \delta \in \mathbb{R}^{23}$, y se apilan los datos de las variables macro-económicas observadas de Bolivia en un vector \mathbf{y} ; usando la función de verosimilitud de una función de distribución gaussiana multivariada,

$$\mathcal{L}(\mathbf{y}|\Phi, h) = \frac{h^{\frac{N}{2}}}{(2\pi)^{\frac{N}{2}}} \left\{ \exp \left[-\frac{h}{2} (\mathbf{y} - f(\mathbf{X}, \Phi))' \times (\mathbf{y} - f(\mathbf{X}, \Phi)) \right] \right\},$$

y un prior uniforme no-informativo $\mathbb{P}(\Phi, h) \propto h^{-1}$ para comprimir el espacio paramétrico, la densidad posterior será,

$$\mathbb{P}(\Phi, h | \mathbf{y}) \propto \mathbb{P}(\Phi, h) \frac{h^{\frac{N}{2}}}{(2\pi)^{\frac{N}{2}}} \left\{ \exp \left[-\frac{h}{2} (\mathbf{y} - f(\mathbf{X}, \Phi))' \times (\mathbf{y} - f(\mathbf{X}, \Phi)) \right] \right\}.$$

Esta expresión no puede ser simplificada de manera analítica debido a que depende de las formas funcionales específicas de $\mathbb{P}(\Phi, h)$ y $f(\cdot)$, por lo que para estimar el modelo de equilibrio general se empleó el algoritmo Metropolis-Hastings (véase [Chib y Greenberg \(1995\)](#) para una descripción). Un estimador Bayesiano puntual $\hat{\phi}$ de los parámetros $\phi \in \Phi$ minimizará la esperanza de una función de pérdida $L(\hat{\theta}, \theta)$. Ante pérdida cuadrática, $L(\hat{\phi}, \phi) := (\hat{\phi} - \phi)^2$,

$$\min_{\hat{\phi}} \mathbb{E}[L(\hat{\phi}, \phi)] = \min_{\hat{\phi}} \int (\hat{\phi} - \phi)^2 \mathbb{P}(\Phi, h | \mathbf{y}) d\phi,$$

diferenciando respecto a $\hat{\phi}$ e igualando a cero,

$$\hat{\phi} = \int \phi \mathbb{P}(\Phi, h | \mathbf{y}) d\phi = \mathbb{E}(\phi | \mathbf{y}),$$

el estimador Bayesiano óptimo bajo pérdida cuadrática será la esperanza de la distribución posterior $\mathbb{P}(\Phi, h | \mathbf{y})$ de $\phi \in \Phi$. Véase [Geweke \(2005\)](#), [Gill \(2007\)](#) o [Rivero \(2009\)](#). Las Tablas 1 y 2 muestran los valores de los estimadores Bayesianos óptimos.

Tabla 1: Elasticidades del Modelo de Equilibrio General (estimadas con Métodos Bayesianos)

Tipo	Sector/productos	Estimado
Productividad total de los factores respecto al grado de apertura al comercio	Agricultura industrial	0.04840
	Agricultura no industrial	0.04361
	Alimentos	0.12487
	Comunicaciones	0.07771
	Educación primaria	0.21703
	Educación primaria privada	0.11257
	Educación secundaria	0.04425
	Educación secundaria privada	0.10064
	Educación terciaria	0.02477
	Educación terciaria privada	0.11033
	Electricidad, gas y agua	0.12710
	Salud privada	0.08934
	Salud pública	0.23073
	Minería	0.11036
	Otros gastos públicos	0.09558
	Gasto en infraestructura	0.18258
	Otros agrícolas	0.07237
	Otros industriales	0.11624
	Petróleo y gas natural	0.14595
	Refinados de petróleo	0.17181
	Servicios privados	0.08586
	Transporte	0.09328
	Agua y saneamiento	-0.1160
Armington (sustitución entre importaciones y producción doméstica)	Agricultura industrial	2.00209
	Agricultura no industrial	1.49415
	Alimentos	2.00685
	Comunicaciones	1.31468
	Educación primaria	0.91384
	Educación primaria privada	1.52799
	Educación secundaria	0.36044
	Educación secundaria privada	0.32389
	Educación terciaria	1.35471
	Educación terciaria privada	0.78996
	Electricidad, gas y agua	1.55342
	Salud privada	1.47229
	Salud pública	0.56348
	Minería	1.20131
	Otros gastos públicos	0.66444
	Gasto en infraestructura	0.91249
	Otros agrícolas	0.46516
	Otros industriales	0.94745
	Petróleo y gas natural	0.45481
	Refinados de petróleo	2.40293
	Servicios privados	1.65049
	Transporte	1.81794
	Agua y saneamiento	0.53745
CET (transformación del producto entre exportaciones y oferta doméstica)	Agricultura industrial	3.02437
	Agricultura no industrial	6.34370
	Alimentos	3.17671
	Comunicaciones	3.40669
	Educación primaria	4.03627
	Educación primaria privada	3.93389
	Educación secundaria	3.17718
	Educación secundaria privada	5.15875
	Educación terciaria	3.09436
	Educación terciaria privada	3.40050
	Electricidad, gas y agua	2.87495
	Salud privada	4.04981
	Salud pública	3.45059
	Minería	3.32294
	Otros gastos públicos	3.08550
	Gasto en infraestructura	3.44559
	Otros agrícolas	3.50881
	Otros industriales	2.36419
	Petróleo y gas natural	3.84211
	Refinados de petróleo	3.48807
	Servicios privados	3.13676
	Transporte	2.50559
	Agua y saneamiento	2.34785

Tabla 2: Elasticidades del Modelo de Equilibrio General (estimadas con Métodos Bayesianos, continuación)

Tipo	Sector/productos	Estimado
Parámetro de Frisch	Hogares	-5.2727
Curva de salarios	Fuerza laboral no-calificada	-0.1033
	Fuerza laboral semi-calificada	-0.0754
	Fuerza laboral calificada	-0.0771
Sistema de gasto de los hogares (LES)	Agricultura industrial	0.80734
	Agricultura no industrial	0.80734
	Alimentos	0.78742
	Comunicaciones	1.74420
	Educación primaria	0.03266
	Educación primaria privada	2.25260
	Educación secundaria	0.01889
	Educación secundaria privada	2.05475
	Educación terciaria	0.71062
	Educación terciaria privada	1.53581
	Electricidad, gas y agua	1.01127
	Salud (privada)	1.02231
	Otros agrícolas	1.28007
	Otros industriales	0.92061
	Refinados de petróleo	1.17870
	Servicios privados	1.31008
	Transporte	1.14040
	Agua y saneamiento	1.31958
Sustitución entre factores	Agricultura industrial	0.24650
	Agricultura no industrial	0.32273
	Alimentos	1.25855
	Comunicaciones	1.40237
	Educación primaria	1.03360
	Educación primaria privada	1.12061
	Educación secundaria	0.56849
	Educación secundaria privada	0.60826
	Educación terciaria	0.60796
	Educación terciaria privada	0.64619
	Electricidad, gas y agua	0.59327
	Salud privada	0.22297
	Salud pública	0.99010
	Minería	0.48764
	Otros gastos públicos	1.11117
	Gasto en infraestructura	0.60295
	Otros agrícolas	0.28553
	Otros industriales	0.34910
	Petróleo y gas natural	0.10126
	Refinados de petróleo	0.39047
	Servicios privados	0.98308
	Transporte	0.69139
	Agua y saneamiento	1.05407

3. Δ^9 -Tetrahydrocannabinol

El Δ^9 -Tetrahydrocannabinol (Tetrahidro-6,6,9-trimetil-3-pentil-6H-dibenzo[b,d]piran-1-ol, Figura 2), es el metabolito secundario farmacológicamente activo del género *Cannabis* en las especies *Cannabis Sativa* y *Cannabis Indica* y en menor medida en la *Cannabis ruderalis*. Los efectos del Δ^9 -THC son una analgesia leve o moderada, relajación, alteraciones de los sentidos y estímulo del apetito. Las acciones farmacológicas del Δ^9 -THC resultan de su interacción con neurotransmisores endógenos como la anandamida y por su actividad parcialmente antagonista en el receptor cannabinoidé CB_1 , ubicado en el sistema nervioso central, y el receptor CB_2 , en las células del sistema inmune (Elphick y Eger-tova, 2001). La existencia de los sitios específicos de acople CB_1 y CB_2 indicó la existencia de ligandos endógenos – endocanabinoides como la araquidonoletanolamida (anandamida) o el 2-araquidonoil glicerol– producidos de forma

natural por el organismo y con efectos similares a los producidos por el fitocanabinoide exógeno Δ^9 -THC. Actualmente, el Δ^9 -THC en sus formas comerciales (Dronabinol \circledR y Marinol \circledR) se prescribe legalmente para el tratamiento de los efectos secundarios de la quimioterapia; sin embargo un gran número de estudios muestran que tanto los canabinoides como los endocannabinoides ofrecen una importante alternativa para combatir el cáncer (cerebral, de seno, del páncreas, tiroides, leucemia y melanomas), debido a que los canabinoides, endógenos o exógenos, son selectivos para ejercer sus acciones citotóxicas, produciendo apoptosis (una muerte celular programada ausente en tumores) en las células cancerosas sin afectar a las células normales. Véase *inter alia* Parolario y Massi (2008) o Mayorga y Cárdenas (2009).

La situación del fitocanabinoide Δ^9 -THC en su forma natural es legal o semi-legal en varios países desarrollados; sin embargo el Δ^9 -THC es en general ilegal en países en vías de desarrollo (UNODC, 2013). En la Figura 3 se construyó un indicador del estatus legal del Δ^9 -THC que va de 1 a 4, siendo 1 la situación en la que el Δ^9 -THC es ilegal y 4 la situación en que es legal para posesión, comercialización y/o cultivo en cada jurisdicción; puntos intermedios representan una situación de despenalización o tolerancia. La información sobre la legalidad del Δ^9 -THC se cruzó con el producto per cápita de cada país, en términos de la paridad de poder de compra (en el gráfico, el tamaño de los círculos es proporcional al producto per cápita de cada país), obtenido del Fondo Monetario Internacional (2013). La Figura 3 muestra que la posesión, comercialización y cultivo de *Cannabis* es legal en toda la nación o en algunos estados en Estados Unidos u Holanda –países con los niveles más altos de PIB per cápita–, y en países con ingreso medio-alto como España, Australia, Suiza o Bélgica, el Δ^9 -THC tiene un estatus semi-legal debido a que su uso está despenalizado o es ampliamente tolerado.

En los países en desarrollo de Latino-América el Δ^9 -THC continúa aún siendo ampliamente ilegal. Solamente Uruguay, uno de los países con mayor producto per cápita de Latino-América, clasificado como país de ingresos altos por el Banco Mundial, declaró desde 2013 como legal la situación del *Cannabis* para uso recreativo, medicinal e industrial, permitiendo a este país beneficiarse de los ingresos verdes del Δ^9 -THC.

La Figura 4 muestra estimaciones de los ingresos verdes que recibiría Bolivia por una semi-legalización Δ^9 -THC. Las estimaciones están basadas en los ingresos actuales y esperados de países en los que se permite el uso recreativo y medicinal del Δ^9 -THC (véase *inter alia* MacCoun (2010) o Evans (2013)). Asumiendo que 2015 es el año de semi-legalización del Δ^9 -THC en Bolivia, los ingresos verdes del Δ^9 -THC –que podrían ser capturados por el Estado mediante impuestos cobrados tres veces (al productor, al vendedor y al comprador)– estarían alrededor de 1000 US\$ millones en 2015 y ascenderían paulatinamente hasta duplicarse en 2025, año meta de la Agenda Patriótica del Bicentenario (Agenda Patriótica 2025, 2013), que plantea los objetivos de desarrollo del actual gobierno del Estado Plurinacional de Bolivia. En la siguiente sección se evalúa el impacto de emplear estos recursos para financiar políticas de educación y salud en Bolivia.

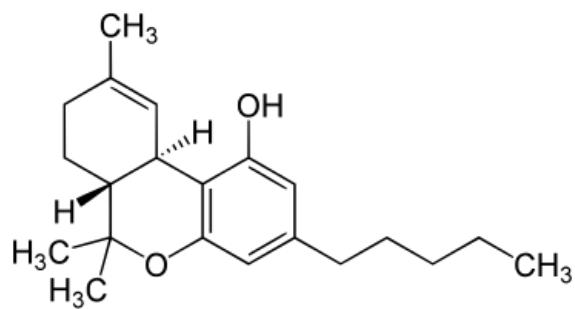


Figura 2: Δ^9 -Tetrahydrocannabinol (metabolito secundario farmacológicamente activo del *Cannabis*)

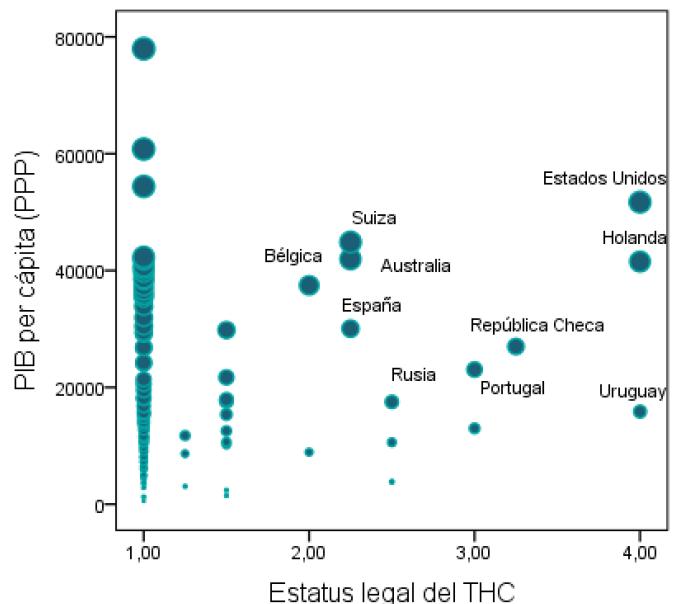


Figura 3: Diagrama cruzado: Producto per cápita de cada país en 2012 y situación legal del Δ^9 -THC en forma no sintetizada (1: ilegal, 2-3: semi-legal, 4: legal)

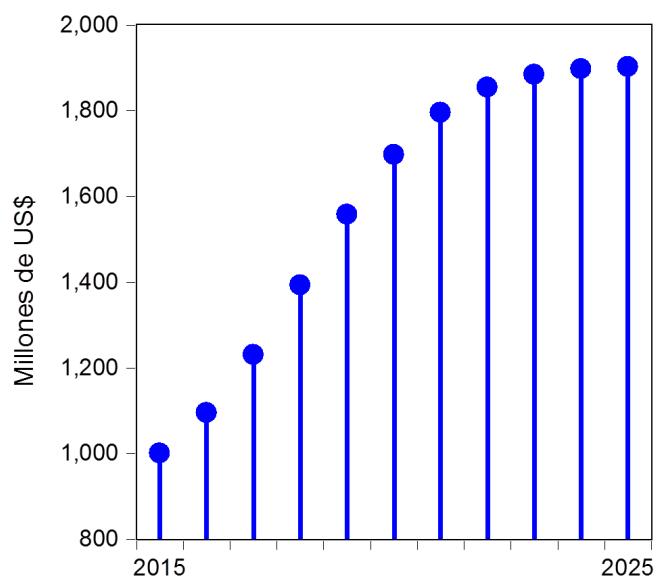
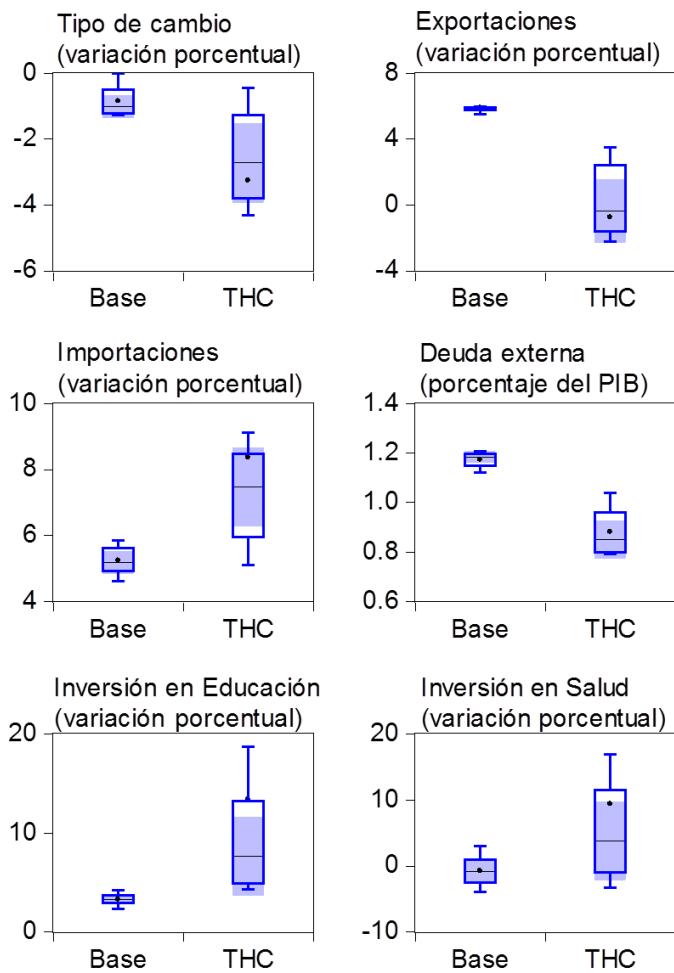
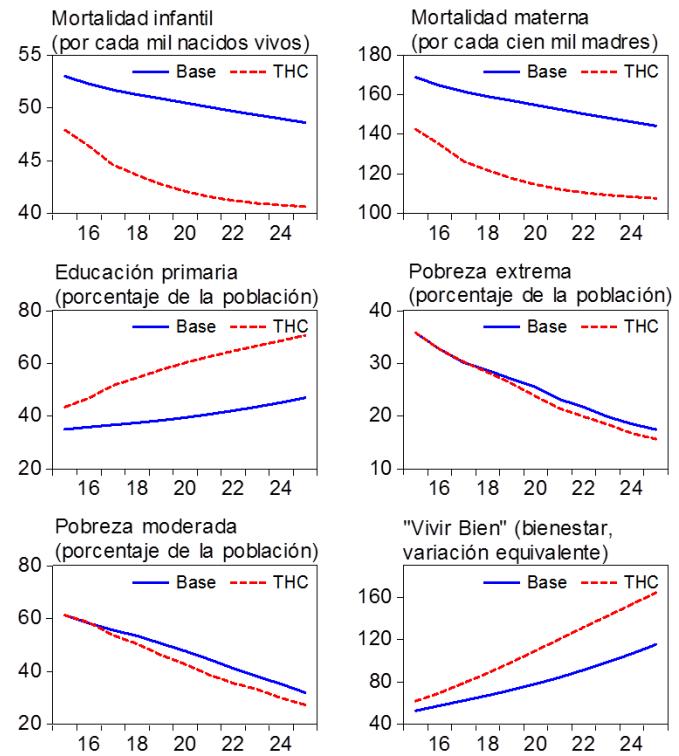
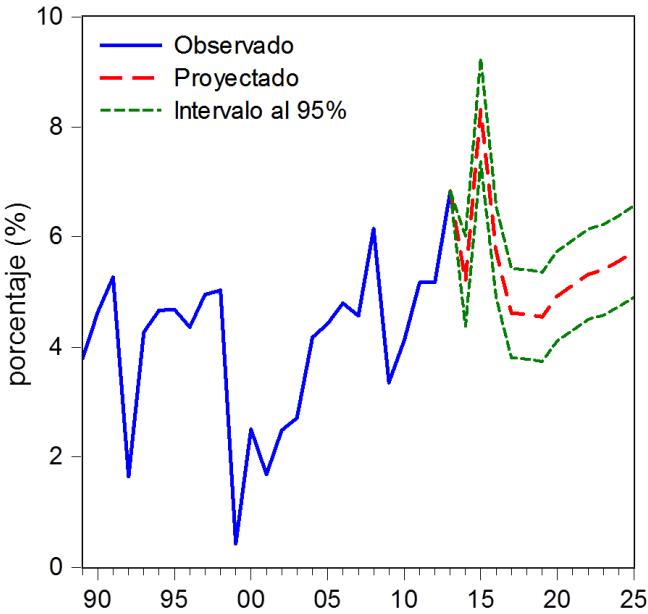


Figura 4: Ingresos por la semi-legalización del Δ^9 -THC



4. Resultados: Desarrollo económico de Bolivia hasta 2025

Las Figuras 5, 6 y 7 muestran los resultados de equilibrio general para el desarrollo económico de Bolivia hasta 2025, con y sin los recursos adicionales del Δ^9 -THC:

Base: *El escenario base considera el desempeño económico de Bolivia hasta 2025, manteniendo la línea de política económica establecida desde 2006, sin considerar los recursos del Δ^9 -THC.*

THC: *El escenario de semi-legalización del Δ^9 -THC sigue la línea de política económica establecida desde 2006 pero refleja además el impacto de la inversión adicional en educación y salud proveniente de los recursos del Δ^9 -THC.*

En términos de crecimiento, la re-inversión de los recursos verdes del Δ^9 -THC impulsaría el crecimiento económico de Bolivia en el año de semi-legalización (2015) y permitiría mantener un crecimiento del producto de 5.17 % en promedio entre 2015 y 2025, similar al crecimiento promedio del PIB de 5 % observado entre 2006 y 2013 (Figura 5).

Debido a que la fuente de los recursos verdes del Δ^9 -THC sería principalmente externa (impuestos a foráneos que realizan turismo comunitario), el flujo de recursos del Δ^9 -THC aprecia el tipo de cambio real, reduciendo la competitividad y disminuyendo las exportaciones e incrementando las importaciones en mayor medida que en el escenario base, para mantener el equilibrio en la balanza de pagos (Figura 6).

Respecto al equilibrio fiscal, si el gobierno del Estado Plurinacional continua el ritmo de reducción de deuda externa observado desde 2006, ésta sería igual a 1.12 % del PIB en 2025. Con el flujo de recursos adicionales del Δ^9 -THC, se crea más espacio fiscal para cumplir con los compromisos de la deuda, y ésta se reduce a 0.79 % del PIB en 2025 (Figura 6).

La ampliación del espacio fiscal por la semi-legalización del Δ^9 -THC permite incrementar considerablemente la inversión pública en educación y salud en Bolivia: si el gobierno del Estado Plurinacional mantiene el actual ritmo de inversión anual en educación, ésta crecería en promedio 3.3 % entre 2015 y 2025, pero con los recursos adicionales del Δ^9 -THC la inversión anual en educación crecería 13.4 % en promedio entre 2015 y 2025. La inversión en salud podría incrementarse en promedio en 9.40 % anualmente entre 2015 y 2025, gracias a los recursos verdes del Δ^9 -THC (Figura 6).

Los nuevos y más altos niveles de inversión en educación y salud que permite la semi-legalización del Δ^9 -THC tienen efectos altamente favorables reduciendo la mortalidad infantil y la mortalidad materna en Bolivia, aumentando el porcentaje de niños con acceso a educación primaria, reduciendo la pobreza extrema y moderada, y mejorando en general el «Vivir Bien» de los bolivianos: la Figura 7 muestra que, manteniendo los actuales niveles de inversión, el Gobierno del Estado Plurinacional reduciría la mortalidad infantil a 50 niños de cada mil nacidos vivos en 2025, mientras que con la inversión adicional del Δ^9 -THC se reduciría la mortalidad infantil a 41 niños de cada mil nacidos vivos. La mortalidad materna en 2025 con el actual ritmo de inversión sería igual 144 mujeres fallecidas por cada cien mil mujeres, pero con los nuevos recursos del Δ^9 -THC la mortalidad materna se reduciría a 107 mujeres fallecidas por cada cien mil mujeres.

El porcentaje de niños bolivianos que obtendrían educación primaria llegaría a 47 % hasta 2025 siguiendo el actual ritmo de inversión pública en educación, mientras que con los recursos adicionales provenientes del Δ^9 -THC, el aumento de inversión en educación permitiría que 71 % de los niños y niñas bolivianas completen la educación primaria en 2025.

Si el gobierno del Estado plurinacional continua sus actuales políticas de gasto social, la pobreza moderada se reduciría a 32 % en 2025 y la pobreza extrema caería a 17 % en el mismo año. En un escenario en el que existe una mayor disponibilidad de recursos del THC, la pobreza moderada se reduciría a 27 % en 2025 y la pobreza extrema caería a 16 %, más cerca de la meta de erradicación de pobreza extrema, establecida como el Primer Pilar de la Agenda Patriótica 2025 del gobierno del Estado Plurinacional de Bolivia (Figura 7).

Finalmente, si se utiliza una medida de bienestar ampliamente aceptada (la variación equivalente¹) como proxy del «Vivir Bien» conceptualizado por el gobierno de Bolivia, se observa que desde el año de semi-legalización del Δ^9 -THC hasta 2025 se obtiene un incremento creciente y sostenido del bienestar de los bolivianos y bolivianas.

Una de las externalidades más favorables del aumento en la inversión en educación por el THC, y la sinergia de esta inversión con la inversión en salud, son los cambios en la calificación de la fuerza laboral que aumentan y mejoran el stock de capital humano. La Tabla 3 muestra que la población económicamente activa no-calificada (con educación secundaria incompleta) cambiaría de 71 % en 2006 a 49 % en 2025 si continúan las actuales políticas del gobierno del Estado Plurinacional, pero se reduciría a 47 % con las nuevas inversiones en educación por los ingresos del THC. La fuerza laboral semi-calificada (con estudios universitarios pero sin titulación) aumentaría a 39 % y la fuerza laboral calificada (con estudios universitarios titulados o más estudios) aumentaría a 14 % gracias a la re-inversión de los recursos del Δ^9 -THC.

Tabla 3: Composición Educacional de la Fuerza Laboral de Bolivia (en porcentaje)

Fuerza laboral	2006	Base	THC
No calificada	71.6	49.1	46.8
Semi-calificada	20.3	37.7	39.4
Calificada	8.1	13.2	13.8

5. Discusión

Una política de semi-legalización del Δ^9 -THC permitiría obtener ingresos fiscales adicionales para inversión en educación y salud, que reducirían la mortalidad infantil y materna y permitirían que un mayor porcentaje de niños y niñas bolivianas completen la educación primaria, cumpliendo los objetivos de socialización y humanización de la salud y educación establecidos en el PILAR 3 del la [Agenda Patriótica 2025 \(2013\)](#) de Bolivia. Las políticas públicas de inversión adicional en salud y educación impulsarían eventualmente el crecimiento económico, debido a que la nueva infraestructura y el mayor stock de trabajadores calificados tienen efectos directos mejorando la productividad.

Macro-económicamente, el flujo de divisas del Δ^9 -THC produciría una apreciación del tipo de cambio real que reduciría las exportaciones; sin embargo las divisas del Δ^9 -THC aumentarían las reservas financieras internacionales sin un superávit en la balanza comercial, protegiendo a la economía de Bolivia de turbulencias financieras internas y externas. La apreciación real por el flujo de divisas del Δ^9 -THC permitiría también sostener un esquema de bolivianización basado en la apreciación nominal del tipo de cambio en Bolivia. Debido a que el flujo de fondos del Δ^9 -THC mantiene los equilibrios macroeconómicos, los recursos del Δ^9 -THC contribuirían también indirectamente a la bolivianización, dado que [Arce \(2001\)](#) y [Gonzales \(2011\)](#) encontraron que si existe estabilidad macro-económica, los agentes dejan de utilizar la moneda extranjera como resguardo de valor.

¹La variación equivalente es una medida que cuantifica el ingreso que un consumidor debería percibir para mantener su bienestar ante variaciones en los precios. Esta medida no captura completamente la cosmovisión completa del concepto de *suma qamaña* pero pretende aproximarla parcialmente en términos numéricos.

Comparada con una política que financie la inversión adicional contrayendo deuda externa sujeta a imposiciones de organismos internacionales, la financiación de la inversión con recursos del Δ^9 -THC sería una política de bajo costo y sostenible que cumpliría el objetivo de soberanía financiera del PILAR 5 de la Agenda 2025, ya que los recursos para el desarrollo del Δ^9 -THC evitarían la adquisición de créditos y donaciones «condicionadas al cumplimiento de acciones y políticas recetadas por el capitalismo financiero» ([Agenda Patriótica 2025, 2013](#)). El financiamiento a bajo costo del Δ^9 -THC es particularmente importante en el actual contexto en el que Bolivia, al ser un país de ingreso medio-bajo, tiene menos acceso a recursos de donación de la cooperación internacional y a deuda externa concesional. Los ingresos del THC crearían incluso espacio fiscal para liberar los recursos por explotación de hidrocarburos/minería, permitiendo re-orientar éstos a cambiar la matriz productiva extractiva hacia una economía industrial verde formada por sectores económicos generadores de empleo y valor agregado, aún impulsados por la demanda interna, como se pretende en [Ministerio de Economía y Finanzas Públicas \(2014b\)](#), pero con un sistema energético diversificado y sustentable que cumpliría el objetivo de soberanía productiva con diversificación, establecidos en el PILAR 6 de la [Agenda Patriótica 2025 \(2013\)](#).

Los beneficios de salud y educación que permite la semi-legalización del Δ^9 -THC podrían focalizarse a los sectores sociales más vulnerables si se autoriza la producción, industrialización, comercialización y uso del Δ^9 -THC solamente en áreas rurales. Esta focalización rural permitiría impulsar la producción, el empleo y el turismo comunitario en estas regiones, fomentando el componente de economía comunitaria del modelo de economía plural y cumpliendo el PILAR 9 de la [Agenda Patriótica 2025 \(2013\)](#), referido a la gestión comunitaria de poblaciones locales, indígenas, campesinos y pequeños productores en el desarrollo de sistemas productivos alternativos y sustentables.

Más allá del cumplimiento de las metas de la Agenda 2025 de Bolivia, el impacto económico más importante que tendría la inversión adicional con recursos del Δ^9 -THC sería las mejoras en educación, ya que existe un fuerte sustento teórico y empírico a favor del papel de la educación en la promoción del crecimiento y el desarrollo económico ([Aghion y otros, 1998](#)). A nivel teórico, en el modelo de [Nelson y Phelps \(1965\)](#) por ejemplo², la educación tiene un impacto sobre el crecimiento a través de cambios en la tecnología, ya que la educación incrementa la capacidad de un individuo para innovar y adaptarse a nuevas tecnologías, lo que permitiría aprovechar favorablemente la brecha tecnológica de Bolivia respecto a países como e.g. China. [Nelson y Phelps \(1965\)](#) especifican una ecuación de crecimiento tecnológico de la forma,

$$A(t) = \Phi(h) [T(t) - A(t)],$$

en la que h es el stock de capital de una economía, $\Phi(h)$ es el nivel de educación en un país, y $T(t)$ es la frontera de tecnología que crece a una tasa λ , $T(t) = T_0 e^{\lambda t}$. La solución a esta ecuación es ([Cockburn y otros, 2013](#)),

$$A(t) = \left(A_0 - \left[\frac{\Phi}{\Phi + \lambda} \right] T_0 \right) e^{-\Phi t} + \frac{\Phi}{\Phi + \lambda} T_0 e^{\lambda t},$$

por lo que en una economía con progreso tecnológico ($\lambda > 0$) los retornos de la educación dados por h son mayores, implicando que una sociedad con mayor capital humano respecto al capital tangible será más dinámica en su tecnología. Más aún, en el modelo de [Papageorgiou y Perez-Sebastian \(2006\)](#) la educación escolar formal es la fuente primaria de capital humano y el progreso tecnológico de una economía evoluciona de acuerdo a,

$$A_{t+1} - A_t = \mu A_t^\phi H_{At}^\lambda \left(\frac{A_t^*}{A_t} \right)^\psi - \delta_A A_t, \phi < 1, 0 < \lambda \leq 1, \psi \geq 0, A_t^* \geq A_t,$$

en la que δ_A es la tasa de depreciación de la tecnología, H_{At}^λ es la proporción de capital humano empleado en Investigación y Desarrollo (I&D), A_t^* es la frontera mundial de tecnología, μ es un parámetro de tecnología, ϕ pondera el peso del stock de tecnología en la productividad de la I&D y λ captura los retornos decrecientes de los esfuerzos en incrementar la I&D. Siguiendo a [Nelson y Phelps \(1965\)](#), el término de alcance de la tecnología en I&D (A_t^*/A_t) $^\psi$ captura la idea de que mientras más grande sea la brecha tecnológica en un país en desarrollo respecto a un país tecnológicamente avanzado, más grande es el potencial del país en desarrollo de adoptar nuevas tecnologías a través de la imitación que permite la educación. Evidencia empírica respecto a la importancia de la educación para reducir la pobreza, incrementar la productividad y mejorar el ingreso de los hogares, puede encontrarse en *inter alia* [Fan y otros \(2000\)](#), [Fan y otros \(2005\)](#) o [Fan y Zhang \(2008\)](#).

Finalmente, es importante considerar que existen costos y beneficios de la semi-legalización del Δ^9 -THC que son difíciles de cuantificar y traducir en resultados de equilibrio general. En principio, es incierto si el presupuesto fiscal reduciría o aumentaría con la despenalización de los fitocannabinoides. Dado que existe evidencia de que el Δ^9 -THC reduce los comportamientos de agresividad y violencia ([Hoaken y Stewart, 2003](#)), el consumo de Δ^9 -THC debería reducir los niveles de criminalidad y por tanto disminuir los costos de mantener la fuerza pública, aunque la magnitud de este ahorro presupuestario es incierta. Existen también impactos en la productividad e impactos en salud que son difíciles de anticipar ([Evans, 2013](#)); aunque es posible que el consumo natural de fitocannabinoides implique la reducción del gasto público en salud oncológica ya que un gran número de estudios científicos han encontrado evidencia sobre la capacidad del Δ^9 -THC para actuar como tratamiento para combatir el crecimiento de tumores cancerígenos y evitar la angiogénesis, véase por ejemplo [Sánchez y otros \(1998\)](#),

²[Lucas \(1988\)](#) presenta también una extensión de un modelo de Solow e incluye el capital humano como factor de producción y la fuente primaria de crecimiento económico sostenido.

Sánchez y otros (2001)³, Casanova y otros (2003), Massi y otros (2004), Guzman (2006), Carracedo y otros (2006), Gustafsson y otros (2006), Preet y otros (2007) o Gustafsson y otros (2008). La semi-legalización del Δ^9 -THC en su forma natural como fitocanabinoide parece por tanto una opción interesante para fomentar el crecimiento y superar el desafío de financiar las políticas para reducir la pobreza y la desigualdad en Bolivia. El rol del Estado Plurinacional de Bolivia en los próximos años será decidir entre potenciar las actuales estrategias de desarrollo mediante la creación de una economía verde basada en la semi-legalización del Δ^9 -THC, o continuar con la actual estrategia de desarrollo basada en la re-distribución de ingresos no renovables provenientes de la explotación de hidrocarburos.

Referencias

- AGENDA PATRIÓTICA 2025: «13 Pilares de la Bolivia Digna y Soberana: Agenda Patriótica 2025». *Informe técnico*, 2013.
<http://www.bcb.gob.bo/webdocs/2013/AgendaPatriotica/AgendaPatriotica.pdf>
- AGHION, P.; HOWITT, P.; BRANT-COLLETT, M. y GARCÍA-PEÑALOSA, C.: *Endogenous Growth Theory*. Endogenous Growth Theory. MIT Press, 1998.
- ARCE, LUIS: «Incertidumbre y dolarización en Bolivia». *Revista de Análisis del BCB*, 2001, **4**(2), pp. 31–56.
- ARMINGTON, PAUL S.: «A Theory of Demand for Products Distinguished by Place of Production». *IMF Staff Papers*, 1969, **16**(1), pp. 159–178.
- ARROW, K. J.; CHENERY, H. B.; MINHAS, B. S. y SOLOW, R. M.: «Capital-Labor Substitution and Economic Efficiency». *The Review of Economics and Statistics*, 1961, **43**(3), pp. 225–250.
- BANCO CENTRAL DE BOLIVIA: «Principales Logros Económicos y Sociales 2006-2013». *Informe técnico*, Banco Central de Bolivia, 2014.
<http://www.bcb.gob.bo/webdocs/2014/SalaDePrensa/CARTILLALOGROS.pdf>
- BLANCHFLOWER, DAVID G. y OSWALD, ANDREW J.: «The Wage Curve». *The Scandinavian Journal of Economics*, 1990, **92**(2), pp. 215–235.
- : «The Wage Curve Reloaded». *NBER Working Papers 11338*, National Bureau of Economic Research, Inc, 2005.
- BOURGUIGNON, FRANCOIS; DIAZ-BONILLA, CAROLINA y LOFGREN, HANS: «Aid, service delivery, and the millennium development goals in an economy-wide framework». *Policy Research Working Paper Series 4683*, The World Bank, 2008.
- BRIONES, ROEHLANO: «Millennium Development Goals Scenarios to 2015 and Beyond: An Integrated Micro-Macro Modelling Approach». *Discussion Papers DP 2014-12*, Philippine Institute for Development Studies, 2014.
- CARRACEDO, ARKAITZ; GIRONELLA, MERITXELL; LORENTE, MAR; GARCIA, STEPHANE; GUZMÁN, MANUEL; VELASCO, GUILLERMO y IOVANNA, JUAN L.: «Cannabinoids Induce Apoptosis of Pancreatic Tumor Cells via Endoplasmic Reticulum Stress-Related Genes». *Cancer Research*, 2006, **66**(13), pp. 6748–6755.
- CASANOVA, M. LLANOS; BLÀZQUEZ, CRISTINA; MARTÍNEZ-PALACIO, JESÚS; VILLANUEVA, CONCEPCIÓN; FERNÁNDEZ-ACEÑERO, M. JESÚS; HUFFMAN, JOHN W.; JORCANO, JOSÉ L. y GUZMÁN, MANUEL: «Inhibition of skin tumor growth and angiogenesis in vivo by activation of cannabinoid receptors». *The Journal of Clinical Investigation*, 2003, **111**(1), pp. 43–50.
- CHIB, SIDDHARTHA y GREENBERG, EDWARD: «Understanding the Metropolis-Hastings Algorithm». *The American Statistician*, 1995, **49**(4), pp. 327–335.
- COCKBURN, J.M.; DISSOU, Y.; DUCLOS, J.Y. y TIBERTI, L.: *Infrastructure and Economic Growth in Asia*. Economic Studies in Inequality, Social Exclusion and Well-Being. Springer International Publishing, 2013.
- ELPHICK, MAURICE R. y EGERTOVA, MICHAELA: «The neurobiology and evolution of cannabinoid signalling». *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 2001, **356**(1407), pp. 381–408.
- EVANS, DAVID G.: «The Economic Impacts of Marijuana Legalization». *The Journal of Global Drug Policy and Practice*, 2013, **7**(4).

³Sánchez y otros (2001) mostraron que la activación del receptor CB_2 produce una acción anti-tumoral *in vitro*. Los receptores CB_2 se encuentran en el sistema inmune y no están relacionados con la psicoactividad del Δ^9 -THC, pareciendo apropiadas para uso terapéutico, sin embargo Zhu y otros (2000) mostraron que la aplicación de compuestos CB_2 está limitada por sus efectos inmuno-supresores intrínsecos que inhibirían la inmunidad anti-tumoral y podrían provocar en cambio un crecimiento acelerado de los tumores.

FAN, SHENGEN; HAZELL, PETER y THORAT, SUKHADEO: «Government Spending, Growth and Poverty in Rural India». *American Journal of Agricultural Economics*, 2000, **82(4)**, pp. 1038–1051.

FAN, SHENGEN; NYANGE, DAVID y RAO, NEETHA: «Public investment and poverty reduction in Tanzania». *DSGD discussion papers 18*, International Food Policy Research Institute (IFPRI), 2005.

FAN, SHENGEN y ZHANG, XIAOBO: «Public Expenditure, Growth and Poverty Reduction in Rural Uganda». *African Development Review*, 2008, **20(3)**, pp. 466–496.

FONDO MONETARIO INTERNACIONAL: «World Economic Outlook (WEO) - October 2013». *Informe técnico*, IMF, 2013.
<http://www.imf.org/external/pubs/ft/weo/2013/02/>

FRISCH, RAGNAR: «A Complete Scheme for Computing All Direct and Cross Demand Elasticities in a Model with Many Sectors». *Econometrica*, 1959, **27(2)**, pp. pp. 177–196.

GEWEKE, JOHN: *Contemporary Bayesian econometrics and statistics*. Wiley series in probability and statistics. John Wiley, 2005. ISBN 0471679321.

GILL, JEFF: *Bayesian methods: a social and behavioral sciences approach*. Chapman & Hall/CRC, 2nd edición, 2007.

GONZALES, ROLANDO: «Riesgo macroeconómico y bolivianización: Un análisis de cointegración con un portafolio dinámico no estacionario de mínima varianza». *Revista de Análisis del Banco Central de Bolivia*, 2011, **15(2)**, pp. 9–44.

—: «A Quite Simple Bayesian Estimation of the Economy-Wide Model MAMS». mimeo, 2013.

GUSTAFSSON, KRISTIN; CHRISTENSSON, BIRGER; SANDER, BIRGITTA y FLYGARE, JENNY: «Cannabinoid Receptor-Mediated Apoptosis Induced by R(+)-Methanandamide and Win55,212-2 Is Associated with Ceramide Accumulation and p38 Activation in Mantle Cell Lymphoma». *Molecular Pharmacology*, 2006, **70(5)**, pp. 1612–1620.

GUSTAFSSON, KRISTIN; WANG, XIAO; SEVERA, DENISE; ERIKSSON, MAEVE; KIMBY, EVA; MERUP, MATS; CHRISTENSSON, BIRGER; FLYGARE, JENNY y SANDER, BIRGITTA: «Expression of cannabinoid receptors type 1 and type 2 in non-Hodgkin lymphoma: Growth inhibition by receptor activation». *International Journal of Cancer*, 2008, **123(5)**, pp. 1025–1033.

GUZMAN, M J DUARTE C BLAZQUEZ J RAVINA M C ROSA I GALVE-ROPERH C SANCHEZ G VELASCO L GONZALEZ-FERIA, M: «A pilot clinical study of ?9-tetrahydrocannabinol in patients with recurrent glioblastoma multiforme». *British Journal of Cancer*, 2006, **(2)**, p. 197–203.

HOAKEN, PETER N.S. y STEWART, SHERRY H.: «Drugs of abuse and the elicitation of human aggressive behavior». *Addictive Behaviors*, 2003, **28(9)**, pp. 1533 – 1554.

KOOP, GARY: *Bayesian Econometrics*. Jhon Wiley & Sons Inc., 2003.

LOFGREN, HANS; CICOWIEZ, MARTIN y DIAZ-BONILLA, CAROLINA: *MAMS A Computable General Equilibrium Model for Developing Country Strategy Analysis*. volumen 1 de *Handbook of Computable General Equilibrium Modeling*, pp. 159–276. Elsevier, 2013.

LUCAS, ROBERT JR.: «On the mechanics of economic development». *Journal of Monetary Economics*, 1988, **22(1)**, pp. 3–42.

MACCOUN, ROBERT J.: «What Can We Learn from the Dutch Cannabis Coffeeshop Experience?». *Informe técnico*, RAND Corporation, 2010.

MASSI, PAOLA; VACCANI, ANGELO; CERUTI, STEFANIA; COLOMBO, ARIANNA; ABBRACCHIO, MARIA P. y PAROLARO, DANIELA: «Antitumor Effects of Cannabidiol, a Nonpsychoactive Cannabinoid, on Human Glioma Cell Lines». *Journal of Pharmacology and Experimental Therapeutics*, 2004, **308(3)**, pp. 838–845.

MAYORGA, FABIO y CÁRDENAS, ROSA: «Los Endocannabinoides: Una opción terapéutica para el tratamiento del cáncer», 2009, **16**, pp. 259–267.

MINISTERIO DE ECONOMÍA Y FINANZAS PÚBLICAS: «Evaluación de la Economía Boliviana en la gestión 2013». *Informe técnico*, Ministerio de Economía y Finanzas Públicas, 2014a.

http://medios.economia y finanzas.gob.bo/MH/documentos//2014/PDF_EvaluaciC3B3n_de_la_economC3ADa_boliviana_2013.pdf

—: «Revista Economía Plural No. 3: La economía de Bolivia crece 6,5 por ciento en 2013». *Informe técnico*, Ministerio de Economía y Finanzas Públicas, 2014b.

http://medios.economia y finanzas.gob.bo/MH/documentos/Materiales_UCS/Revistas/Revista_03.pdf

MITTON, LAVINIA; SUTHERLAND, HOLLY y WEEKS, MELVYN (Eds.): *Microsimulation Modelling for Policy Analysis*. Cambridge University Press, 2000.

MOGILEVSKY, ROMAN y OMOROVA, ANARKUL: «Assessing development strategies to achieve the MDGs in Asia: Macroeconomic strategies of MDG achievement in the Kyrgyz Republic». *CASE Network Reports 95*, 2011.

NELSON, RICHARD R. y PHELPS, EDMOND S.: «Investment in Humans, Technological Diffusion and Economic Growth». *Informe técnico*, 1965.

PAPAGEORGIOU, CHRIS y PEREZ-SEBASTIAN, FIDEL: «Dynamics in a non-scale R&D growth model with human capital: Explaining the Japanese and South Korean development experiences». *Journal of Economic Dynamics and Control*, 2006, **30(6)**, pp. 901–930.

PAROLARO, DANIELA y MASSI, PAOLA: «Cannabinoids as potential new therapy for the treatment of gliomas». *Expert Review of Neurotherapeutics*, 2008, **8(1)**, pp. 37–49.

POWELL, ALAN A. y GRUEN, F. H. G.: «The Constant Elasticity of Transformation Production Frontier and Linear Supply System». *International Economic Review*, 1968, **9(3)**, pp. 315–328.

PREET, A; GANJU, R K y GROOPMAN, J E: «Delta9-Tetrahydrocannabinol inhibits epithelial growth factor-induced lung cancer cell migration in vitro as well as its growth and metastasis in vivo». *Oncogene*, 2007, **(3)**, p. 339–346.

RIVERO, ERNESTO: *Probabilidad e Inferencia Estadística Moderna*. Aguirre, 2nd edition, 2009.

SÁNCHEZ, C; GALVE-ROPERH, I; CANOVA, C; BRACHET, P y GUZMÁN, M: «Delta9-tetrahydrocannabinol induces apoptosis in C6 glioma cells». *FEBS Lett*, 1998, **436(1)**, pp. 6–10.

SÁNCHEZ, CRISTINA; DE CEBALLOS, MARÍA L.; DEL PULGAR, TERESA GÓMEZ; RUEDA, DANIEL; CORBACHO, CÉSAR; VELASCO, GUILLERMO; GALVE-ROPERH, ISMAEL; HUFFMAN, JOHN W.; RAMÓN Y CAJAL, SANTIAGO y GUZMÁN, MANUEL: «Inhibition of Glioma Growth in Vivo by Selective Activation of the CB2 Cannabinoid Receptor». *Cancer Research*, 2001, **61(15)**, pp. 5784–5789.

STONE, RICHARD: «Linear Expenditure Systems and Demand Analysis: An Application to the Pattern of British Demand». *The Economic Journal*, 1954, **64(255)**, pp. 511–527.

UNODC: «World Drug Report 2013». *Informe técnico*, United Nations Office on Drugs and Crime (UNODC), 2013.

ZHU, LI X.; SHARMA, SHERVEN; STOLINA, MARINA; GARDNER, BRIAN; ROTH, MICHAEL D.; TASHKIN, DONALD P. y DUBINETT, STEVEN M.: «Delta-9-Tetrahydrocannabinol Inhibits Antitumor Immunity by a CB2 Receptor-Mediated, Cytokine-Dependent Pathway». *The Journal of Immunology*, 2000, **165(1)**, pp. 373–380.

Anexo: Ecuaciones del Modelo de Equilibrio General

Table 1. Sets, parameters, and variables for core CGE modules of MAMS model

SETS			
Symbol	<u>Explanation</u>	Symbol	<u>Explanation</u>
$a \in A$	activities	$f \in FCAPGOV (\subset FCAP)$	government capital factors
$c \in C$	commodities	$f, f' \in FMRK$	integrated factor markets
$c \in CD (\subset C)$	commodities with domestic sales of domestic output	$h \in H (\subset INSDNG)$	households (incl. NGOs)
$c \in CDN (\subset C)$	commodities not in CD	$i \in INS$	institutions (domestic and rest of world)
$c \in CE (\subset C)$	exported commodities	$i \in INSD (\subset INS)$	domestic institutions
$c \in CEN (\subset C)$	commodities not in CE	$i \in INSDNG (\subset INSD)$	domestic non-government institutions
$c \in CM (\subset C)$	imported commodities	$i \in INSNG (\subset INS)$	non-government institutions
$c \in CMN (\subset C)$	commodities not in CM	$(f, f') \in MFF$	mapping between disaggregated factor f' and market factor f (in $FMRK$)
$c \in CX (\subset C)$	commodities with domestic production	$(f, c) \in MFC$	mapping showing that disaggregated factor f is used in the production of c
$f, f' \in F$	factors	$t \in T$	time periods
$f \in FCAP (\subset F)$	capital factors		
PARAMETERS – LATIN LETTERS			
$capcomp_{ca}$	quantity of commodity c per unit of new capital a	$qdst_{ct}$	quantity of stock change
$cwts_c$	weight of commodity c in the CPI	$qfacinsadj_{i,f,t}$	exogenous factor stock adjustment
$depr_f$	depreciation rate for factor f	$shii_{i,i',t}$	share of net income of i' to i ($i' \in INSDNG'$; $i \in INSDNG$)
$fdebtrelief_{i,t}$	foreign debt relief for domestic institution i	ta_a	tax rate for activity a
$fdi_{i,t}$	foreign direct investment by institution i (rest of world) (FCU)	te_c	export tax rate

$fintrat_{i,t}$	interest rate on foreign debt for domestic institution i (paid)	tf_f	direct tax rate for factor f
$fintratdue_{i,t}$	interest rate on foreign debt for domestic institution i (due)	$tfpelasqg_{a,f,t}$	elas of TFP for a w.r.t. to government capital cap stock f
$fprd_{f,a,t}$	productivity of facot f in activity a	$tfpelastrd_a$	elas of TFP for a w.r.t. to GDP trade share
$gfcfshr_{f,i,t}$	share of gross fixed capital formation for institution i in capital factor f	$tfptrdw{t}_{t,t'}$	weight of period t' in tfp-trade link in t
$gintrat_{i,t}$	interest rate on government bonds for domestic institution i	$tins0I_i$	0-1 parameter with 1 for institutions with potentially flexed direct tax rates
$ica_{c,a}$	quantity of c as intermediate input per unit of aggregate intermediate in activity a	\overline{tins}_{it}	exogenous component in direct tax rate for domestic institution i
$inta_a$	quantity of aggregate intermediate input per unit of activity	$tm_{c,t}$	import tariff rate
iva_a	quantity of value-added per unit of activity	tq_c	rate of sales tax
$mps0I_i$	0-1 parameter with 1 for institutions with potentially flexed direct tax rates	$trnsfr_{i,i',t}$	exogenous transfer from institution i' to institution i
$pop_{i,t}$	population of institution (household) i	$ttqg0I_t$	0-1 parameter indicating years t in which uniform growth rate variable applies??
$pwe_{c,t}$	export price of c (FCU)	tva_a	rate of value-added tax for activity a
$pwm_{c,t}$	import price of c (FCU)		

PARAMETERS – GREEK LETTERS			
$\alpha_{a,t}^{va}$	exogenous component of efficiency (TFP) for activity a	$\gamma_{c,h}^m$	subsistence consumption of marketed commodity c for household h
α_c^q	Armington function shift parameter	ρ_c^q	Armington function exponent
α_c^t	CET function shift parameter	ρ_i^{sav}	elasticity of savings rate with respect to per-capita income for institution (household) h
$\beta_{c,h}^m$	marginal share of consumption spending of household h on marketed commodity c	ρ_c^t	CET function exponent

δ_c^q	Armington function share parameter	ρ_a^{va}	CES value-added function exponent
δ_c^t	CET function share parameter	θ_{ac}	yield of output c per unit of activity a
$\delta_{f,a}^{va}$	CES value-added function share parameter for factor f in activity a		

VARIABLES			
α_{at}^{va}	efficiency parameter in the CES value-added function	$QE_{c,t}$	quantity of exports of commodity c
CPI_t	consumer price index	$QF_{f,a,t}$	quantity demanded of factor f by activity a
$DGBOND_{i,t}$	change in holding of government bonds for domestic institution i	$QFACINS_{i,f,t}$	real endowment of factor f for institution i
$DGBONDTOT_t$	total change in holding of government bonds	$QFS_{f,t}$	quantity supplied of factor
$DKINS_{i,f,t}$	gross change in capital stock (investment in) f for institution i	$QG_{c,t}$	quantity of government consumption of commodity c
$DMPS_t$	uniform point change in savings rate of selected domestic institutions	$QH_{c,h,t}$	quantity consumed by household h of marketed commodity c
DPI_t	producer price index for non-traded output	$QINTA_{a,t}$	quantity of aggregate intermediate input used by activity a
$DTINS_t$	uniform point change in direct tax rate of selected domestic institutions	$QINT_{cat}$	quantity of commodity c as intermediate input to activity a
EG_t	government expenditures	$QINV_{c,t}$	quantity of investment demand for commodity
$EH_{h,t}$	consumption spending for household	$QM_{c,t}$	quantity of imports of commodity c
EXR_t	exchange rate (LCU per unit of FCU)	$QQ_{c,t}$	quantity of goods supplied to domestic market (composite supply)
$FBOR_{i,t}$	foreign borrowing for domestic institution i	$QVA_{a,t}$	quantity of (aggregate) value-added
$FDEBT_{i,t}$	foreign debt for domestic institution i	$QX_{c,t}$	aggregated quantity of domestic output of commodity
$FGRANT_{i,t}$	foreign grants to domestic institution i (FCU)	$RQFS_{i,f,t}$	growth rate for factor f in t (available in t+1)
$GBOND_{i,t}$	endowment of government bonds for ins	$RQGC_c$	growth in real government consumption of c in all t

			relative to t-1
$GDPREAL_t$	real GDP at market prices	$RQGCT_{c,t}$	growth in real government consumption of c in t relative to t-1
$GSAV_t$	government savings	$RQGINVFT_{f,t}$	adjustment in real government investment in f in t relative to t-1
$INSSAV_{i,t}$	savings of domestic non-government institution i	$RQGT_i$	growth in real government consumption of all c in t relative to t-1
$INVVAL_{i,t}$	investment value for institution i	$SHIF_{i,f,t}$	share of institution i in income of factor f
$MPS_{i,t}$	marginal propensity to save for domestic non-gov't institution i	$TINS_{i,t}$	direct tax rate for domestic non-government institution i
$MPSADJ_t$	savings rate scaling factor	$TINSADJ_t$	direct tax scaling factor
$PA_{a,t}$	activity price (unit gross revenue)	$TRDGDP_t$	foreign trade as share of GDP
$PD_{c,t}$	price for commodity produced and sold domestically	$TRII_{i,i',t}$	transfers from institution i' to i (both in the set INSDNG)
$PE_{c,t}$	export price (domestic currency)	$WF_{f,t}$	average price of factor
$PINTA_{a,t}$	aggregate intermediate input price for activity a	$WFDIST_{f,a,t}$	wage distortion factor for factor f in activity a
$PK_{f,t}$	price of new capital stock a	$WFMRK_{f,t}$	wage scaling variable for market factor f (in FMRK)
$PM_{c,t}$	import price (domestic currency)	$YF_{f,t}$	income of factor f
$PQ_{c,t}$	composite commodity price	YG_t	government revenue
$PVA_{a,t}$	value-added price (factor income per unit of activity)	$YI_{i,t}$	income of domestic non-government institution
$PX_{c,t}$	aggregate producer price for commodity	$YIF_{i,f,t}$	income to domestic institution i from factor f
$QA_{a,t}$	quantity (level) of activity	$YIINT_{i,t}$	interest payment on government bonds to INS
$QD_{c,t}$	quantity sold domestically of domestically produced c		

Table 2. Equations for the core CGE modules of MAMS Model:

CORE CGE MODEL: WITHIN-PERIOD MODULE			
#	Equation	Domain	Description
Price Block			
(1)	$PM_{c,t} = pwm_{c,t} \cdot (1 + tm_{c,t}) \cdot EXR_t$ $\begin{bmatrix} import \\ price \\ (LCU) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} import \\ price \\ (FCU) \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} tariff \\ adjustment \\ \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} exchange rate \\ (LCU per \\ FCU) \end{bmatrix}$	$c \in CM$ $t \in T$	Import price
(2)	$PE_{c,t} = pwe_{c,t} \cdot (1 - te_c) \cdot EXR_t$ $\begin{bmatrix} export \\ price \\ (LCU) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} export \\ price \\ (FCU) \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} tariff \\ adjustment \\ \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} exchange rate \\ (LCU per \\ FCU) \end{bmatrix}$	$c \in CE$ $t \in T$	Export price
(3)	$PQ_{c,t} \cdot (1 - tq_c) \cdot QQ_{c,t} = PD_{c,t} \cdot QD_{c,t} + PM_{c,t} \cdot QM_{c,t}$ $\begin{bmatrix} absorption \\ (at demand \\ prices net of \\ sales tax) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} domestic price \\ times \\ domestic sales quantity \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} import price \\ times \\ import quantity \end{bmatrix}$	$c \in (CD \cup CM)$ $t \in T$	Absorption
(4)	$PX_{c,t} \cdot QX_{c,t} = PD_{c,t} \cdot QD_{c,t} + PE_{c,t} \cdot QE_{c,t}$ $\begin{bmatrix} producer price \\ times marketed \\ output quantity \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} domestic price \\ times \\ domestic sales quantity \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} export price \\ times \\ export quantity \end{bmatrix}$	$c \in CX$ $t \in T$	Marketed output value
(5)	$PA_{a,t} = \sum_{c \in C} PX_{c,t} \cdot \theta_{a,c}$ $\begin{bmatrix} activity \\ price \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} producer prices \\ times yields \end{bmatrix}$	$a \in A$ $t \in T$	Activity price
(6)	$PINTA_{a,t} = \sum_{c \in C} PQ_{c,t} \cdot ica_{c,a}$ $\begin{bmatrix} aggregate \\ intermediate \\ input price \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} intermediate input cost \\ per unit of aggregate \\ intermediate input \end{bmatrix}$	$a \in A$ $t \in T$	Aggregate intermediate input price
(7)	$PA_{a,t} \cdot (1 - ta_a) \cdot QA_{a,t} = PVA_{a,t} \cdot QVA_{a,t} + PINTA_{a,t} \cdot QINTA_{a,t}$ $\begin{bmatrix} activity price \\ (net of taxes) \\ times activity level \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} value-added \\ price times \\ quantity \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} aggregate \\ intermediate \\ input price times \\ quantity \end{bmatrix}$	$a \in A$ $t \in T$	Activity revenue and costs

(8)	$\overline{CPI}_t = \sum_{c \in C} PQ_{c,t} \cdot cwts_c$ $\begin{bmatrix} CPI \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \text{prices times} \\ \text{weights} \end{bmatrix}$	$t \in T$	Consumer price index
-----	--	-----------	----------------------

Production and trade block

(9)	$QVA_{a,t} = iv a_a \cdot QA_{a,t}$ $\begin{bmatrix} \text{demand for value-added} \end{bmatrix} = f \begin{bmatrix} \text{activity level} \end{bmatrix}$	$a \in ALEO$ $t \in T$	Leontief technology: Demand for aggregate value-added
(10)	$QINTA_a = int a_a \cdot QA_a$ $\begin{bmatrix} \text{demand for aggregate intermediate input} \end{bmatrix} = f \begin{bmatrix} \text{activity level} \end{bmatrix}$	$a \in ALEO$ $t \in T$	Leontief technology: Demand for aggregate intermediate input
(11)	$QVA_{a,t} = \alpha_{a,t}^{va} \cdot \left(\sum_{f \in F} \delta_{f,a}^{va} \cdot (fprd_{f,a,t} \cdot QF_{f,a,t})^{-\rho_a^{va}} \right)^{\frac{1}{\rho_a^{va}}}$ $\begin{bmatrix} \text{quantity of aggregate value-added} \end{bmatrix} = CES \begin{bmatrix} \text{factor inputs} \end{bmatrix}$	$a \in A$ $t \in T$	Value-added
(12)	$WF_{f,t} \cdot \overline{WFDIST}_{f,a,t} = PVA_{a,t} \cdot (1 - tva_a) \cdot QVA_{a,t}$ $\cdot \left(\sum_{f \in F} \delta_{f,a}^{va} \cdot (fprd_{f,a,t} \cdot QF_{f,a,t})^{-\rho_a^{va}} \right)^{-1} \cdot \delta_{f,a}^{va} \cdot fprd_{f,a,t}^{-\rho_a^{va}} \cdot QF_{f,a,t}^{-\rho_a^{va}-1}$ $\begin{bmatrix} \text{marginal cost of factor } f \text{ in activity } a \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \text{marginal revenue product of factor } f \text{ in activity } a \end{bmatrix}$	$a \in A$ $f \in F$ $t \in T$	Factor demand
(13)	$QINT_{c,a,t} = ica_{c,a} \cdot QINTA_{a,t}$ $\begin{bmatrix} \text{intermediate demand for commodity } c \\ \text{from activity } a \end{bmatrix} = f \begin{bmatrix} \text{aggregate intermediate input quantity for activity } a \end{bmatrix}$	$c \in C$ $a \in A$ $t \in T$	Disaggregated intermediate input demand
(14)	$QX_{c,t} = \sum_{a \in A} \sum_{c \in C} \theta_{a,c} \cdot QA_{a,t}$ $\begin{bmatrix} \text{aggregate marketed production of commodity } c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \text{activity-specific marketed production of commodity } c \end{bmatrix}$	$c \in CX$ $t \in T$	Output aggregation function

(15)	$QX_{c,t} = \alpha_c^t \cdot \left(\delta_c^t \cdot QE_{c,t}^{\rho_c} + (1 - \delta_c^t) \cdot QD_{c,t}^{\rho_c} \right)^{\frac{1}{\rho_c}}$ $\begin{bmatrix} \text{aggregate marketed} \\ \text{domestic output} \end{bmatrix} = CET \begin{bmatrix} \text{export quantity, domestic} \\ \text{sales of domestic output} \end{bmatrix}$	$c \in (CE \cap CD)$ $t \in T$	Output transformation (CET) function
(16)	$\frac{QE_{c,t}}{QD_{c,t}} = \left(\frac{PE_{c,t}}{PD_{c,t}} \cdot \frac{1 - \delta_c^t}{\delta_c^t} \right)^{\frac{1}{\rho_c - 1}}$ $\begin{bmatrix} \text{export-domestic} \\ \text{supply ratio} \end{bmatrix} = f \begin{bmatrix} \text{export-domestic} \\ \text{price ratio} \end{bmatrix}$	$c \in (CE \cap CD)$ $t \in T$	Export-domestic supply ratio
(17)	$QX_{c,t} = QD_{c,t} + QE_{c,t}$ $\begin{bmatrix} \text{aggregate} \\ \text{marketed} \\ \text{domestic output} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \text{domestic market} \\ \text{sales of domestic} \\ \text{output [for} \\ \text{c } \in (CD \cap CEN)] \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \text{exports [for} \\ \text{c } \in (CE \cap CDN)] \end{bmatrix}$	$c \in (CD \cap CEN) \cup (CE \cup CDN)$ $t \in T$	Output transformation for domestically sold outputs without exports and for exports without domestic sales
(18)	$QQ_{c,t} = \alpha_c^q \cdot \left(\delta_c^q \cdot QM_{c,t}^{-\rho_c^q} + (1 - \delta_c^q) \cdot QD_{c,t}^{-\rho_c^q} \right)^{\frac{1}{\rho_c^q}}$ $\begin{bmatrix} \text{composite} \\ \text{supply} \end{bmatrix} = f \begin{bmatrix} \text{import quantity, domestic} \\ \text{use of domestic output} \end{bmatrix}$	$c \in (CM \cap CD)$	Composite supply (Armington) function
(19)	$\frac{QM_{c,t}}{QD_{c,t}} = \left(\frac{PD_{c,t}}{PM_{c,t}} \cdot \frac{\delta_c^q}{1 - \delta_c^q} \right)^{\frac{1}{1 + \rho_c^q}}$ $\begin{bmatrix} \text{import-domestic} \\ \text{demand ratio} \end{bmatrix} = f \begin{bmatrix} \text{domestic-import} \\ \text{price ratio} \end{bmatrix}$	$c \in (CM \cap CD)$ $t \in T$	Import-domestic demand ratio
(20)	$QQ_{c,t} = QD_{c,t} + QM_{c,t}$ $\begin{bmatrix} \text{composite} \\ \text{supply} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \text{domestic use of} \\ \text{marketed domestic} \\ \text{output [for} \\ \text{c } \in (CD \cap CMN)] \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \text{imports [for} \\ \text{c } \in (CM \cap CDN)] \end{bmatrix}$	$c \in (CD \cap CMN) \cup (CM \cap CDN)$ $t \in T$	Composite supply for non-imported outputs and non-produced imports

Domestic institution block

(21)	$YF_{f,t} = \sum_{a \in A} WF_{f,t} \cdot \overline{WFDIST}_{f,a,t} \cdot QF_{f,a,t}$ $\begin{bmatrix} \text{income of} \\ \text{factor } f \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \text{sum of activity payments} \\ (\text{activity-specific wages} \\ \text{times employment levels}) \end{bmatrix}$	$f \in F$ $t \in T$	Factor income
------	--	------------------------	---------------

(22)	$SHIF_{i,f,t} = \frac{QFACINS_{i,f,t}}{\sum_{i' \in INS} QFACINS_{i',f,t}}$ $\left[\begin{array}{l} \text{share of institution } i \text{ in} \\ \text{the income of factor } f \end{array} \right] = \left[\begin{array}{l} \text{endowment of institution } i \text{ of factor } f \\ \text{divided by total endowment of factor } f \end{array} \right]$	$i \in INS$ $f \in F$ $t \in T$	Institutional shares in factor incomes
(23)	$YIF_{i,f,t} = SHIF_{i,f,t} \cdot \left[(1 - tf_f) \cdot YF_{f,t} \right]$ $\left[\begin{array}{l} \text{income of} \\ \text{institution } i \\ \text{from factor } f \end{array} \right] = \left[\begin{array}{l} \text{share of income} \\ \text{of factor } f \text{ to} \\ \text{institution } i \end{array} \right] \cdot \left[\begin{array}{l} \text{income of factor } f \\ \text{(net of tax)} \end{array} \right]$	$i \in INSD$ $f \in F$ $t \in T$	Institutional factor incomes
(24)	$YIINT_{i,t} = ginrat_{i,t} \cdot GBOND_{i,t} - finrat_{i,t} \cdot FDEBT_{i,t} \cdot EXR_t$ $\left[\begin{array}{l} \text{net interest} \\ \text{income of} \\ \text{institution } i \end{array} \right] = \left[\begin{array}{l} \text{interest earnings} \\ \text{on government} \\ \text{bonds} \end{array} \right] - \left[\begin{array}{l} \text{interest} \\ \text{payments} \\ \text{on foreign debt} \end{array} \right]$	$i \in INSDNG$ $t \in T$	Institutional net interest income
(25)	$TRII_{i,i',t} = shii_{i,i'} \cdot (1 - MPS_{i',t}) \cdot (1 - TINS_{i',t}) \cdot YI_{i',t}$ $\left[\begin{array}{l} \text{transfer from} \\ \text{institution } i' \text{ to } i \end{array} \right] = \left[\begin{array}{l} \text{share of net income} \\ \text{of institution } i' \\ \text{transferred to } i \end{array} \right] \cdot \left[\begin{array}{l} \text{income of institution} \\ i', \text{net of savings and} \\ \text{direct taxes} \end{array} \right]$	$i \in INSDNG$ $i' \in INSDNG'$ $t \in T$	Intra-institutional transfers
(26)	$YI_{i,t} = \sum_{f \in F} YIF_{i,f,t} + \sum_{i' \in INSDNG'} TRII_{i,i',t} + trnsfr_{i,gov,t} \cdot \overline{CPI}$ $\left[\begin{array}{l} \text{income of} \\ \text{institution } i \end{array} \right] = \left[\begin{array}{l} \text{factor} \\ \text{income} \end{array} \right] + \left[\begin{array}{l} \text{transfers} \\ \text{from other domestic} \\ \text{non-government} \\ \text{institutions} \end{array} \right] + \left[\begin{array}{l} \text{transfers} \\ \text{from} \\ \text{government} \end{array} \right]$ $+ trnsfr_{i,roW,t} \cdot EXR_t + YIINT_{i,t}$ $+ \left[\begin{array}{l} \text{transfers} \\ \text{from} \\ \text{RoW} \end{array} \right] + \left[\begin{array}{l} \text{net} \\ \text{interest} \\ \text{income} \end{array} \right]$	$i \in INSDNG$ $t \in T$	Income of domestic, non-government institutions
(27)	$TINS_{i,t} = \overline{TINS}_{i,t} \cdot (1 + \overline{TINSADJ}_t \cdot tins01_i) + \overline{DTINS}_t \cdot tins01_i$ $\left[\begin{array}{l} \text{direct tax} \\ \text{rate for} \\ \text{institution } i \end{array} \right] = \left[\begin{array}{l} \text{base rate adjusted} \\ \text{for scaling for} \\ \text{selected institutions} \end{array} \right] + \left[\begin{array}{l} \text{point change} \\ \text{for selected} \\ \text{institutions} \end{array} \right]$	$i \in INSDNG$ $t \in T$	Direct tax rates for domestic non-government institutions

(28)	$MPS_{i,t} = \overline{MPS}_{i,t} \cdot \left(\frac{(1 - TINS_{i,t}) \cdot YI_{i,t}}{pop_{i,t}} \right)^{\sigma_i^{sav}-1} \cdot (1 + \overline{MPSADJ}_t \cdot mps01_i)$ $\begin{bmatrix} marginal \\ propensity \\ to save \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} exogenous \\ term \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} adjustment \\ per-capita \\ post-tax \\ income \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} scaling \\ adjustment \\ for selected \\ institutions \end{bmatrix}$ $+ \overline{DMPS}_t \cdot mps01_i$ $+ \begin{bmatrix} point-change \\ adjustment \\ for selected \\ institutions \end{bmatrix}$	$i \in INSDNG$ $t \in T$	Savings rates for domestic non-government institutions
(29)	$EH_{ht} = \left(1 - \sum_{i \in INSDNG} shii_{ih} \right) \cdot (1 - MPS_{ht}) \cdot (1 - TINS_{ht}) \cdot YI_{ht}$ $\begin{bmatrix} household \\ income \\ disposable \\ for \\ consumption \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} household \\ income, net of direct \\ taxes, savings, and transfers to \\ other non-government institutions \end{bmatrix}$	$h \in H$ $t \in T$	Household consumption expenditure
(30)	$QH_{c,h,t} = pop_{h,t} \cdot$ $\left(\gamma_{c,h}^m + \frac{\beta_{c,h}^m \cdot \left(\frac{EH_{h,t}}{pop_{h,t}} - \sum_{c' \in C} PQ_{c',t} \cdot \gamma_{c',h}^m \right)}{PQ_{c,t}} \right)$ $\begin{bmatrix} quantity \\ of \\ household \\ demand \\ for commodity c \end{bmatrix} = f \begin{bmatrix} household \\ consumption \\ spending, prices \end{bmatrix}$	$c \in C$ $h \in H$ $t \in T$	Household consumption demand for commodities from market
(31)	$YG_t = \sum_{i \in INSDNG} TINS_{i,t} \cdot YI_{i,t} + \sum_{f \in F} tf_f \cdot YF_{f,t} + \sum_{a \in A} tva_a \cdot PVA_{a,t} \cdot QVA_{a,t}$ $+ \sum_{a \in A} ta_a \cdot PA_{at} \cdot QA_{a,t} + \sum_{c \in CM} tm_{c,t} \cdot pwm_{c,t} \cdot QM_{c,t} \cdot EXR_t$ $+ \sum_{c \in CE} te_c \cdot pwe_{c,t} \cdot QE_{c,t} \cdot EXR_t + \sum_{c \in C} tq_c \cdot PQ_{c,t} \cdot QQ_{c,t}$ $+ \sum_{f \in F} YIF_{gov,f,t} + trnsfr_{gov,Row,t} \cdot EXR_t$ $\begin{bmatrix} government \\ revenue \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} direct \\ taxes \\ from \\ institutions \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} direct \\ taxes \\ from \\ factors \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} value- \\ added \\ tax \end{bmatrix}$ $+ \begin{bmatrix} activity \\ tax \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} import \\ tariffs \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} export \\ taxes \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} sales \\ tax \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} factor \\ income \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} transfers \\ from \\ RoW \end{bmatrix}$	$t \in T$	Government revenue

	$EG_t = \sum_{c \in C} PQ_{c,t} \cdot QG_{c,t} + \sum_{i \in INSDNG} trnsfr_{i,gov,t} \cdot \overline{CPI}_t$ $+ \sum_{i \in INSDNG} gintrat_{i,t} \cdot GBOND_{i,t} + finrat_{gov,t} \cdot FDEBT_{gov,t} \cdot EXR_t$ $\begin{bmatrix} government \\ spending \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} government \\ consumption \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} transfers to domestic \\ non-government \\ institutions \end{bmatrix}$ $+ \begin{bmatrix} interest payment \\ on domestic debt \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} interest payment \\ on foreign debt \end{bmatrix}$		
(32)		$t \in T$	Government expenditures

Savings-investment block

	$INSSAV_{i,t} = MPS_{i,t} \cdot (1 + TINS_{i,t}) \cdot YI_{i,t}$ $\begin{bmatrix} savings for \\ institution i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} savings \\ rate for \\ institution i \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} income of \\ institution i \\ (net of direct taxes) \end{bmatrix}$		$i \in INSDNG$	Savings for domestic non-government institutions
(33)	$GSAV_t = YG_t - EG_t$ $\begin{bmatrix} government \\ savings \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} government \\ revenue \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} government \\ expenditures \end{bmatrix}$		$t \in T$	Government savings
(34)				
(35)	$PK_{f,t} = \sum_{c \in C} capcomp_{c,f} \cdot PQ_{c,t}$ $\begin{bmatrix} price of new \\ capital stock \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} total value of commodities c \\ per unit of new capital \end{bmatrix}$		$f \in FCAP$ $t \in T$	Price of capital goods
(36)	$INVVAL_{gov,t} = \sum_{f \in FCAPGOV} PK_{f,t} \cdot DKINS_{gov,f,t}$ $\begin{bmatrix} government \\ investment value \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} government spending \\ on investment goods \end{bmatrix}$		$t \in T$	Government investment cost
(37)	$INVVAL_{gov,t} = GSAV_t + DGBONDTOT_t + (\overline{FBOR}_{gov,t} + \overline{FGRANT}_{gov,t}) \cdot EXR_t$ $\begin{bmatrix} government \\ investment value \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} government \\ savings \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} total change \\ in holdings of \\ government bonds \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} foreign borrowing \\ and foreign \\ grants (in LCU) \end{bmatrix}$		$t \in T$	Government investment financing
(38)	$DGBOND_{i,t} = \frac{INSSAV_{i,t}}{\sum_{i' \in INSDNG} INSSAV_{i',t}} \cdot DGBONDTOT_t$ $\begin{bmatrix} change in holdings of \\ government bonds \\ by institution i \end{bmatrix} = \frac{\begin{bmatrix} savings by \\ by institution i \end{bmatrix}}{\begin{bmatrix} total institution \\ savings value \end{bmatrix}} \cdot \begin{bmatrix} total change \\ in holdings of \\ government bonds \end{bmatrix}$		$i \in INSDNG$ $t \in T$	Allocation of government borrowing across domestic non-government institutions

(39)	$INVAL_{i,t} = INSSAV_{i,t} - DGBOND_{i,t} + (\overline{FBOR}_{i,t} + \overline{FGRANT}_{i,t} + fdi_{i,t}) \cdot EXR_t$ $\begin{bmatrix} \text{non-government} \\ \text{investment value} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \text{savings by} \\ \text{by institution } i \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} \text{change in holdings of} \\ \text{government bonds} \\ \text{by institution } i \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \text{foreign borrowing,} \\ \text{grants, and direct} \\ \text{investment (in LCU)} \end{bmatrix}$	$i \in INSNG$ $t \in T$	Investment financing for non-government institutions
(40)	$PK_{f,t} \cdot DKINS_{i,f,t} = gfcfshr_{i,f,t} \cdot INVVAL_{i,t}$ $\begin{bmatrix} \text{non-government} \\ \text{capital spending} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \text{investment value} \\ \text{times value share} \\ \text{for capital} \end{bmatrix}$	$i \in INSNG$ $f \in FCAP$ $t \in T$	Gross change in capital stocks of non-government institutions
(41)	$QINV_{c,t} = \sum_{f \in FCAP} \left(capcomp_{c,f} \cdot \sum_{i \in INS} DKINS_{i,f,t} \right)$ $\begin{bmatrix} \text{real investment} \\ \text{demand for} \\ \text{commodity } c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \text{demand for } c \text{ for each type} \\ \text{of capital, summed over all} \\ \text{institutions and capital types} \end{bmatrix}$	$c \in C$ $t \in T$	Total real investment demand by commodity

System constraint and productivity block

(42)	$QFS_{f,t} = \sum_{i \in INS} QFACINS_{i,f,t}$ $\begin{bmatrix} \text{supply of} \\ \text{factor } f \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \text{sum of all institutional endowments} \end{bmatrix}$	$f \in F$ $t \in T$	Factor supplies
(43)	$\sum_{\substack{f' \in F \\ (f,f') \in MFF}} \sum_{a \in A} QF_{f',a,t} = \sum_{\substack{f' \in F \\ (f,f') \in MFF}} QFS_{f',t}$ $\begin{bmatrix} \text{demand for mar-} \\ \text{ket factor } f \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \text{supply of mar-} \\ \text{ket factor } f \end{bmatrix}$	$f \in FMRK$ $t \in T$	Factor markets
(44)	$WF_{f,t} = WFMRK_{f',t} \cdot WF_f^0$ $\begin{bmatrix} \text{wage for} \\ \text{disaggregated} \\ \text{factor } f \text{ in } t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \text{wage scaling variable} \\ \text{for related market} \\ \text{factor } f \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \text{base - year wage} \\ \text{for disaggregated} \\ \text{factor } f \end{bmatrix}$	$f' \in FMRK$ $f \in F$ $(f',f) \in MFF$ $t \in T$	Disaggregated factor wages
(45)	$QQ_{c,t} = \sum_{a \in A} QINT_{c,a,t} + \sum_{h \in H} QH_{c,h,t} + QG_{c,t}$ $+ QINV_{c,t} + qdst_{c,t}$ $\begin{bmatrix} \text{composite} \\ \text{supply} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \text{intermediate} \\ \text{use} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \text{household} \\ \text{consumption} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \text{government} \\ \text{consumption} \end{bmatrix}$ $+ \begin{bmatrix} \text{fixed} \\ \text{investment} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \text{stock} \\ \text{change} \end{bmatrix}$	$c \in C$ $t \in T$	Composite commodity markets

$ \begin{aligned} & \sum_{c \in CM} pwm_{c,t} \cdot QM_{c,t} + \frac{\sum_{f \in F} YIF_{row,f,t}}{EXR_t} + \sum_{i \in INSD} finrat_{i,t} \cdot FDEBT_{i,t} \\ &= \sum_{c \in CE} pwe_{c,t} \cdot QE_{c,t} + \sum_{i \in INSD} (trnsfr_{i,roW,t} + \overline{FBOR}_{i,t} + \overline{FGRANT}_{i,t}) + fdi_{row,t} \\ &\quad \left[\begin{array}{l} import \\ spending \end{array} \right] + \left[\begin{array}{l} factor \\ transfers \\ to RoW \end{array} \right] + \left[\begin{array}{l} interest \\ payment \\ on foreign debt \end{array} \right] \\ &\quad = \left[\begin{array}{l} export \\ revenue \end{array} \right] + \left[\begin{array}{l} transfers \\ from RoW \end{array} \right] + \left[\begin{array}{l} borrowing \\ from RoW \end{array} \right] + \left[\begin{array}{l} grants \\ from RoW \end{array} \right] + \left[\begin{array}{l} foreign \\ direct \\ investment \end{array} \right] \end{aligned} $	$t \in T$	Balance of payments (in foreign currency)
--	-----------	---

CORE CGE MODEL: BETWEEN-PERIOD MODULE

Asset stock updating block

$ \begin{aligned} QFACINS_{i,f,t} &= QFACINS_{i,f,t-1} \cdot (1 - depr_f) + DKINS_{i,f,t-1} + qfacinsadj_{i,f,t-1} \\ \left[\begin{array}{l} stock \\ type a held \\ by institution i \end{array} \right] &= \left[\begin{array}{l} non-depreciated \\ capital stock \end{array} \right] + \left[\begin{array}{l} gross stock \\ change in t-1 \end{array} \right] + \left[\begin{array}{l} exogenous \\ adjustment \\ in capital stock \end{array} \right] \end{aligned} $	$i \in INS$ $f \in FCAP$ $t \in T, t > 1$	Capital stocks by institution
$ \begin{aligned} QFACINS_{i,f,t} &= (1 + \overline{RQFS}_{i,f,t-1}) \cdot QFACINS_{i,f,t-1} \\ \left[\begin{array}{l} stock \\ of fact- \\ with exog- \\ enous growth \end{array} \right] &= \left[\begin{array}{l} stock \\ of factor in \\ past period ad- \\ justed for growth \end{array} \right] \end{aligned} $	$i \in INS$ $f \in FEXOG$ $t \in T (t > 1)$	Stocks of factors with exogenous growth
$ \begin{aligned} FDEBT_{i,t} &= FDEBT_{i,t-1} + FBOR_{i,t-1} \\ &+ (finratdue_{i,t-1} - finrat_{i,t-1}) \cdot FDEBT_{i,t-1} - fdebtrelief_{i,t-1} \\ \left[\begin{array}{l} foreign \\ debt in t \end{array} \right] &= \left[\begin{array}{l} foreign \\ debt in t-1 \end{array} \right] + \left[\begin{array}{l} foreign bor- \\ owing in t-1 \end{array} \right] + \left[\begin{array}{l} unpaid interest on \\ foreign debt in t-1 \end{array} \right] - \left[\begin{array}{l} foreign debt \\ relief in t-1 \end{array} \right] \end{aligned} $	$i \in INSD$ $t \in T$	Foreign debt of domestic institutions
$ \begin{aligned} GBOND_{i,t} &= GBOND_{i,t-1} + DGBOND_{i,t-1} \\ \left[\begin{array}{l} stock \\ of government \\ bond held by \\ institution i \end{array} \right] &= \left[\begin{array}{l} stock \\ of government \\ bond held by institution i \\ in past period \end{array} \right] + \left[\begin{array}{l} government \\ borrowing \\ from i in t-1 \end{array} \right] \end{aligned} $	$i \in INSDNG$ $t \in T$	Government bond holdings of domestic institutions
$ \begin{aligned} GDPREAL_t &= \sum_{c \in C} \sum_{h \in H} PQ_c^0 \cdot QH_{c,h,t} \\ &+ \sum_{c \in C} PQ_c^0 \cdot QG_{c,t} + \sum_{c \in C} PQ_c^0 \cdot QINV_{c,t} + \sum_{c \in C} PQ_c^0 \cdot qdst_{c,t} \\ &+ \sum_{c \in CE} EXR^0 \cdot pwe_c^0 \cdot QE_{c,t} - \sum_{c \in CM} EXR^0 \cdot pwm_c^0 \cdot QM_{c,t} \\ \left[\begin{array}{l} real \\ GDP \end{array} \right] &= \left[\begin{array}{l} household \\ market \\ consumption \end{array} \right] + \left[\begin{array}{l} government \\ consumption \end{array} \right] + \left[\begin{array}{l} fixed \\ investment \end{array} \right] + \left[\begin{array}{l} stock \\ change \end{array} \right] \\ &\quad + \left[\begin{array}{l} exports \end{array} \right] - \left[\begin{array}{l} imports \end{array} \right] \end{aligned} $	$t \in T$	Real GDP at market prices

(52)	$TRDGDP_t = \frac{\sum_{c \in CE} EXR^0 \cdot pwe_c^0 \cdot QE_{c,t} + \sum_{c \in CM} EXR^0 \cdot pwm_c^0 \cdot QM_{c,t}}{GDPREAL_t}$ $\left[\begin{array}{l} \text{ratio of} \\ \text{trade to GDP} \end{array} \right] = \left[\begin{array}{l} \text{real trade} \\ \text{real GDP} \end{array} \right]$	$t \in T$	Trade-GDP ratio
(53)	$\alpha_{a,t}^{va} = \bar{\alpha}_{a,t}^{va} \cdot \prod_{f \in FCAPPUB} \left[\frac{QFACINS_{gov,f,t}}{QFACINS_{gov,f}^o} \right]^{tfpelasqg_{a,f,t}}$ $\cdot \left(\frac{\sum_{t' \in T'} tfptrdwt_{t,t'} \cdot TRDGDP_{t'}}{TRDGDP^o} \right)^{tfpelastrd_a}$ $\left[\begin{array}{l} \text{efficiency} \\ \text{term for} \\ \text{activity } a \end{array} \right] = \left[\begin{array}{l} \text{ratio of government} \\ \text{current real capital} \\ \text{endowment } f \text{ to initial} \\ \text{value raised} \\ \text{to the relevant elasticity} \end{array} \right] \cdot \left[\begin{array}{l} \text{weighted avg. (over time)} \\ \text{of ratios of openness} \\ \text{to initial value, raised} \\ \text{to the relevant elasticity} \end{array} \right]$	$a \in A$ $t \in T$	Efficiency (TFP) by activity
(54)	$QG_{c,t} = QG_{c,t-1} \left(1 + \overline{RQGCT}_{c,t-1} + ttqg0I_{t-1} \cdot \overline{RQGC}_c + \overline{RQGT}_{t-1} \right)$ $\left[\begin{array}{l} \text{real government} \\ \text{consumption} \\ \text{of } c \text{ in } t \end{array} \right] = \left[\begin{array}{l} \text{real government} \\ \text{consumption} \\ \text{of } c \text{ in } t - 1 \end{array} \right] \cdot \left[\begin{array}{l} \text{adjustment for growth} \\ \text{(by } c \text{ and } t \text{ and/or by } c \text{ and/or by } t) \end{array} \right]$	$c \in C$ $t \in T$ $t > 1$	real government consumption
(55)	$DKINS_{gov,f,t} = QFACINS_{gov,f,t}$ $\cdot \left[\sum_{\substack{c \in C \\ (f,c) \in MFC}} \left(\overline{RQGCT}_{c,t} + ttqg0I_t \cdot \overline{RQGC}_c + \overline{RQGT}_t \right) + deprcap_f \right]$ $\cdot \left(1 + \overline{RQGINVFT}_{f,t} \right)$	$f \in FCAPGOV$ $t \in T$ $t > 1$	Government investment (except initial year)

Table 3. Notation for MDG module of MAMS model

SETS			
Symbol	Explanation	Symbol	Explanation
$age \in AGE$	age groups	$h \in HH$	households (excl. NGOs) ={hhd = the single household}
$b, b' \in B, B'$	student behavioral characteristics ={rep = repeater; dropout = dropout; grd = graduate; grdcont = continuing graduate; grdexit = exiting graduate; g1entry = entrant to grade 1}	$b, b' \in MBB$	mapping between b (in BRES) and b' (in BLOG): ={(rep, dropout).grd, grdexit.grdcont}
$b \in BLOG$	student behavior determined by logistic function ={grd = graduate; grdcont =	$b, b' \in MBB2$	mapping between b (in BRES) and all elements b' (also in

	continuing graduate; $g1entry$ = entering grade 1}		$BRES)$ that are related to the same element(s) in $BLOG$): = { $rep.(rep, dropout)$, $dropout.(rep, dropout)$, $grdexit.grdexit$ }
$b \in BRES$	student behavior determined by residual scaling = { rep = repeater; $dropout$ = dropout; $grdexit$ = exiting graduate}	$mdg \in MDG$	selected MDG indicators = { $mdg2, mdg4, mdg5, mdg7a, mdg7b$ }
$c \in C$	commodities	$mdg \in MDG45$	health MDG indicators = { $mdg4, mdg5$ }
$c \in CEDU$ ($\subset C$)	education services = { $c-edup1$ = 1 st cycle primary; $c-edup2$ = 2 nd cycle primary; $c-edus$ = secondary; $c-edut$ = tertiary}	$mdg \in MDG7AB$	water-sanitation MDG indicators = { $mdg7a, mdg7b$ }
$c \in CHLTH$ ($\subset C$)	health services = { $c-hlth1$ = low-tech health; $c-hlth2$ = medium-tech health; $c-hlth3$ = high-tech health}	$mdgarg \in MDGARG$	arguments in constant-elasticity function for MDGs = { c = different commodities; mdg = different MDGs; $qhpc$ = per-capita hhd consumption}
$c \in CINF$ ($\subset C$)	infrastructure services = { $c-pubinf$ = public infrastructure services}	$f, g \in MFG$	mapping between labor types and grades (years) of education = { $flab-n.(g1-g11); flab-s.(g12-g14); flab-t.(g15-g16)$ }
$c \in CWTSN$ ($\subset C$)	water-sanitation service commodities { $c-wtsn$ = water-sanitation services}	$g, c \in MGC$	mapping between grades and educational service commodities = { $(g1-g4).c-edup1; (g5-g8).c-edup2; (g9-g12).c-edus; (g13-g16).c-edut$ }
$edarg \in EDARG$	arguments in constant-elasticity function for educational behavior = { $quality$ = qnty of services per student; $w-prem$ = skilled-unskilled wage ratio; $w-prem2$ = superskilled-skilled wage ratio; $mdg4$ = under-five mortality rate; $c-pubinf$ = public infrastructure services; $qhpc$ = per-capita hhd consumption}	$popind \in POPIND$	population indicators = {elements in AGE, HH or "total"}
$f \in FLAB$	labor factors { $flab-n$ = less than 12 years of education; $flab-s$ = 12-14 years of education (secondary education or 2 years of tertiary); $flab-t$ = more than 14 years of education (at least 3 years of tertiary)}	$t \in T$	time periods
$g, g' \in G, G'$	grade levels = { $g1-g16$ }		

PARAMETERS			
$\alpha_{b,g}^{ed}$	constant in logistic function for educational behavior	m_{mdg}^{min}	minimum value for MDG (for MDGs 4 and 5)
α_{mdg}^{log}	constant in logistic function for MDG achievement	$multcohadj_t$	adjustment factor for multiple cohort enrollment in 1 st cycle primary in t
α_{mdg}^m	constant in constant-elasticity function for intermediate MDG variable	ord_t	ordinal position of t in the set T
$\beta_{b,g}^{ed}$	constant in logistic function for educational behavior	$pop_{popind,t}$	population by indicator $popind$ in t
β_{mdg}^{log}	constant in logistic function for MDG achievement	$pop_{h,age,t}^{ha}$	population by household and age in t
$\varphi_{edarg,b,g}^{ed}$	elasticity of behavior b in grade g w.r.t. argument $edarg$ in educational constant-elasticity function	$qentncoh_{g,t}$	new non-cohorts entrants to grade g in t
$\varphi_{mdgarg,mdg}^m$	elasticity of mdg w.r.t. argument $mdgarg$ in constant-elasticity function for MDG	$\overline{shr}_{g,g'}^{demot}$	share of dropouts from grade g' with highest completed grade g
$deprlab_{h,f}$	share of labor type f for household h retiring from labor force each year	$\overline{shr}_{g,t}^{labgrd}$	share of those leaving educational system with highest grade g who enter the labor force in t
$ed_{b,g}^{max}$	maximum share for educational behavior b in grade g	$\overline{shr}_{f,age,t}^{fa}$	share of age group outside educational system that enters labor type f
$grdcont01_{g,g'}$	0-1 constant showing that for g' next grade is g	$\overline{shr}_{h,g,t}^{hg}$	share of enrolled in g in t that are members of household h
m_{mdg}^{max}	maximum value for MDG (for MDGs 7a and 7b)		
VARIABLES			
$EGTOT_t$	total (recurrent and capital) government spending in t	$QH_{c,h,t}$	consumption of commodity c in t by household h
$EGTOTDIS$	total discounted government spending	$QHPC_t$	per-capita household consumption in t
$MDG_{mdg,t}$	value for MDG indicator mdg in t	$QX_{c,t}$	quantity produced of c in t
$MDG_{mdg,t}^{int}$	value for intermediate MDG indicator mdg in period t (entering logistic function)	$SHR_{b,g,t}^{ed}$	share of students in grade g with behavior b in t
$PQ_{c,t}$	price of commodity c in t	$SHR_{b,g,t}^{edint}$	value for intermediate indicator of educational behavior b in grade g and

			time t (entering logistic function)
$QENR_{g,t}$	number of students enrolled in primary school in t	$WF_{f,t}$	Economy wide wage for factor f in t
$QFACINS_{h,f,t}$	endowment of labor type f for household h in t		

Table 4. Equations for MDG module of MAMS model

#	Equation	Domain	Description
(56)	$QHPC_t = \frac{\sum_{c \in C} \sum_{h \in H} PQ_c^0 \cdot QH_{c,h,t}}{pop_{total",t}}$ $\left[\begin{array}{l} \text{real household cons -} \\ \text{umption per capita} \end{array} \right] = \left[\begin{array}{l} \text{total household consumption at base -} \\ \text{year prices divided by total population} \end{array} \right]$	$t \in T$	Real household consumption per capita
(57)	$QENR_{g,t} = \sum_{g' \in G'} grdcont01_{g,g'} \cdot SHR_{grdcont",g',t-1}^{ed} \cdot SHR_{grd",g',t-1}^{ed} \cdot QENR_{g',t-1}$ $+ SHR_{rep",g,t-1}^{ed} \cdot QENR_{g,t-1} + SHR_{g1entry",g,t-1}^{ed} \cdot pop_{7",t} + qentncoh_{g,t}$ $\left[\begin{array}{l} \text{number enrolled} \\ \text{in grade } g \text{ in } t \end{array} \right] = \left[\begin{array}{l} \text{enrolled in preceding grade } g' \text{ in} \\ t-1 \text{ who graduated and entered } g \end{array} \right]$ $+ \left[\begin{array}{l} \text{enrolled in } g \text{ in} \\ t-1 \text{ who repeated } g \end{array} \right] + \left[\begin{array}{l} \text{7 - year olds entering} \\ \text{grade } g \text{ (} g=1 \text{)} \end{array} \right] + \left[\begin{array}{l} \text{(non - cohort) students entering} \\ g \text{ from outside school system} \end{array} \right]$	$g \in G$ $t \in T$ $t > 1$	Enrollment
(58)	$SHR_{b,g,t}^{ed} = ed_{b,g}^{\max} + \frac{\alpha_{b,g}^{ed}}{1 + EXP(\beta_{b,g}^{ed} \cdot (SHR_{b,g,t}^{edint} - SHR_{b,g}^{ed0}))}$ $\left[\begin{array}{l} \text{student share with} \\ \text{behavior } b \text{ in grade } g \end{array} \right] = \left[\begin{array}{l} \text{logistic function of intermediate} \\ \text{behavior variable} (SHR_{b,g,t}^{edint}) \end{array} \right]$	$b \in BLOG$ $g \in G$ $t \in T$	Student behavior (logistic function)

	$SHR_{b,g,t}^{edint} = SHR_{b,g}^{ed0} \cdot \left(\sum_{\substack{c \in CEDU \\ [(g,c) \in MGC]}} \frac{QX_{c,t}}{\sum_{\substack{g' \in G \\ [(g',c) \in MGC]}} QENR_{g',t}} \right)^{\varphi_{quality^b,g}^{ed}} \cdot \left(\frac{WF_{flab-s'',t}}{WF_{flab-n'',t}} \right)^{\varphi_{w-prem'',b,g}^{ed}} \cdot \left(\frac{WF_{flab-t'',t}}{WF_{flab-s'',t}} \right)^{\varphi_{w-prem2'',b,g}^{ed}} \cdot MDG_{mdg4'',t}^{\varphi_{mdg4'',b,g}^{ed}} \cdot QX_{c-pubinf'',t}^{\varphi_{c-pubinf'',b,g}^{ed}} \cdot QHPC_t^{\varphi_{qhpcl,b,g}^{ed}}$ <p style="text-align: center;">$\begin{bmatrix} \text{intermediate variable for student} \\ \text{share with behavior } b \text{ in grade } g \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \text{exogenous} \\ \text{trend value} \end{bmatrix}$</p> <p style="text-align: center;">$\begin{bmatrix} \text{influence of : quality (service per student); wage premia (for} \\ \cdot g \leq 11 \text{ and } g \geq 12, \text{ resp.); student health (proxied by MDG4);} \\ \text{level of infrastructure; per - capita household consumption} \end{bmatrix}$</p>	$b \in BLOG$ $g \in G$ $t \in T$	Student behavior (constant- elasticity function defining intermediate variable)
(60)	$SHR_{b,g,t}^{ed} = \left(1 - \sum_{\substack{b' \in BLOG \\ (b,b') \in MBB}} SHR_{b',g,t}^{ed} \right) \frac{SHR_{b,g}^{ed0}}{\sum_{\substack{b' \in BRES \\ (b,b') \in MBB2}} SHR_{b',g}^{ed0}}$ <p style="text-align: center;">$\begin{bmatrix} \text{student share} \\ \text{with behavior} \\ \text{b in grade } g \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \text{residual value (1 less sum} \\ \text{of shares for related} \\ \text{elements in BLOG)} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \text{initial share of } b \text{ in} \\ \text{total shares for related} \\ \text{residual elements} \end{bmatrix}$</p>	$b \in BRES$	Student behavior (defined resid- ually, given left- hand side of the logistic function for education).
(61)	$MDG_{mdg2'',t} = \frac{multcohadj_t \cdot SHR_{grd'',g4'',t}^{ed} \cdot QENR_{g4'',t}}{pop_{10'',t}}$ <p style="text-align: center;">$\begin{bmatrix} \text{first cycle primary} \\ \text{school net} \\ \text{completion rate} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \text{number of graduates from grade 4} \\ \text{relative to population aged 10} \\ \text{adjusted for multiple cohort factor} \end{bmatrix}$</p>	$t \in T$	MDG 2
(62)	$MDG_{mdg,t} = m_{mdg}^{\min} + \frac{\alpha_{mdg}^{\log}}{1 + EXP(\beta_{mdg}^{\log} \cdot (MDG_{mdg,t}^{int} - MDG_{mdg}^0))}$ <p style="text-align: center;">$\begin{bmatrix} MDG \\ \text{value} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \text{logistic function of intermediate} \\ \text{MDG value } (MDG_{mdg,t}^{int}) \end{bmatrix}$</p>	$mdg \in MDG45$ $t \in T$	MDGs 4 and 5 (logistic function)

(63)	$MDG_{mdg,t}^{int} = \alpha_{mdg}^m \cdot \left(\prod_{c \in CHLTH} \frac{QX_{c,t}}{pop_{total,t}} \right)^{\phi_{c,mdg}^m}$ $\cdot QHPC_t^{\phi_{qhpcl,mdg}^m} \cdot \left(\prod_{mdg' \in MDG7AB} MDG_{mdg'}^{\phi_{mdg',mdg}^m} \right)$ $\begin{bmatrix} \text{intermediate variable} \\ \text{for MDGs 4 and 5} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \text{exogenous} \\ \text{parameter} \end{bmatrix}$ $\cdot \begin{bmatrix} \text{influence of : health services per capita; household} \\ \text{consumption per capita; water and sanitation MDGs} \end{bmatrix}$	$mdg \in MDG45$ $t \in T$	MDGs 4 and 5 (constant-elasticity function defining intermediate variable)
(64)	$MDG_{mdg,t} = m_{mdg}^{max} + \frac{\alpha_{mdg}^{log}}{1 + EXP(\beta_{mdg}^{log} \cdot (MDG_{mdg,t}^{int} - MDG_{mdg}^0))}$ $\begin{bmatrix} MDG \\ \text{value} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \text{logistic function of intermediate} \\ \text{MDG value}(MDG_{mdg,t}^{int}) \end{bmatrix}$	$mdg \in MDG7AB$ $t \in T$	MDGs 7a and 7b (logistic function)
(65)	$MDG_{mdg,t}^{int} = \alpha_{mdg}^m \cdot QHPC_t^{\phi_{qhpcl,mdg}^m} \left(\frac{QX_{c-wtsn,t}}{pop_{total,t}} \right)^{\phi_{c-wtsn,mdg}^m}$ $\begin{bmatrix} \text{intermediate variable for MDGs} \\ 7a \text{ and } 7b \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \text{exogenous} \\ \text{parameter} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \text{influence of : household consumption per capita; water and} \\ \text{sanitation services per capita} \end{bmatrix}$	$mdg \in MDG7AB$ $t \in T$	MDGs 7a and 7b (constant-elasticity function defining intermediate variable)
(66)	$QFACINS_{h,f,t}$ $= QFACINS_{h,f,t-1} \cdot (1 - deprlab_{h,f})$ $+ \sum_{\substack{g \in G \\ [(f,g) \in MFG]} \cdot shr_{g,t-1}^{labgrd} \cdot SHRED_{grdexit,g,t-1} \cdot SHRED_{grd,g,t-1} \cdot shr_{h,g,t}^{hg} \cdot QENR_{g,t-1}$ $+ \sum_{g' \in G} shrdemot_{g,g'} \cdot shr_{g',t-1}^{labgrd} \cdot SHRED_{dropout,g',t-1} \cdot shr_{h,g,t}^{hg} \cdot QENR_{g',t-1}$ $+ \sum_{age \in AGE} shr_{f,age,t}^{fa} \cdot \left(pop_{h,age,t}^{ha} - \sum_{\substack{g \in G \\ mageg(age,g)}} shr_{h,g,t}^{hg} \cdot QENR_{g,t} \right)$ <p>[endowment of labor type f for household h in t]</p> <p>=[non-retired labor from previous year]</p> <p>+ [entrants to f from graduates at different levels in t-1]</p> <p>+ [entrants to f from dropouts at different levels in t-1]</p> <p>+ [entrants to f from outside the school system (esp. 10-year-olds)]</p>	$h \in HH$ $t \in T$ $f \in FLAB$ $t > 1$	Labor supply

(67)	$EGTOT_t = EG_t + INVVAL_{gov,t}$ $\begin{bmatrix} \text{total} \\ \text{government} \\ \text{spending in } t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \text{recurrent} \\ \text{government} \\ \text{spending in } t \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \text{capital} \\ \text{government} \\ \text{spending in } t \end{bmatrix}$	$t \in T$	Total government spending by time period
(68)	$EGTOTDIS = \sum_{t \in T} EGTOT_t \cdot (1 + discrat)^{-(ord_t - 1)}$ $\begin{bmatrix} \text{discounted} \\ \text{total govern -} \\ \text{ment spending} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \text{the product of total government} \\ \text{spending in } t \text{ and a discount term,} \\ \text{summed over all } t \end{bmatrix}$		Discounted total government spending