



# Banca Central

No. 68 - julio / diciembre - 2014 - Año XXIII - Guatemala, C. A.

## *Certamen Permanente de Investigación sobre Temas de Interés para la Banca Central “Doctor Manuel Noriega Morales”*

*XXIII Ciclo de Jornadas Económicas*



**BANCO DE GUATEMALA**

7a. avenida, 22-01, zona 1, Guatemala, C. A.

Apartado Postal: 365

Teléfonos: PBX (502) 2429 6000 / 2485 6000

Télex: 5231 / 5461

Fax: (502) 22534035

Telegramas: GUATEBANCO

Página internet: [www.banguat.gob.gt](http://www.banguat.gob.gt)



## Banca Central No. 68

(julio-diciembre 2014)

### Consejo Editorial

#### DIRECTOR

OSCAR ROBERTO MONTERROSO SAZO

#### CONSEJEROS

RÓMULO OSWALDO DIVAS MUÑOZ

LEONEL MORENO MÉRIDA

SALVADOR ORLANDO CARRILLO

JUAN CARLOS CASTAÑEDA FUENTES

CARLOS EDUARDO CASTILLO MALDONADO

#### COORDINACIÓN

IVAR ERNESTO ROMERO CHINCHILLA

#### PRODUCCIÓN

SERGIO ARMANDO HERNÁNDEZ RODAS

LEONEL ENRIQUE DUBÓN QUIÑONEZ

#### DIAGRAMACIÓN

PEDRO MARCOS SANTA CRUZ LÓPEZ

#### SERVICIOS SECRETARIALES

ANA LUCERO HERRARTE PANTALEÓN

#### EDICIÓN

JUAN FRANCISCO SAGÜI ARGUETA

#### IMPRESIÓN

EDICIONES DON QUIJOTE S. A.

**Banca Central** es una publicación semestral, divulgativa del pensamiento institucional del Banco de Guatemala. Debido a que es una Revista de amplio criterio, también está abierta a ideas no necesariamente coincidentes con las del Banco.

Los colaboradores de la Revista son entera y exclusivamente responsables por sus opiniones y, por consiguiente, éstas no reflejan la posición oficial del Banco, a menos que ello se haga constar expresamente.

Es libre la reproducción de los artículos, gráficas y cifras que figuren en la Revista, siempre y cuando se mencione la fuente.

Toda correspondencia deberá dirigirse a: Revista *Banca Central*, Banco de Guatemala, 7ª. avenida, 22-01, zona 1. Código Postal No. 01001.

## ÍNDICE

Presentación 3

**Trabajos ganadores del Certamen Permanente de Investigación sobre Temas de Interés para la Banca Central “Dr. Manuel Noriega Morales”, edición 2013-2014**

Primer lugar

**Tipo de cambio real sectorial, distorsiones en las preferencias y flujo de remesas: análisis para Guatemala desde una perspectiva neokeynesiana**

5

*Marola Andrea Castillo Quinto,  
Freddy Arnaldo Rojas y Cama*

Segundo Lugar

**Efecto de los precios internacionales de las materias primas sobre la inflación total y sus componentes en un modelo de equilibrio general dinámico para Guatemala**

33

*Jouseline Clara Genoveva Salay,  
Hilcías Estuardo Morán Samayoa*

Tercer Lugar

**Interacción entre la política fiscal y monetaria en Guatemala: un modelo DSGE bayesiano**

63

*Carlos Javier Rodríguez Espejo*

Mención Honorífica

**Ahorro y tierra. El efecto de las tasas de interés sobre la productividad agrícola agregada**

91

*Jorge Alejandro Álvarez García-Tuñón*

### Secciones permanentes

**Junta Monetaria** 109

**Autoridades y funcionarios superiores del Banco de Guatemala** 110

**Red nacional de bibliotecas del Banco de Guatemala** 111







La revista **Banca Central**, julio-diciembre 2014 —editada por el Banco de Guatemala— presenta los trabajos ganadores del Certamen sobre Temas de Interés para la Banca Central “Dr. Manuel Noriega Morales”, edición 2013-2014.

El **Primer Lugar** del certamen lo obtuvo el trabajo “Tipo de cambio real sectorial, distorsiones en las preferencias y flujo de remesas: análisis para Guatemala desde una perspectiva neokeynesiana” de los autores **Marola Andrea Castillo Quinto y Freddy Arnaldo Rojas y Cama** —de nacionalidad ecuatorina y peruana, respectivamente— en el que investigan el tamaño de las distorsiones en la asignación del gasto entre bienes de consumo; y exponen que en particular el monto de remesas destinado al consumo de bienes transables en la economía local puede diferir entre el migrante y sus familiares, se refieren a esta diferencia en las asignaciones como a una distorsión. El tamaño de esta distorsión es expresado por Castillo y Rojas en términos de la magnitud de la elasticidad entre los precios relativos y el flujo de remesas. Los autores hacen una comparación de esta relación con un escenario normal de shocks nominales de renta. El modelo utilizado para su análisis lo construyen desde una perspectiva neokeynesiana de dos sectores productivos (transables y no transables), remesas endógenas y mercados imperfectos. También plantean que un objetivo de su investigación es ofrecer una metodología que sirva en la discusión de la política monetaria para países receptores de una cantidad importante de flujo de remesas. Los autores utilizan datos para Guatemala con el fin de tener estimados de parámetros estructurales que sirven de base para su análisis de impulso-respuesta.



Deidad maya que aparece en los billetes de veinte quetzales. Es una estilización elaborada por el pintor guatemalteco Alfredo Gálvez Suárez que tomó la figura representada en la página doce del Códice Maya, conservado en la biblioteca de Dresde, Alemania. Dicha figura fue identificada por los historiadores J. Antonio Villacorta C. y Carlos A. Villacorta en su libro *Códices Mayas* —impreso en la Tipografía Nacional de Guatemala en 1930— como “Dios E: con un vaso de plantas en las manos y una cruz en el adorno de la cabeza. Su signo está en el jeroglífico 2; representa la divinidad del maíz o de la agricultura, llamada *Yun Kax*”.

El **Segundo Lugar** fue otorgado a la investigación “Efecto de los precios internacionales de las materias primas sobre la inflación total y sus componentes en un modelo de equilibrio general dinámico para Guatemala”, de los autores guatemaltecos **Jouseline Clara Genoveva Salay e Hicías Estuardo Morán Samayoa**, en cuyo estudio desarrollan y estiman un modelo de equilibrio general dinámico de tipo neokeynesiano para una economía pequeña y abierta con el objetivo de analizar el impacto de alzas en el precio internacional de los commodities sobre la inflación total y la inflación subyacente. El esquema analítico desarrollado por los autores es similar al utilizado por otros bancos centrales que también operan con un esquema monetario de metas de inflación, aunque el modelo incorpora un bien no transable, hábitos de consumo, incluye una prima de riesgo, la cual es función del nivel de deuda externa y del tipo de cambio, una proporción de los hogares enfrenta restricciones de liquidez; esto —añaden— limita el arbitraje intertemporal del consumo, reflejando el relativamente poco desarrollado sistema financiero. Salay y Morán sostienen que el efecto traspaso ante variaciones en el tipo de cambio hacia los precios domésticos es imperfecto y por la importancia de las remesas en la economía nacional (aproximadamente



---

10% del PIB), una proporción de los hogares recibe remesas del exterior. El modelo es estimado por los autores por métodos bayesianos utilizando datos trimestrales macroeconómicos para el periodo 2003-2013.

El **Tercer Lugar** corresponde al tema “Interacción entre la política fiscal y monetaria en Guatemala: un modelo DSGE bayesiano” del autor peruano **Carlos Javier Rodríguez Espejo**, en el cual él se plantea como objetivos estudiar la interacción entre la política monetaria y fiscal en la estabilización de los ciclos económicos, controlando la brecha-producto, la inflación y el nivel de deuda del gobierno. Rodríguez busca en su trabajo estimar los parámetros de reacción de una regla de política monetaria, a la Taylor, y dos reglas de política fiscal estilizadas, las cuales responden a los desvíos de la brecha-producto y al desvío de la deuda pública respecto de su nivel de largo plazo. El autor usa un modelo de equilibrio general dinámico y estocástico (DSGE) de tipo neokeynesiano, en el cual se incorporan rigideces de precios a la Calvo (1983). Además incorpora indexación de precios, siguiendo a Galí y Gertler (1999), para que el modelo sea coherente con un hecho empírico relevante: la persistencia de la inflación. El autor modela la economía de Guatemala siguiendo el trabajo seminal de Galí y Monacelli (2005), quienes construyeron un modelo neokeynesiano para una economía pequeña y abierta. Asimismo, realiza algunas variantes de dicho modelo, siguiendo a Fragetta y Kirsanova (2010) para incorporar la política fiscal.

Se concedió **Mención Honorífica** a la investigación “Ahorro y tierra. El efecto de las tasas de interés sobre la productividad agrícola agregada”, del autor guatemalteco Jorge Alejandro Álvarez García-Tuñón, quien inicia comparando el producto interno bruto entre países más ricos y más pobres para afirmar que el PIB por trabajador del 5% de los primeros es 34 veces el del 5% de países más pobres, pero este mismo múltiplo alcanza 78 cuando solo se considera al sector agrícola. Añade que los países más ricos se caracterizan por tener unidades agrícolas más grandes con un uso intensivo de maquinaria y bienes intermedios de producción; y en contraste, economías

menos desarrolladas poseen una cantidad importante de unidades agrícolas pequeñas con rendimientos bajos. El autor sugiere en su trabajo que las bajas tasas de interés, a las que tienen acceso los agricultores, pueden explicar parte de la variación tanto en el tamaño de las unidades agrícolas como en el uso de bienes intermedios de producción, aspecto que se debe –sostiene el autor– a que la tierra tiene una función dicotómica: es un medio de producción y un medio de ahorro. Según Álvarez, evidencia microeconómica reciente, que muestra ahorros agrícolas con retornos negativos, sugiere que esta segunda función puede ser más prominente en economías en desarrollo. Motivado por dicha observación, en su trabajo construye un modelo donde bajas tasas de interés sobre ahorros generan una distribución ineficiente de la tierra, lo que a su vez induce diferencias en productividad agrícola agregada. El autor presenta evidencia empírica para evaluar las predicciones del modelo.



# Tipo de cambio real sectorial, distorsiones en las preferencias y flujo de remesas: análisis para Guatemala desde una perspectiva neokeynesiana

*Freddy Arnaldo Rojas Cama*

*Marola Andrea Castillo Quinto*

## Resumen

Este documento investiga el tamaño de las distorsiones en la asignación del gasto entre bienes de consumo; en particular el monto de remesas destinado al consumo de bienes transables en la economía local puede diferir entre el migrante y sus familiares, nos referimos a esta diferencia en las asignaciones como a una “*distorsión*”. El tamaño de esta distorsión es expresado en términos de la magnitud de la elasticidad entre los precios relativos y el flujo de remesas. Se hace una comparación de esta relación con un escenario normal de *shocks* nominales de renta. El modelo utilizado para este análisis está construido bajo una perspectiva neokeynesiana de dos sectores productivos (transables y no transables), remesas endógenas y mercados imperfectos. Es también un objetivo de esta investigación ofrecer una metodología que sirva en la discusión de la política monetaria para países que reciben una cantidad importante de flujo de remesas. Utilizamos datos para Guatemala para tener estimados de parámetros estructurales que sirven de base para nuestro análisis de impulso-respuesta.

## 1. Introducción

En los últimos años Guatemala ha recibido remesas por un valor de 4.4 mil millones de dólares anuales, flujos que representan el 10 % de su Producto Bruto Interno (PIB) y 49.8 % de sus exportaciones.<sup>1</sup> Flujos enormes que no

tienen precedentes y que particularmente para Guatemala incrementa los riesgos en el manejo de la política monetaria de corto plazo y, por supuesto, la preocupación se extiende en las consecuencias que estos flujos puedan tener en el crecimiento de largo plazo.<sup>2</sup> Guatemala es un país de renta media baja que en los últimos años ha crecido a una tasa promedio anual de 2.9%, con una apertura comercial considerable y un déficit de balanza comercial que asciende al 11.1% del PIB; este saldo negativo es compensado enteramente con el flujo de remesas entrante a la economía cada periodo; este comportamiento particular de las cuentas externas se ha mantenido desde mediados de los ochenta (ver figura 1.1 del panel gráfico 1). Este flujo de remesas ha significado, desde inicios de los noventa, una apreciación real significativa de 2.7% en términos promedios anuales (ver figura 1.3). Particularmente la volatilidad de estos flujos supera hasta 16 veces la volatilidad del producto (ver figura 1.5) y entre 3.2 y 0.34 veces la volatilidad de las exportaciones e inversión extranjera directa. Así también existe preocupación de un redistribución interna en los recursos productivos que impulsaría a un sector en desmedro del otro, esto último está relacionado con las consecuencias negativas de un mayor flujo de recursos externos, la literatura identifica estos episodios como la aparición de la famosa “*enfermedad holandesa*” (Magud y Sosa, 2010; Acosta, Lartey y Mandelman, 2009). Particularmente

<sup>1</sup> Valores promedio para el periodo 2008-2013 (Fuente: banco central de Guatemala).

<sup>2</sup> Barajas, et al, (2009) presentan una interesante discusión acerca de los efectos de las remesas en el crecimiento económico. Ver también Magud y Sosa (2010) para una revisión de hechos estilizados que muestra que el efecto de un influjo importante de remesas sobre el crecimiento no es concluyente. Muy interesante sería revisar Ozden y Schiff (2006) sobre la fuga de talento en países en vías de desarrollo.

para Guatemala, desde inicios de los noventa, es evidente la existencia de una recomposición importante en términos de participación sectorial en el producto agregado (ver figura 1.4). En los datos pertenecientes a países de renta media baja, la apreciación cambiaria y el crecimiento de las remesas está correlacionada positivamente, particularmente esta relación es patente sobre el periodo comenzando los noventa (ver figura 1.6). En términos cuantitativos, la literatura empírica calcula una apreciación cambiaria entre 0.01% y 0.03% por cada punto porcentual en el cambio del ratio remesas-PIB, si los países de renta baja son incluidos en el análisis el tamaño de la apreciación es prácticamente el mismo; el impacto no es significativo si se incluyen países que se ubican en el cuartil superior de la categoría de países en desarrollo (Rojas y Castillo, 2013b; Amuedo-Dorantes y Pozo, 2004; y Barajas et al, 2010).

Estos hechos estilizados tienen importantes implicancias en el manejo de la política monetaria en el corto plazo. ¿Cómo responder ante un enorme flujo entrante de dólares? ¿En cuánto se ha apreciado el tipo de cambio real, y cómo afecta el cambio en los precios relativos a la cuenta corriente o a la demanda agregada? Al respecto, para responder a dichas preguntas, la literatura ensaya una variedad de modelos, que van desde los estadísticos de pronóstico hasta modelos teóricos cuya complejidad va de la mano con el reto de reproducir el mayor número de hechos estilizados para alguna economía o grupo de países en particular. Esta última aproximación es la motivación de la presente investigación; particularmente utilizamos un modelo de equilibrio general para evaluar la distorsión en las asignaciones del gasto entre los bienes disponibles en la economía, nos referiremos a esto último como la “*distorsión en las preferencias*”. El tamaño de esta distorsión es expresado en términos de la magnitud de la elasticidad entre los precios relativos y el flujo de remesas. Al respecto, Adams y Cuecuecha (2010) encuentran que las familias guatemaltecas destinan un gasto marginal en bienes de inversión, tales como educación y salud, solo si son receptoras de remesas. Los autores también encuentran que estas familias son más probables a invertir en la compra de propiedades. Por su parte, Mandelman, Acosta y Lartey (2008) encuentran importante la dirección de las preferencias de consumo de los agentes económicos para explicar el desarrollo y empuje de los sectores de producción.

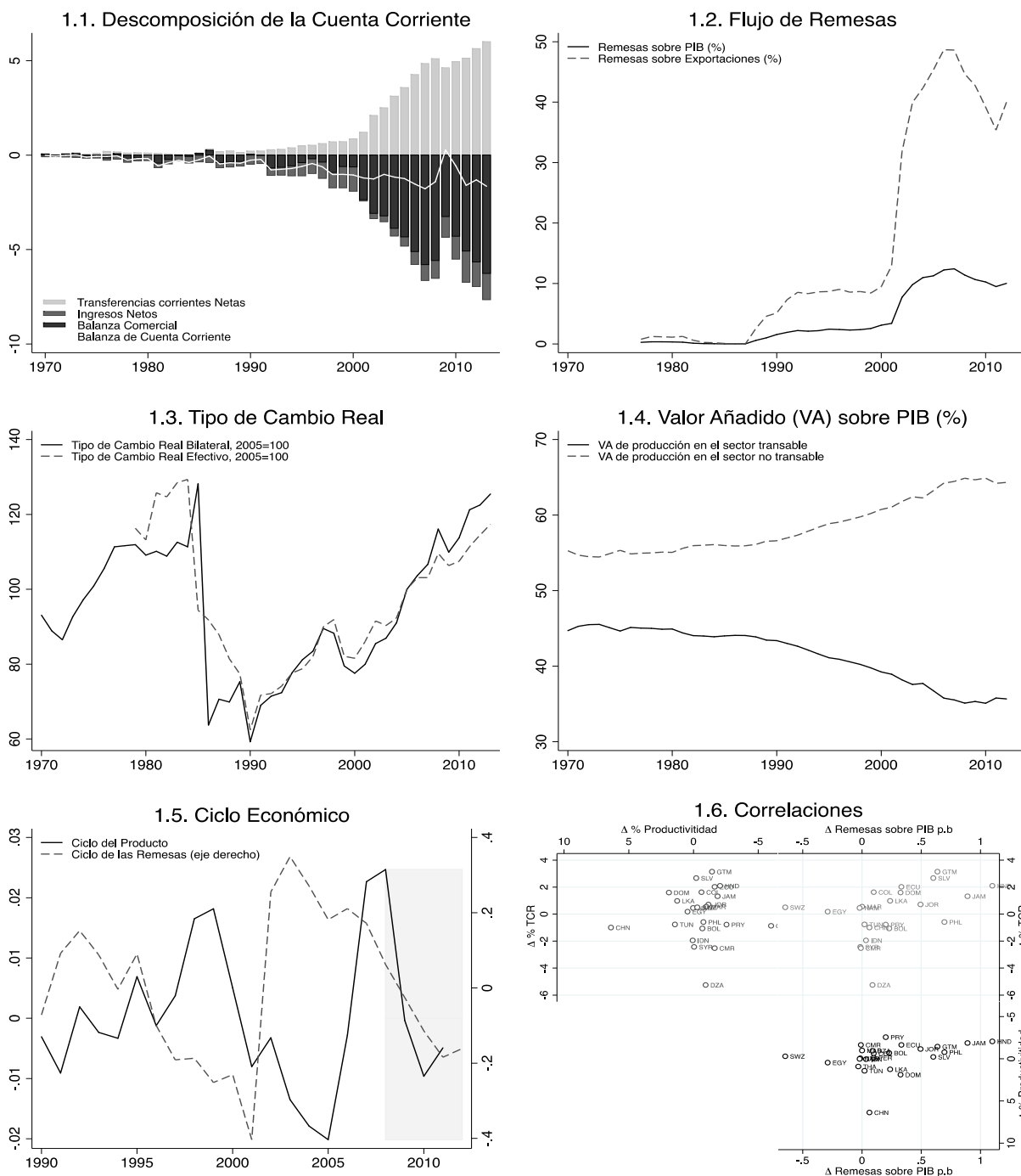
Nuestra aproximación, a diferencia de otras investigaciones, se centra en el análisis de equilibrio general y la desagregación por sectores de producción (transable y no transable). El modelo permite estudiar no solamente la dinámica de los precios relativos de los bienes entre sectores sino también el ajuste en los salarios reales, cambios en los costos marginales y variaciones en las horas de trabajo ante *shocks* internos y externos. El tipo de cambio real requiere ser desagregado en dos componentes por las siguientes razones: 1) identificación de *shocks* de producción, 2) contribución sectorial de la respuesta del tipo de cambio real sobre el consumo relativo (anomalía en la condición de “*risk sharing*” o repartición del riesgo) y 3) medición del tamaño de la *distorsión en las preferencias* en términos del cambio en los precios relativos. Por otro lado, el proceso productivo intermedio difiere entre sectores por la cantidad de mano de obra empleada y la utilización de componentes importados. En adición, en el sector externo del modelo, se estudia la relación entre los términos de intercambio y el tipo de cambio real; nuestra investigación aporta en analizar y explicar la correlación negativa encontrada en los datos.<sup>3</sup> Las remesas en nuestro modelo tienen un componente exógeno y endógeno, este último en función del tamaño de la renta del país. Finalmente, incluimos en nuestro análisis el comportamiento de la cuenta corriente y de la tasa de interés de política monetaria.

La presente investigación tiene el objetivo de analizar cuantitativamente las fluctuaciones de las remesas sobre los precios relativos para Guatemala. Adicionalmente, con fines de comparación, se hace este mismo análisis para los países que conforman el grupo de renta media baja. Es valioso hacer este análisis sobre este grupo en particular por las siguientes razones: 1) los países de renta media baja reciben un influjo importante de remesas y se encuentran afectadas por ellos significativamente (ver apéndice). En el 2009, según cifras del Banco Mundial, 6 de las 10 economías que reciben los mayores flujos de remesas —en términos del tamaño del producto bruto interno— pertenecen al grupo de renta media baja. Así también, 13 de 27 países que reciben flujos mayores al 8% de sus niveles de renta pertenecen a esta categoría o grupo de renta. En el 2009 los países de renta media

<sup>3</sup> Este hecho está muy ligado al comportamiento de la desagregación entre tipo de cambio real transable y no transable (Rojas y Castillo, 2013d)



Gráfico 1. Guatemala: hechos estilizados



Elaboración propia de los autores  
 Datos: Banco Mundial, Perspectiva Económica Mundial(FMI)  
 1.1 Balanza de Cuenta Corriente, en mil millones de US dólares corrientes  
 1.1 La línea de color blanco corresponde a la Balanza de Cuenta Corriente  
 1.4 Valor Añadido, en US dólares corrientes  
 1.5 El ciclo económico fue calculado utilizando el filtro de Hodrick y Prescott  
 1.6 El cambio se mide como la tasa de crecimiento promedio anual en el período 1990-2005

recibieron remesas del exterior valoradas en casi 13 y 3 veces de lo recibido por países clasificados como de renta baja y desarrollados, respectivamente. Es importante señalar que existe un efecto significativo de las remesas sobre el tipo de cambio real en los países de renta media baja; Rojas y Castillo (2013b), utilizando datos del Fondo Monetario Internacional (FMI), encuentran que el efecto es significativo para estos países pero este efecto se desvanece para el agregado de renta media.<sup>4</sup> 2) Los países de renta media baja han conseguido en las últimas décadas un fuerte crecimiento con baja inflación, tipo de cambio más competitivos combinados con una baja acumulación de deuda pública y privada. En promedio, estas economías han alcanzado un grado de liberalización importante – principalmente en el área real y financiera (FMI, 2008)–, similar al conseguido por economías industrializadas desde inicios de los noventa. Finalmente, 3) Incluir a los países de renta media en nuestro análisis comparativo con Guatemala nos permite tomar ventaja de los beneficios provenientes del mayor número de observaciones. Esto es conveniente dado que nuestro análisis cubre un período corto de series de tiempo (1990-2011). Particularmente, esta selección de años obedece a la mejora en la recolección de datos de las remesas, así como también evitar algunos episodios característicos de los ochenta relacionados con algunos retrocesos económicos para algunos países. Por otro lado, información en la forma de panel de datos nos permite estimar parámetros tales como la elasticidad de las remesas a las fluctuaciones de renta. Una variable importante para este grupo de países es también la cuenta corriente. Al respecto, Obstfeld (2012) sugiere que para países desarrollados el análisis de sustentabilidad de la cuenta corriente tiene que focalizarse en los flujos brutos financieros internacionales, mientras que en países en vías de desarrollo es de importancia los ajustes a los flujos de transferencias más a que los flujos de capitales.

Nuestro modelo, que detallaremos en la sección 3, contribuye con ofrecer una metodología que sirva para la discusión de la política monetaria en países que reciben una cantidad importante de flujo de remesas; en primer lugar, nuestro modelo permite evaluar en términos cuantitativos la reacción de diferentes variables en el equilibrio general,

<sup>4</sup> Rojas y Castillo (2013b) muestran resultados robustos considerado tipo de cambios reales alternativos, por ejemplo: el proveído por el Penn World Tables. También encuentran que los países de renta baja presentan importantes apreciaciones debido al afecto de las remesas.

variables no solo de consumo sino de producción. Nuestro modelo permite hacer evaluaciones de la respuesta de precios relativos en la presencia de *distorsiones en las preferencias*, esto último es lo novedoso de nuestra aproximación. Finalmente, la metodología de estimación de los parámetros estructurales del modelo pueden servir como referencia para trabajos de investigación futuros.

El presente trabajo de investigación está organizado así: la sección 2 presenta y discute la literatura que desarrolla los modelos de equilibrio general estocásticos con múltiples sectores; la sección 3 presenta el modelo nekeynesiano adaptado para el análisis de flujos de remesas, esta sección es muy formal en términos matemáticos y además profundiza en las decisiones de hogares y firmas, hacia el final de la sección se hace un detalle de la determinación de los precios por sectores (curvas de Phillips por sectores). La implementación de una regla de Taylor por la autoridad monetaria es desarrollada en la sección 4. En las secciones 5 y 6 se discuten la condición de repartición del riesgo y la imperfección de mercados, respectivamente. En la sección 7 se establece el equilibrio general. El nexo entre el tipo de cambio real y los términos de intercambio es explicado en la sección 8, la discusión es seguida en la sección 9 con la determinación de las cuentas externas. En la sección 10 explicamos brevemente la solución del modelo, el cual es estándar en la literatura sobre modelos de equilibrio general. El procedimiento para la estimación de los parámetros estructurales –utilizando el método generalizado de momentos para datos de panel– es explicado en la sección 11, así también se hace un detalle de la literatura que sirve de base para la calibración del modelo. En la sección 12 se presentan los resultados de nuestro trabajo de investigación. Finalmente en la sección 13 se discuten las conclusiones y se ensayan puntos de investigación futuros.

## 2. Revisión de literatura

En esta sección revisamos literatura existente sobre el uso de modelos nekeynesianos de dos sectores que estudian el efecto de las remesas sobre los precios relativos. Existe una variada literatura que hace referencia a la utilización de Modelos Dinámicos de Equilibrio General Estocástico (MDEGS) con rigideces en la inversión o de naturaleza nominal. Aportes muy importantes han sido hechos por Obstfeld y Rogoff (2002), Clarida, Gali y Gertler (2002), Benigno and Benigno (2006), Svensson, Ferrero y Gertler



(2008), Gali y Monacelli (2005) y Chang y Catao (2011). Sin embargo, trabajos que analicen los flujos de remesas y sus efectos en los precios relativos utilizando este tipo de modelos son muy escasos y/o poco explotados. Precisamente para Guatemala podemos mencionar el trabajo de Castañeda y Catalán (2007) que establece que un modelo de equilibrio general con costos de ajustes en la inversión puede replicar bastante bien la apreciación real observada en los últimos años. Acosta, Lartey y Mandelman (2009), usando datos para El Salvador, estiman un modelo de equilibrio general (bayesiano) para medir los efectos de las remesas sobre la producción sectorial y la redistribución del trabajo. Mandelman (2011) analiza el rol de la política monetaria bajo fluctuaciones importantes de las remesas utilizando datos para Filipinas. Lartey, Mandelman y Acosta (2008), utilizando datos desagregados y técnicas de datos de panel, muestran que el flujo de las remesas conduce a una apreciación importante y a una redistribución de los recursos disponibles desde el sector transable al sector no transable. La literatura estima que las apreciaciones reales, debido al empuje de las remesas, no han sido menores para el caso de Guatemala; Castañeda y Catalán (2007) estiman que hubo una apreciación real de 12.5% en 5 años. Rojas y Castillo (2013c) estiman que estos montos de apreciaciones son equivalentes a reducciones de productividad importantes en el corto plazo. Barajas et al (2010) señalan que la apertura de la economía, el grado de flexibilidad del mercado laboral y la disponibilidad de factores intensivos en la producción de bienes no transables pueden afectar el tamaño de la respuesta de los precios relativos ante un impacto en el flujo de remesas pero no podría revertir la apreciación.<sup>5</sup> Esto último podría ser posible si los flujos de remesas incrementan el consumo de bienes transables y reducen a la par el consumo de los no transables.

La literatura existente es vasta en discutir el origen de persistencia de las fluctuaciones del tipo de cambio real. La desagregación también conlleva a discutir la existencia de desviaciones importantes de la paridad de poder de compra

entre sectores;<sup>6</sup> Al parecer una motivación casi religiosa de muchos trabajos que proponen sectores es la de contrastar la validez empírica del efecto Balassa-Samuelson,<sup>7</sup> el cual sugiere que un aumento de la productividad en el sector transable con respecto al sector no transable está relacionado a un tipo de cambio sobrevaluado, así cualquier diferencia en la paridad de poder de compra entre los países puede ser atribuible a diferencias en productividades. Estimados de estos efectos tienden a ser pequeños y en algunos casos inexistentes (ver Choudhuri y Schembri, 2009). Estos hallazgos también son confirmados para datos agregados (ver Christiansen, Prati, Ricci y Tressel, 2009).<sup>8</sup> En todo caso, Hinkle y Nsengiyumva (1999) sostienen que existe una considerable evidencia empírica de divergencias de los precios relativos de la paridad de poder de compra, especialmente para el caso de los bienes transables.<sup>9</sup> Rigideces en salarios y precios en sectores intermedios ayudan muy poco en explicar la persistencia de los precios relativos (Kehoe y McGrattan, 2002). Por otro lado, la agregación podría también ser un problema en la identificación de efectos subyacentes que solo pueden existir en la desagregación. Al respecto, Dekle et al (2011) discuten la desconexión del tipo de cambio real con los sectores agregados de importaciones y exportaciones en situaciones en las cuales las exportaciones a niveles de firmas fluctúan a la par con el tipo de cambio real.<sup>10</sup> Carvalho y Nechio (2001) señalan ventajas de la desagregación, específicamente encuentran que modelos con múltiples sectores pueden producir alta volatilidad y persistencia del tipo de cambio real en respuesta a *shocks* nominales.<sup>11</sup> En términos de parametrización, Imbs

<sup>5</sup> Barajas (2010) añade que cambios permanentes en el nivel de remesas afectarían la calificación crediticia (ver Aven-  
daño, 2009). Estos cambios en la calificación producirían  
fluctuaciones en el tipo de cambio real compatible con un  
equilibrio interno y externo.

<sup>6</sup> Hinkle and Nsengiyumva (1999) se refieren a los precios re-  
lativos entre sectores como al tipo de cambio real interno;  
mientras que a los precios relativos entre países, como al  
tipo de cambio externo. Una buena guía de consulta acerca  
de la equivalencia y relaciones teóricas entre estas definicio-  
nes de tipo de cambio real puede ser encontrada en Hinkle  
and Nsengiyumva (1999).

<sup>7</sup> Balassa (1964); Samuelson (1964). Ver detalles del modelo  
Balassa-Samuelson en Asea y Corden (1994).

<sup>8</sup> En general, la literatura utilizando datos agregados, asu-  
me que los países desarrollados son más productivos en el  
sector de transables que los países en vías de desarrollo;  
por lo tanto, una medida proxy para medir el efecto Balassa-  
Samuelson sería medir la relación entre el GDP per cápita  
y el tipo de cambio real. (ver también Amuedo-Dorantes y  
Pozo, 2004)

<sup>9</sup> Hinkle y Nsengiyumva (1999) apuntan a que estas divergen-  
cias son producto de las estrategias de precios sobre bienes  
altamente diferenciados.

<sup>10</sup> Dekle et al (2011) encuentran específicamente que estima-  
ciones usando datos a nivel de firma muestran relaciones  
contrarias a la teoría entre el tipo de cambio real y las canti-  
dades exportadas.

<sup>11</sup> Carvalho, C and F. Nechio (2011) encuentran que la vida me-  
dia de la desviación de la paridad de compra es alrededor  
de 39 meses para datos agregados. Sin embargo, algunos  
sectores de la economía pueden presentar importantes des-  
alineamientos en sus precios relativos que duran menos de  
1 año. Así, Carvalho, C and F. Nechio (2011) apoyan hallaz-  
gos en Imbs et al (2005) que sugieren que la heterogeneidad  
puede explicar frecuencias cortas (cambios de corta dura-  
ción) en los movimientos del tipo de cambio real.

y Majean (2009) muestran que la elasticidad de sustitución entre bienes domésticos y foráneos es pequeña; sin embargo, la desagregación entre variedades de los bienes muestran una elasticidad muy alta. Con respecto a los últimos aportes metodológicos, una inclusión importante que debe tener todo modelo es el rasgo de mercados incompletos. Backus y Smith (1993) muestran que una combinación entre preferencias no separables y presencia de bienes no transables es suficiente para producir mercados incompletos.<sup>12</sup>

### 3. El modelo neokeynesiano con remesas

El modelo es construido adoptando los últimos aportes metodológicos que definen el estado actual del arte de la macroeconomía teórica y modelística. Así, con el objetivo de responder a las preguntas de esta investigación, aportamos a la discusión con dos modificaciones al modelo estándar: i) la adición del proceso generador de datos para el flujo de remesas, y ii) una desagregación del consumo total de bienes y servicios entre transable y no transable; esto último posibilita el cálculo del tipo de cambio real por sectores. Si bien es cierto que esta última aproximación no es novedosa y existe vasta literatura al respecto,<sup>13</sup> la desagregación ofrece una mejor comprensión del proceso generador de datos el cual es importante para esta investigación<sup>14</sup>; más importante aún, como contribución a la literatura existente, es el procedimiento de agregación entre sectores, el cual requiere de cierta complejidad matemática. La agregación de indicadores es un paso importante en nuestra investigación porque algunos de estos indicadores son necesarios para el cálculo de los momentos muestrales. En la primera parte de esta sección presentamos el Modelo de Equilibrio General Estocástico estándar siguiendo a Gali y Monacelli (2005), Chang y Catao (2013), Ferrero, Gertler y Svensson (2007) y Obstfeld y Rogoff (2005). En esta sección se incluyen las ecuaciones que muestran la desagregación de los precios relativos entre bienes transables y no transables,

posteriormente mostramos nuestro procedimiento para la agregación de la renta, trabajo y tipo de cambio entre sectores. Este modelo de dos sectores será útil en explicar la dinámica de otras variables en una economía pequeña y abierta; por ejemplo: tamaño de los desajustes en la cuenta corriente, salarios reales, costos marginales y términos de intercambio. En cada sector existe un productor final e intermedio. Los agentes intermedios están comprometidos en el proceso productivo, mientras que los del sector final solo ensamblan un bien de elaboración final hecho totalmente de bienes intermedios y que ponen a disposición de los consumidores finales en el mismo periodo. Nos vamos a referir como producto doméstico transable al bien producido con trabajo e insumos importados, el cual puede ser vendido localmente y/o en la forma de bienes de exportación. El índice de consumo transable esté construido como un promedio geométrico entre el consumo de bienes (finales) domésticos transable e importados. El término no transable o también llamado doméstico se refiere al bien final producido con un solo insumo que es el trabajo y que es comercializado en el mercado local. Por otro lado, existe un bono que es comercializado internacionalmente y denominado en moneda local. Una medida de costos de transacción es incluida en el modelo con el propósito de conseguir cierta imperfección de mercados (ver Schulhofer and Wohl, 2011).

#### 3.1. Los hogares

##### 3.1.1. Formas funcionales y presupuesto

Los hogares ofrecen un continuo de trabajo el cual tiene medida 1; el trabajo es distribuido entre el sector transable y el no transable. La preferencia de los hogares está dada por la siguiente expresión:

$$U_t(C_t, L_{h,t}(j), L_{N,t}(j)) = E_t \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \left( \frac{C_t^{1-\sigma}}{1-\sigma} - \zeta \left( \int_0^{\gamma} \frac{L_{h,t}(j)^{1+\varphi}}{1+\varphi} dj + \int_{\gamma}^1 \frac{L_{N,t}(j)^{1+\varphi}}{1+\varphi} dj \right) \right) \quad (1)$$

El problema de los hogares es maximizar  $U_t$  escogiendo niveles de consumo y trabajo entre sectores,  $\beta$  es el factor de descuento,  $\zeta$  es un shock a las preferencias y  $\sigma$  es el coeficiente de la aversión relativa al riesgo.  $C_t$  es el índice de consumo de bienes finales por los hogares. Dentro de los hogares existe una fracción  $\gamma$  de trabajadores que laboran en el sector transable, mientras que la fracción  $(1-\gamma)$  trabaja en el sector no transable;  $L_{k,t}(s)$  es el monto de trabajo ofertado por el trabajador para la firma  $(s)$ , esta

<sup>12</sup> Backus y Smith (1993) usan el resultado de Devereux et al (1992) para mostrar las propiedades de las preferencias no separables sobre la completitud de los mercados.

<sup>13</sup> Ver Benigno y Thoenissen (2008) y Drozd and Nosal (2010).

<sup>14</sup> Un tópico muy discutido en la literatura es la anomalía en la relación entre el tipo de cambio real y el consumo relativo. La desagregación posibilita analizar la contribución de los shocks en el sector transable y no transable, en explicar o corregir la anomalía (ver Benigno y Thoenissen, 2008; y Selai y Tuesta, 2006).



firma es identificada en el rango  $(0, \gamma)$  si pertenece al sector transable ( $k \equiv h$ ) y en el rango  $(\gamma, 1)$  si se encuentra en el sector no transable ( $k \equiv n$ ). La ecuación de presupuesto está dada por la siguiente expresión:

$$P_t(C_t + \omega_c \Theta(C_t, VA_t)) + B_t = I_{t-1} B_{t-1} + \int_0^\gamma W_{ht}(j) (L_{ht}(j) - \omega_c \Theta(C_t, VA_t)) dj + \int_\gamma^1 W_{nt}(j) L_{nt}(j) dj + P_t R_t \quad (2)$$

El numerario se encuentra en términos de la moneda local.  $B_t$  es la tenencia de bonos al comienzo del período en moneda corriente,  $W_{k,t}(j)$  es el índice de salario nominal en el sector  $k = h, n$ , y que prevalece en la firma  $(j)$ .  $I_{t-1} \equiv 1 + i_t$  denota la tasa de interés bruta entre el período  $t-1$  and  $t$ .  $R_t$  son los flujos de remesas que la economía recibe en el período  $t$ . Los hogares transfieren costos de transacción que dependen de la medida relativa del consumo planeado. La medida de esta transferencia es denotada por la expresión  $\Theta(C_t, VA_t)$  donde  $VA_t$  es el valor añadido, en la próxima sección definiremos la forma de esta función. El parámetro  $(\omega_c)$  define el tamaño de la imperfección de mercados, el cual va a depender de algún múltiplo del parámetro  $\sigma$ . Analizamos en detalle esta función en la sección que discute la imperfección de mercados.

### 3.1.2. Decisiones de consumo agregado y trabajo

Los hogares maximizan la función de utilidad dada en (1) sujeto a la restricción dada en (2). En términos de la función de Bellman, los hogares resuelven el siguiente problema:

$$\max_{\{C_t, L_{ht}(j), L_{nt}(j)\}} V(B_{t-1}, R_{t-1}) = U_t(C_t, L_{ht}(j), L_{nt}(j)) + \beta V(B_t, R_t)$$

$V(B_{t-1}, R_{t-1})$  es la función de valor. Las condiciones de primer order son:

$$\frac{\partial V}{\partial C_t} \equiv C_t^{-\sigma} + \beta V'_B \frac{\partial B_t}{\partial C_t} + \beta V'_R \frac{\partial R_t}{\partial C_t} = 0$$

$$\frac{\partial V}{\partial L_{kt}(j)} \equiv \zeta L_{kt}(j)^\phi + \beta V'_B \frac{\partial B_t}{\partial L_{kt}(j)} + \beta V'_R \frac{\partial R_t}{\partial L_{kt}(j)} = 0$$

Las siguientes condiciones son dadas por el teorema de la envolvente

$$V'_B = \beta V'_B I_{t-1}$$

$$V'_R = \beta V'_R \frac{\partial B_t}{\partial R_{t-1}} + \beta V'_B \frac{\partial R_t}{\partial R_{t-1}}$$

La solución al problema de los hogares es conocido (Gali y Monacelli 2005). Así tenemos la siguiente condición de Euler, el cual incluye el costo de transferencias

$$\frac{1}{1+i_t} = \beta E_t \left( \left( \frac{C_{t+1}}{C_t} \right)^{-\sigma} \frac{P_t}{P_{t+1}} \frac{(1 + \omega_c \Theta(C_t, VA_t))}{(1 + \omega_c \Theta(C_{t+1}, VA_{t+1}))} \right) \quad (3)$$

$\Theta_c$  denota una derivada parcial de la función de costos con respecto al consumo.  $i_t$  es el retorno neto del bono. La ecuación (3) se puede reescribir sin pérdida de generalidad como sigue:

$$\frac{1}{1+i_t} = \beta E_t \left( \left( \frac{C_{t+1}}{C_t} \right)^{-\sigma} \left( \frac{P_t}{P_{h,t}} \right) \left( \frac{P_{h,t+1}}{P_{t+1}} \right)^{\Pi_{h,t+1}^{-1}} \frac{(1 + \omega_c \Theta_c(C_t, VA_t))}{(1 + \omega_c \Theta_c(C_{t+1}, VA_{t+1}))} \right)$$

El monto de trabajo ofertado dependerá de la medida relativa de utilidades marginales de consumo y trabajo.

$$\frac{U_{L_k}(L_{k,t})}{U'(C_t)} \equiv \zeta C_t^\sigma L_{kt}^\phi(j) \frac{(1 + \omega_c \Theta_c(C_t, VA_t))}{(1 - \omega_c \Theta_{VA}(C_t, VA_t))} \quad (4)$$

Esta medida relativa tiene que ser igual al salario real. En otros términos, la oferta laboral que hace el trabajador para el sector  $k$  y en la firma  $j$  se determina según la siguiente expresión:

$$L_{k,t}(j) = \left( \frac{W_{kt}(j)}{P_t} \right)^{\frac{1}{\phi}} \left( \frac{(1 + \omega_c \Theta_c(C_t, VA_t))}{(1 - \omega_c \Theta_{VA}(C_t, VA_t))} \zeta C_t^\sigma \right)^{\frac{1}{\phi}}$$

### 3.1.3. Las remesas

$R_t$  corresponde a los flujos de remesas disponibles en términos del índice general de precios de los bienes de consumo en cada período.  $R_t^i$  representa las remesas recibidas de los residentes nacidos en la economía local pero que viven y trabajan en el extranjero. Esta forma de remesas son determinadas por motivos altruistas o alguna forma diferente de ayuda no condicionada. Por otro lado, tenemos cierto monto de remesas  $R_t^d$  que responden al ciclo económico; esta parte de las remesas responde contraciclicamente. La forma funcional para el motivo altruista de las remesas es la siguiente:

$$\log(R_t^c) = \log(R_0) + \rho \log(R_{t-1}^c) + \sigma_R \xi_t$$

La expresión anterior es un proceso autorregresivo AR(1) con parámetro de persistencia  $\rho$ , el proceso presenta errores de naturaleza log-normalmente distribuidos con media cero y varianza  $\sigma_R^2$ . El flujo de remesas que dependen del ciclo económico  $R_t^d$  es caracterizado por la siguiente expresión:

$$\log(R_t^d) = \varrho \log\left(\frac{P_{h,t-1}Y_{h,t-1} + P_{N,t-1}Y_{N,t-1}}{P_{t-1}}\right) \quad (5)$$

donde  $\varrho < 0$  es la elasticidad de las remesas con respecto al producto agregado. La expresión para el flujo total de remesas es el siguiente:

$$R_t = R_t^d R_t^c$$

El migrante asigna estos recursos maximizando la siguiente preferencia:

$$U(R_T, R_N) = R_T^\omega R_N^{1-\omega}$$

$\omega$  es un parámetro clave que representa la medida de las preferencias del migrante por bienes transables en la economía local. El monto de remesas puede expresarse como  $R_t = \frac{P_{T,t}}{P_t} R_{T,t} + \frac{P_{N,t}}{P_t} R_{N,t}$ , siendo  $R_{T,t}$  y  $R_{N,t}$  el monto de remesas destinado a la compra de bienes transables y no transables, respectivamente. La derivación de las funciones de demanda es trivial. En el apéndice se desarrolla un modelo micro fundado que determina la medida de esta distorsión; el modelo basado en Castillo (2006) ofrece una explicación de esta distorsión. La medida de la distorsión se mide como la diferencia entre la fracción de las remesas que el migrante destina para la compra de bienes transables y la fracción de trabajadores en el sector transable, i. e.  $(\omega - \gamma)$ .

### 3.1.4. La demanda por bienes transables y no transables

Adicionalmente los hogares maximizan la función de utilidad escogiendo el consumo entre bienes transables y no transables  $C_{Tt}$  and  $C_{Nt}$ . En el equilibrio parcial el nivel de consumo  $C_t = \frac{P_{ht}C_{ht} + P_{Nt}C_{Nt}}{P_t}$  es constante así como también la distribución o asignación de las remesas entre estos bienes. Con respecto a la forma funcional, empleamos una especificación simple (Cobb-Douglas) para una derivación analítica (ver Ferrero, Svensson and Gertler, 2007); en otros términos elegimos una elasticidad de sustitución entre consumo de bienes transables y no transables igual a 1.

$$U_t(C_{Tt}, C_{Nt}|R_t) \equiv \frac{(C_{Tt} - \omega \frac{P_{T,t}}{P_t} R_t)^\gamma (C_{Nt} - (1-\omega) \frac{P_{N,t}}{P_t} R_t)^{1-\gamma}}{\gamma(1-\gamma)}$$

La expresión anterior incluye la "distorsión en las preferencias", esta distorsión surge por las diferentes asignaciones o reparticiones del monto de remesas entre bienes transables y no transables; una de estas asignaciones *ex-ante* es hecha por los migrantes que proveen cierto

monto de remesas cada período. La otra asignación la realizan las familias que viven y trabajan en la economía local y son precisamente estos agentes los que reciben las remesas.

Una vez establecidas las preferencias, los hogares necesitan encontrar el consumo óptimo entre los bienes transables y no transables; en otras palabras, los hogares enfrentan el siguiente problema:

$$\min_{\{C_{Tt}, C_{Nt}\}} P_{Tt}C_{Tt} + P_{Nt}C_{Nt} + \lambda(\bar{C}_t - C_t) \quad (6)$$

Las condiciones necesarias de primer orden son:

$$C_{Tt} = \gamma \left(\frac{P_{Tt}}{P_t}\right)^{-1} (C_t - R_t) + \omega R_t Q_{Nt}^{1-\gamma} \quad (7)$$

$$C_{Nt} = (1 - \gamma) \left(Q_{Nt} \frac{P_{Tt}}{P_t}\right)^{-1} (C_t - R_t) + (1 - \omega) R_t Q_{Nt}^{-\gamma} \quad (8)$$

Donde  $Q_{Nt}^{1-\gamma} = \frac{P_t}{P_{Tt}}$  y  $Q_{Nt}^{-\gamma} = \frac{P_t}{P_{Nt}}$  representan los precios relativos; cambiamos la notación por conveniencia y simplicidad. Nótese que si  $\omega = \gamma$  entonces la distorsión es igual a cero; las hogares asignan de acuerdo a sus preferencias.

Con el objetivo de utilizar las demandas en un modelo de equilibrio general necesitamos condiciones no solo para garantizar soluciones únicas sino también de no negatividad en algunas restricciones. Daremos más detalles en la sección de solución del modelo.

### 3.1.5. La demanda por bienes domésticos transables e importaciones de bienes finales

El consumo de bienes transables  $C_{Tt}$  es un agregado de bienes domésticos transables  $C_{ht}$  y de bienes importados  $C_{ft}$ .

$$C_{Tt} = \left( (1 - \alpha)^{\frac{1}{\eta}} C_{ht}^{\frac{\eta-1}{\eta}} + \alpha^{\frac{1}{\eta}} C_{ft}^{\frac{\eta-1}{\eta}} \right)^{\frac{\eta}{\eta-1}}$$

El valor del parámetro de apertura  $\alpha < 0.5$  muestra un sesgo hacia los bienes domésticos transables. La elasticidad de sustitución entre bienes domésticos transables y extranjeros está medido por el parámetro  $\eta$ . Se asume una especificación CES, dado que la elasticidad de sustitución es probable a ser alta entre estos bienes. Así, el problema que enfrentan los hogares es el siguiente:

$$\min_{\{C_{ht}, C_{ft}\}} P_{ht}C_{ht} + P_{ft}C_{ft} + \lambda(\bar{C}_T - C_T)$$



Así, dado el nivel de consumo  $C_T$  y precios  $P_{ht}$  y  $P_{ft}$ , la demanda óptima de estos bienes es expresada por las siguientes ecuaciones:

$$C_{ht} = (1 - \alpha) \left( \frac{P_{ht}}{P_t} \right)^{-\eta} C_{Tt} \quad (9)$$

$$C_{ft} = \alpha \left( \frac{P_{ft}}{P_t} \right)^{-\eta} C_{Tt}$$

### 3.2. Las firmas

#### 3.2.1. Sector de bienes finales

Dentro de cada sector  $K = h, N$ . El bien final puede ser obtenido ensamblando la variedad de bienes intermedios. Como se recuerda el parámetro denota el porcentaje de firmas comprometidas a producir bienes intermedios en el sector transable  $j \in (0, 1)$  identifica la firma cuyo proceso de producción toma lugar de acuerdo a la tecnología CES:

$$Y_{h,t} = \left( \gamma^{-\frac{1}{\varepsilon}} \int_0^1 Y_{ht}(j)^{\frac{\varepsilon-1}{\varepsilon}} dj \right)^{\frac{\varepsilon}{\varepsilon-1}}, \quad Y_{N,t} = \left( (1 - \gamma)^{-\frac{1}{\varepsilon}} \int_0^1 Y_{Nt}(j)^{\frac{\varepsilon-1}{\varepsilon}} dj \right)^{\frac{\varepsilon}{\varepsilon-1}}$$

Donde el parámetro  $\varepsilon$  es la elasticidad de sustitución entre los bienes intermedios, se asume que  $\varepsilon > 1$ . Minimizando el costo de ensamblar el agregado, la demanda por cada variedad de bienes intermedios está dado por la siguiente expresión:

$$Y_{h,t}(j) = \gamma^{-1} \left( \frac{P_{h,t}(j)}{P_{h,t}} \right)^{-\varepsilon} Y_{h,t} \quad (10)$$

$$Y_{N,t}(j) = (1 - \gamma)^{-1} \left( \frac{P_{N,t}(j)}{P_{N,t}} \right)^{-\varepsilon} Y_{N,t}$$

Así también, según el costo de cada variedad, el índice de precios relevante para cada bien final está dado por las siguientes expresiones:

$$P_{h,t} = \left( \gamma^{-1} \int_0^1 P_{ht}(j)^{1-\varepsilon} dj \right)^{\frac{1}{1-\varepsilon}}, \quad P_{N,t} = \left( (1 - \gamma)^{-1} \int_0^1 P_{Nt}(j)^{1-\varepsilon} dj \right)^{\frac{1}{1-\varepsilon}} \quad (11)$$

Se asume un mercado competitivo para el mercado de bienes finales.

#### 3.2.2. Sector de bienes intermedios

Asumiendo que las firmas actúan en forma competitiva en el mercado de trabajo doméstico la solución al problema de minimización de costos está dada por la expresión de los costos marginales nominales de la firma  $j$  en el sector  $k$ .

Definimos el costo marginal para las firmas que producen en el sector transable y no transable:

$$MC_{k,t}(j) = \frac{(1-v)W_{k,t}(j)}{\frac{\partial Y_{k,t}(j)}{\partial L_{k,t}(j)}} \quad (12)$$

Donde  $W_{k,t}(j)$  es la tasa de salario en la firma  $j$  y  $v$  es un porcentaje de subsidio a las firmas.

Con el objetivo de simplicidad en la nomenclatura podemos indexar la variedad con el identificador  $j$  el cual identifica a cada firma y monto de trabajo en el sector intermedio. La variedad  $j$  de bienes intermedios es solo producida por una clase de trabajo de tipo  $j$  de acuerdo a la función de producción para bienes domésticos transable y no transable, este proceso tiene la forma "Dixit-Stiglitz":

$$Y_{h,t}(j) = \iota A_{h,t} L_{h,t}(j)^{1-\kappa} M_t(j)^\kappa \quad (13)$$

$L_{h,t}(j)$  es el empleo de tipo  $j$  y  $A_{h,t}$  es el shock de productividad de la firma que produce bienes intermedios domésticos y transables, este impacto es común a todas las firmas dentro del sector. El parámetro  $\kappa$  representa la participación del *commodity* o insumo importado en el proceso de producción, y  $M_t(j)$  representa precisamente ese insumo importado. El parámetro  $\iota$  denota la expresión  $(\kappa(1-\kappa)^{1-\kappa})^{-1}$ . Tomando en cuenta la condición (12) y considerando formas funcionales definidas anteriormente tenemos lo siguiente:

$$Y_{h,t}(j) = \frac{1}{1-\kappa} A_{h,t} L_{h,t}(j) \left( (1 - v) \frac{W_{h,t}(j)}{P_{f,t}} \right)^\kappa \quad (14)$$

donde se utilizó una equivalencia del costo marginal, el siguiente lema establece esa equivalencia, esta forma alternativa es importante porque simplifica la derivación para obtener las demandas de trabajo agregadas:

**Lema 1:** El costo marginal de la firma intermedia ( $j$ ), que produce bienes domésticos y transables, es equivalente a la siguiente expresión:

$$MC_{h,t}(j) \equiv \frac{P_{f,t}}{\frac{\partial Y_{h,t}(j)}{\partial M_t(j)}}$$

La prueba de este lema está en Rojas y Castillo (2013d). Por definición, la minimización de costo implica que cada productor de la variedad escoge el monto de los insumos de forma óptima:

$$\frac{M_t(j)}{L_{h,t}(j)} = (1 - v) \frac{\kappa}{1 - \kappa} \frac{W_{h,t}(j)}{P_{f,t}} \quad (15)$$

Asumiendo simetría en las decisiones de costo de todas las firmas en el sector transable, tenemos la siguiente expresión:

$$\frac{M_t(j)}{L_{h,t}(j)} \equiv \frac{M_t}{L_{h,t}} = (1 - v) \frac{\kappa}{1 - \kappa} \frac{W_{h,t}}{P_t} \frac{1}{X_t Z_t^* \frac{P_{Tt}^*}{P_t^*}}$$

La función de producción para las firmas del sector no transable está dada por la siguiente expresión:

$$Y_{Nt}(j) = i A_{nt} L_{nt}(j) \quad (16)$$

La proposición siguiente establece la forma funcional de la demanda agregada por trabajo en los sectores transable y no transable:

**Proposición 1.** *Tomando en cuenta la función de producción para los bienes intermedios domésticos y transables dada en (17), y bajo el supuesto de competitividad en el mercado de insumos de producción, la demanda agregada de trabajo de las firmas domésticas en el sector transable está dada por la siguiente expresión:*

$$L_{ht} = \gamma(1 + du_{ht}) \left( \frac{(1 - \kappa)}{A_{ht} \left( \frac{(1 - v) \kappa C_t^g (1 + \omega_c \Theta_c(C_t, V A_t))}{X_t Z_t^* \frac{P_{Tt}^*}{P_t^*} (1 - \omega_c \Theta_{VA}(C_t, V A_t))} \right)^{\frac{1}{1 + \varphi \kappa}}} \right)^{\frac{1}{1 + \varphi \kappa}} Y_{ht}^{\frac{1}{1 + \varphi \kappa}}$$

De igual manera, tomando en cuenta la función de producción para los bienes intermedios no transables dada en (18) y bajo el supuesto de competitividad en el mercado de insumos de producción, la demanda agregada de trabajo de las firmas domésticas en el sector no transable está dada por la siguiente expresión:

$$L_{N,t} = \frac{(1 - \gamma)(1 + du_{Nt}) Y_{Nt}}{A_{Nt}}$$

donde

$$du_{h,t} \approx \theta du_{h,t-1} + \frac{1}{2} \frac{\theta}{1 - \theta} \left( \left( \frac{\varepsilon}{1 + \varphi \kappa} \right) \left( 1 - \frac{\varepsilon \varphi \kappa}{1 + \varphi \kappa} \right) \right) (\log \Pi_{ht})^2$$

$$du_{n,t} \approx \theta du_{n,t-1} + \frac{\varepsilon}{2} \frac{\theta}{1 - \theta} (\log \Pi_{nt})^2$$

Agregando sobre  $j$  y haciendo una aproximación de segundo orden (ver procedimiento de agregación en Woodford, 2003) se obtienen las demandas por trabajo en términos agregados, ver detalles en el apéndice de este documento, también se puede revisar más detalles de la derivación en Rojas y Castillo (2013d).

El índice del precio nominal del agregado de consumo es  $P_t$ , el cual está en función de los precios de transables y no transables  $P_{Tt}$ , and  $P_{Nt}$ , así tenemos la siguiente expresión:

$$P_t = P_{Tt}^\gamma P_{Nt}^{1-\gamma} \quad (17)$$

La minimización de costos por parte de las firmas sugiere que  $P_{Tt}$  puede ser expresada como una función de  $P_{ht}$  y  $P_{ft}$ ,

$$P_{Tt} = \left( (1 - \alpha) P_{ht}^{1-\eta} + \alpha P_{ft}^{1-\eta} \right)^{\frac{1}{1-\eta}} \quad (18)$$

Se asume que la ley de un solo precio se mantiene para los bienes transables. Siendo  $S_t$  el tipo de cambio nominal y denotamos el superíndice (\*) como el precio del mismo producto comercializado en el extranjero. Así tenemos que:

$$P_{gt} = S_t P_{gt}^* \quad (19)$$

siendo  $g = h, f$ .

### 3.2.3. Productividad de las firmas intermedias

El proceso de producción de las firmas intermedias están afectas a *shocks* de productividad. Así, el proceso de innovación sectorial toma la forma un proceso exógeno AR(1) con errores idénticamente e independientemente distribuidos:

$$\log A_{k,t} = \rho_k \log A_{k,t-1} + \sigma_{a_k} \varepsilon_{k,t}$$

donde nuevamente  $k$  identifica el sector donde se produce la innovación. Los parámetros  $(\rho_k, \sigma_{a_k})$  se calibran tomando en cuenta evidencia empírica. Para esto se toma en cuenta los resultados en Rojas y Castillo (2013c), trabajo en el cual se hacen regresiones de panel para identificar el tamaño de las innovaciones. Rojas y Castillo (2013c) toman en cuenta el impacto de las reformas estructurales en el corto plazo, los cuales podrían en principio sugerir ciertas correlaciones entre los errores de los procesos de productividades sectoriales.<sup>15</sup>

<sup>15</sup> Papageorgiou, Gaetano y Pratti (2010) y Christiansen, Schindler y Tressel (2009) encuentran evidencia también que las reformas estructurales, especialmente sobre el lado real y el financiero, están positivamente asociadas con alta productividad y crecimiento del producto per cápita. Ver también IDB (2013).

### 3.2.4. Determinación óptima de los precios

Los productores de las variedades son competidores monopolísticos y fijan sus precios en moneda local como en Calvo (1983); cada firma optimiza sus precios de venta con probabilidad  $(1 - \theta_k)$ . Asumimos que todos los productores que cambian sus precios se comprometen con un precio  $P_{kt}$ , el cual satisface lo siguiente:

$$\sum_{r=0}^{\infty} \theta^r E_t \left[ \Lambda_{t,t+r} Y_{k,t+r|t} (\bar{P}_{k,t} - \frac{\varepsilon}{\varepsilon-1} MC_{k,t+r|t}) \right] = 0 \quad (20)$$

donde  $Y_{k,t+r|t}$  es la demanda en el periodo  $t+r$  para el productor que modificó el precio de su producto intermedio en  $t$ :

$$Y_{k,t+r|t} = \left( \frac{\bar{P}_{kt}}{P_{kt}} \right)^{-\varepsilon} Y_{k,t+r} \quad (21)$$

$\Lambda_{t,t+r}$  es el *kernel* de precios que conllevan al cálculo de pagos nominales en el periodo  $t+r$ ;

$$\Lambda_{t,t+r} = \beta^r \left( \frac{C_{t+r}}{C_t} \right)^{-\sigma} \frac{P_t}{P_{t+r}}$$

$$\Lambda_{t,t+1} = \frac{1}{1+i_t}$$

$MC_{k,t+r|t}$  es el costo marginal nominal de producción en  $t+r$  para productores que fijan sus precios en el periodo  $t$ . Tomando en cuenta la expresión (15), el precio de los bienes finales transables y no transables está dado por:

$$1 = \left( (1 - \theta) \left( \frac{\bar{P}_{k,t}}{P_{k,t}} \right)^{1-\varepsilon} + \theta \Pi_{k,t}^{\varepsilon-1} \right)^{\frac{1}{1-\varepsilon}} \quad (22)$$

Podemos reescribir la inflación no transable en términos de los precios relativos y la inflación transable:

$$\Pi_{N,t+1} = \frac{Q_{N,t+1}}{Q_{N,t}} \Pi_{T,t+1}$$

Reexpresamos la condición (20) con el objetivo de tener una condición analítica para el cálculo computacional. Así tenemos el equivalente a la condición óptima de determinación de precios:

$$\frac{\bar{P}_{kt}}{P_{kt}} J_{kt} = \frac{\varepsilon}{\varepsilon-1} H_{kt}$$

$J_{k,t}$  y  $H_{k,t}$  son formas funcionales y que son mostradas en el apéndice de este documento. La forma funcional de las

curvas de Phillips para cada sector son establecidas en el siguiente postulado:

**Postulado 1.** La forma funcional de la curva de Phillips para los sectores transables y no transables es la siguiente (en términos log lineales):

$$\pi_{k,t} = \beta \pi_{k,t+1} + \frac{(1 - \theta_k)(1 - \theta_k \beta)}{\theta_k(1 + \varphi \varepsilon)} (mc_{k,t}^R - mc)$$

donde  $mc_{k,t}^R$  es el costo marginal real en el sector  $k$ ,  $mc$  es el estado estacionario del costo marginal y  $\pi_{k,t}$  es la variación de precios entre  $t$  y  $t-1$  en el sector  $k$ .

La derivación puede ser encontrada en Rojas y Castillo (2013d).

### 4. La respuesta del banco central

El banco central implementa cada periodo una regla de Taylor:

$$i_t = \rho + \phi_{\pi} \log \Pi_{ht} + \phi_y \tilde{y}_{ht} + v_t$$

Donde  $\tilde{y}_{ht}$  es la brecha de producto definida como  $\left( \frac{Y_{ht}}{Y_{ht}^n} \right) - 1$ , donde  $Y_{ht}^n$  representa el producto natural doméstico, el cual es obtenido del sistema asumiendo que no existe rigidez nominal. Donde  $\Pi_{ht}$  es la inflación bruta de los bienes domésticos y transables. La derivación del sistema natural puede ser encontrada en Rojas y Castillo (2013d).

### 5. Condición de repartición del riesgo

Siguiendo a Gali and Monacelli (2005) y suponiendo fricciones en la transferencia de recursos entre hogares, se define la condición de repartición internacional del riesgo. Así, tomando la condición (3) considerando una expresión similar para los hogares representativos en el resto del mundo, tenemos lo siguiente:

$$\frac{1}{1+i_t} = \beta E_t \left( \left( \frac{C_{t+1}^*}{C_t^*} \right)^{-\sigma} \frac{P_t^*}{P_{t+1}^*} \frac{S_t}{S_{t+1}} \right) \quad (23)$$

Combinando (3) y (23) y definiendo el tipo de cambio real como una relación de precios relativos entre países tenemos lo siguiente:

$$C_t = E_t \left( \left( \frac{C_{t+1}^*}{C_{t+1}} \right) \left( \frac{(1 + \varpi_c \Theta_c(C_{t+1}, VA_{t+1}))}{X_{t+1}} \right)^{-\frac{1}{\sigma}} \left( \frac{X_t}{(1 + \varpi_c \Theta_c(C_t, VA_t))} \right)^{\frac{1}{\sigma}} C_t^* \right)$$



Sin pérdida de generalidad se asume que las condiciones iniciales son simétricas,

$$E_t \left( \left( \frac{C_{t+1}^*}{C_{t+1}} \right) \left( \frac{(1+\varpi_c \Theta_c(C_{t+1}, VA_{t+1}))}{X_{t+1}} \right)^{-\frac{1}{\sigma}} \right)$$

La expresión anterior es una constante denominada  $\kappa$ . Finalmente tenemos la condición compartida de riesgo:

$$C_t = \kappa \left( \frac{X_t}{(1+\varpi_c \Theta_c(C_t, VA_t))} \right)^{\frac{1}{\sigma}} C_t^*$$

## 6. Mercados incompletos

Siguiendo a Schulhofer and Wohl (2011), se asume que la transferencia de recursos entre hogares es costosa.<sup>16</sup> Tomando en cuenta el trabajo de Chang and Catao (2012), se incluye estas transferencias como un costo extra  $(1+\varpi_c \Theta_{VA}(C_t, VA_t))$ . Este costo se encuentra en unidades del bien agregado final, la función  $\Theta(\cdot)$  denota una función cuadrática de costos:

$$\Theta(C_t, VA_t) = \frac{C_t}{2} \left( \log \left( \frac{C_t}{VA_t} \right) \right)^2$$

donde

$$\varpi_c = \sigma \left( \frac{1}{\psi} - 1 \right)$$

Así,  $\psi$  representa el grado de completitud de los mercados; este parámetro yace en el rango entre 0 y 1. Si el parámetro  $\psi$  es igual a 1 entonces el mercado es completo, si el parámetro  $\psi$  es igual a cero entonces la economía local sufre de una autarquía. La función de costos depende del consumo  $C_t$  y del valor agregado real  $VA_t$ , este último tiene la siguiente forma funcional:

$$VA_t = \frac{P_{ht}}{P_{Tt}} \frac{P_{Tt}}{P_t} Y_{ht} + Q_{nt} \frac{P_{Tt}}{P_t} Y_{Nt} - X_t Z_t^* \frac{P_{Tt}}{P_t^*} M_t$$

Donde  $Z_t^* = P_{Tt}^*/P_{Tt}$  es el precio relativo de bienes importados provenientes del resto del mundo (ver Chang and Catao, 2012). Adicionalmente, es valioso mencionar que el resto del mundo no tiene costos en las transferencias de sus recursos.

<sup>16</sup> Para más detalles ver Schulhofer-Wohl (2011). El autor asume que si la familia  $i$  tiene una renta  $Y_i$  y consume  $C_i \neq Y_i$ , entonces una cantidad adicional  $\varpi_c(\Theta(C_i, Y_i))$  de bienes de consumo es destruida, donde  $\varpi_c \geq 0$ . El parámetro  $\varpi_c$  mide la dificultad que tienen las familias para asegurarse contra el riesgo.

## 7. Equilibrio

Definimos el equilibrio en las siguientes líneas:

**Definición 1. Equilibrio.** Existe un vector de precios que determina las siguientes identidades o igualdades para el sector transable y no transable

$$Y_{Nt} = C_{Nt}$$

$$Y_{ht} = (1 - \alpha) \left( \frac{P_{ht}}{P_{Tt}} \right)^{-\eta} C_{Tt} + \phi \left( X_t^{-1} \frac{P_{ht}}{P_{Tt}} \left( \frac{Q_{nt}^*}{Q_{nt}} \right)^{1-\gamma} \right)^{-\lambda} C_{Tt}^*$$

$$\equiv C_{h,t} + C_{h,t}^*$$

$$L_{h,t}^d = L_{h,t}^s$$

$$L_{n,t}^d = L_{n,t}^s$$

$$B_t + B_t^* = 0.$$

Donde  $\lambda$  representa la elasticidad precio de la demanda extranjera (agregada) por nuestros bienes domésticos y transables  $C_{h,t}$ .  $\phi$  es una constante. Mercados internacionales deben vaciarse i.e  $B_t + B_t^* = 0$ . Si todas las igualdades son cumplidas, por ley de Walras, la producción de bienes extranjeros transables iguala la demanda respectiva.

## 8. Tipo de cambio real y términos de intercambio

Se asume que  $P_t^*$  el precio internacional del bien de consumo final extranjero, es completamente exógeno.<sup>17</sup> El tipo de cambio real, por definición, se puede expresar de la siguiente manera:

$$X_t = \frac{S_t P_t^*}{P_t} \quad (24)$$

En esta sección establecemos la relación entre el tipo de cambio real y los términos de intercambio. La siguiente proposición tiene el objetivo de mostrar que existe (en términos teóricos) una ambigüedad en el signo de la correlación entre estas dos variables, esto sería muy importante para el modelo que proponemos, porque apoyaría los hallazgos empíricos para economías de renta media baja. Al respecto, Rojas y Castillo (2013b),

<sup>17</sup> Para simplificar el álgebra, asumimos que las importaciones son una proporción con respecto a la canasta básica mundial, comparada a la doméstica. Como resultado de esto, cambios en los precios domésticos en moneda extranjera no tienen efecto sobre el índice de precios al consumidor mundial relativo al doméstico.

utilizando estimaciones de panel, muestran que la relación entre los términos de intercambio y el tipo de cambio real es nula en términos estadísticos. Antes de establecer la proposición, tenemos un par de definiciones,

**Definición 2.** El tipo de cambio real interno es definido como

$$Q_{nt} = \frac{P_{N,t}}{P_{T,t}}$$

**Definición 3.** El tipo de cambio real no transable es definido como

$$X_{nt} \equiv \left( \frac{Q_{nt}^*}{Q_{nt}} \right)^{1-\gamma}$$

Donde  $Q_{nt}^*$  es una medida de tipo de cambio real externo

**Definición 4.** El tipo de cambio real transable es equivalente a la siguiente expresión:

$$X_{T,t} \equiv \frac{X_t}{X_{nt}}$$

Los términos de intercambio son definidos en forma convencional  $Q_t = \frac{P_{ht}}{P_{ft}}$ , así también se puede demostrar fácilmente que el precio relativo  $\frac{P_{ht}}{P_t}$  puede definirse en términos del tipo de cambio interno, exactamente como  $Q_{nt}^{-1}$

**Proposición 2.** La decisión óptima de determinación de precios por los productores, asumiendo que la ley de un solo precio se cumple para bienes domésticos transables y bienes importados, puede reescribirse como:

$$Q_t = X_{T,t} Z_t^* \left( (1 - \alpha) + \alpha Q_t^{1-\eta} \right)^{\frac{1}{1-\eta}}$$

Donde  $Z_t^*$  es la razón de precios entre insumos importados y bienes transables producidos en el exterior.

La prueba de esta proposición se encuentra en el apéndice de Rojas y Castillo (2013d). La relación anterior tiene similitud con la conexión que hacen Chang y Catao (2012) entre el tipo de cambio real y términos de intercambio. Nuestra proposición sugiere un mayor detalle en la relación detrás de la dinámica de los agregados; específicamente se establece que existe una conexión muy cercana entre el tipo de cambio real transable y los términos de intercambio; dependiendo de la magnitud del shock  $Z_t$  y de las fluctuaciones de  $X_{N,t}$ , el tipo de cambio real y los términos de intercambio podrían moverse en direcciones opuestas y así la correlación sería

débil. Así concluimos, en los mismos términos que Chang y Catao (2012), que la relación agregada podría ser negativa si los shocks a los precios de los bienes transables domésticos e importados son importantes en términos cuantitativos.

**Lema 2.** El precio del bien transables se relaciona con el tipo de cambio de la siguiente manera:

$$1 = (1 - \alpha) \left( \frac{P_{ht}}{P_{Tt}} \right)^{1-\eta} + \alpha \left( Z_t^* X_t \frac{P_{Tt}^*}{P_t} \right)^{1-\eta}$$

La prueba de este lema se encuentra en el apéndice de Rojas y Castillo (2013d).

## 9. Cuentas externas

### 9.1. La cuenta corriente

La expresión para la cuenta corriente refleja el cambio neto de la tenencia de bonos:

$$CA_t = \frac{B_t}{P_t} - \frac{B_{t-1}}{P_t}$$

### 9.2. Tenencia de bonos nominales

La dinámica de los bonos  $B_t$  es la siguiente:

$$\frac{B_t}{P_t} = (i_{t-1} + 1) \frac{B_{t-1}}{P_{t-1}} + \frac{P_{ht}}{P_t} Y_{ht} - \frac{X_t Z_t^* P_{Tt}^*}{Q_t \frac{P_{ht}}{P_t} P_t^*} C_{Tt} + R_t$$

### 9.3. La balanza comercial de bienes

La balanza comercial está dada por la siguiente expresión:

$$BC_t = \frac{P_{ht}}{P_{Tt}} \frac{P_{Tt}}{P_t} Y_{ht} - \frac{X_t Z_t^* P_{Tt}^*}{Q_t \frac{P_{ht}}{P_t} P_t^*} C_{Tt}$$

## 10. Solución del modelo

La solución del modelo es estándar en la literatura (ver Sims, 2000; Michelacci, 2006; Uribe y Schmidt-Grohe, 2003; Collard y Julliard, 2001; Dejong, D. y Dave, 2007). Se sugiere revisar Rojas et al (2010) para un completo detalle acerca de los métodos de solución y literatura relacionada. El método general sugiere que el modelo debe tener la siguiente representación:

$$\Gamma_0 \begin{bmatrix} S_{t+1} \\ E(X_{t+1}) \end{bmatrix} = \Gamma_1 \begin{bmatrix} S_t \\ X_t \end{bmatrix} + \Lambda + \Psi Z_t$$

Donde  $S_t$  es el vector de estados en el periodo  $t$ ,  $X_t$  es un vector de variables de control,  $Z_t$  es un vector de shocks exógenos,  $\Lambda$  es un vector de constantes.

## 11. Estimación y calibración de los parámetros del modelo

En esta sección analizamos el proceso de estimación y calibración respectiva de los parámetros estructurales del modelo teórico, así también se evalúa el desempeño del modelo en términos de la replicación o capacidad de reproducción de los momentos muestrales para Guatemala y para el grupo de países de renta media baja.

En primer lugar, la elección de la parametrización se basó en la minimización de la distancia entre lo que el modelo predice y los datos, este proceso es el equivalente al primer paso de estimación por el método generalizado de momentos (GMM), en el cual los pesos para cada uno de los momentos son todos iguales. Refinamos la búsqueda utilizando una matriz de pesos eficiente, procedimiento que busca minimizar las distancias ponderadas por la varianza de los datos. En el apéndice de este documento mostramos con más detalle la construcción del estimador. La estimación es identificable y en algunos casos recurrimos a estimar el modelo con un test de sobreidentificación. Los momentos a replicar son las desviaciones estándar entre el tipo de cambio real, remesas, producción transable y no-transable en términos de la desviación estándar del producto total. Asimismo consideramos las correlaciones cruzadas con el producto de todas estas variables. Como es habitual se fijan algunos parámetros y se estiman los demás. Los primeros parámetros son fijados a valores que provienen de estudios empíricos que suponen equilibrio parcial. Nosotros reportamos resultados sobre el rango de ciertos parámetros para contraste; así evitando algunas controversias o consideraciones en nuestra calibración. También tenemos en consideración que el modelo pueda sostener la medida empírica de las remesas en términos del producto; consideramos este ratio como uno de largo plazo. Por ejemplo, para el caso de las economías de renta media baja un ratio de alrededor de 5%, Guatemala tiene este ratio cercano al 10%.

En el sector de los hogares existen 4 parámetros a calibrar y 4 parámetros a estimar. Los parámetros a estimar son: i) la inversa de la elasticidad de oferta laboral ( $\varphi$ ), ii) la elasticidad de sustitución entre bienes domésticos y extranjeros ( $\eta$ ), iii) el costo de transferencia ( $\varpi$ ) es determinado por la medida de imperfección de mercados dado por el parámetro  $\psi$ , este parámetro se ubica dentro del rango (0,1); iv) la proporción de las remesas gastada en bienes transables ( $\omega$ ). Los parámetros a calibrar son los siguientes: i) la proporción de

trabajadores en el sector de transables ( $\gamma$ ), de acuerdo a datos del banco mundial, esta proporción en el periodo 2000-2010 se ha ubicado alrededor de 0.58 para los países de renta media, el sector servicios ha absorbido gran parte del empleo proveniente del sector agrícola y se encuentra en un crecimiento importante, tomando en cuenta que el empleo agrícola tuvo una marcada disminución desde los noventa, nosotros consideramos 0.57, para Guatemala tenemos 0.56; ii) el grado de apertura ( $\alpha$ ) es fijado en 0.4 y iii) el factor de descuento ( $\beta$ ) es fijado a 0.99 y iv) La inversa de la elasticidad de sustitución entre consumo presente y futuro ( $\sigma$ ) o el coeficiente de aversión al riesgo que es fijado en 1.23. Este último parámetro fue considerado en las estimaciones, resultados muestran que este parámetro fluctúa entre 1.20 a 1.28. El sector de producción tiene 2 parámetros a estimar y 4 parámetros a calibrar. Los 2 parámetros a estimar son las rigideces nominales a la calvo para el sector transable y no transable ( $\theta_n$ ) y ( $\theta_{\pi}$ ). Los parámetros a calibrar son: i) la elasticidad de sustitución entre variedades producidas localmente ( $\varepsilon$ ) que es fijado en 6 y ii) la proporción de *inputs* importados para la producción de bienes locales ( $k$ ) fijado en 0.10.

El sector externo tiene solo tres parámetros a calibrar. Los parámetros a calibrar son: i) la elasticidad precio de demanda extranjera por bienes locales ( $\lambda$ ), este es fijado a 1; ii) la elasticidad de las remesas a las fluctuaciones del producto ( $\varrho$ ), el cual –según estimaciones mostradas en el apéndice– es alrededor a -0.40, este valor proviene de estimaciones usando paneles de datos para las economías de renta media baja (ver Rojas, 2013), y iii) El índice de demanda interna es fijado a 1. Implementamos una calibración que representa la implementación de un régimen de metas de inflación estricto.<sup>18</sup> La respuesta del banco central a fluctuaciones de la inflación ( $\phi_{\pi}$ ) es estimada en el GMM, así como también estimamos cierto gradualismo en la implementación de las políticas ( $\phi_i$ ). Fijamos a 0 el valor de respuesta de la tasa de interés a fluctuaciones del producto ( $\phi_y$ ); esto último tiene una razón técnica más que económica y/o estadística en la solución de nuestro modelo, al parecer valores diferentes de cero hacen difícil el cálculo de un estado estacionario en el modelo. Sin embargo, las estimaciones sitúan los demás coeficientes en valores dentro de lo encontrado por la literatura de reglas de política, incluso con una respuesta nula a las fluctuaciones del producto.

<sup>18</sup> Un régimen de metas de inflación estricto es aquel que garantiza que las fluctuaciones de los precios se encuentren siempre cercano a la meta inflación.



Los procesos exógenos son calibrados según estimaciones econométricas y estudios previos. Las desviaciones estándar de los *shocks* de productividad en los sectores transable ( $\sigma_T$ ) y no transables  $\sigma_N$  provienen de estimaciones econométricas en Rojas y Castillo (2013c) que los estiman 0.02 y 0.04, respectivamente. La desviación estándar de los *shocks* de precios de importaciones ( $\sigma_z$ ) es fijada en 0.03 según Catao y Chang (2010). La desviación estándar del *shock* de política monetaria ( $\sigma_v$ ) es fijada en 0.006 según Catao y Chang (2010). La tabla 1 muestra los valores de calibración para todos los parámetros del modelo según la literatura existente. La tabla 2 muestra los valores estimados por el GMM; las columnas (a) y (b) muestran las estimaciones para los países de renta media baja, siendo la primera columna la estimación del primer paso, mientras que la columna b muestra la estimación eficiente con una matriz de ponderación que se mantiene fija a través de las iteraciones. Las columnas (c) y (d) se refieren al mismo procedimiento anterior pero para el caso específico de Guatemala, es valioso mencionar que para esta estimación sólo tenemos disponible 22 años.

Tabla 1: Valores de calibración

Parámetro	Símbolo	Valor
Factor de descuento	$\beta$	0.990
Coefficiente de aversión al riesgo	$\sigma$	1.280
Grado de apertura	$\alpha$	0.400
Coefficiente de la brecha de producto en la regla de Taylor	$\phi_y$	0.000
Persistencia del shock de política monetaria	$\rho_v$	0.600
Persistencia del shock de precios importados	$\rho_z$	0.750
Elasticidad de sustitución entre variedades producidas	$\varepsilon$	6.000
Elasticidad de remesas a las fluctuaciones de producto	$\varrho$	-0.420
Índice de demanda externa	$C_x$	1.000
Participación de insumos importados en la producción	$\kappa$	0.100
Elasticidad precio de la demanda extranjera por bienes domésticos	$\lambda$	0.200
Fracción de trabajadores en el sector transable	$\gamma$	0.400
S. D. del shock de política monetaria	$\sigma_v$	0.006
S. D. del shock de precios de bienes importados	$\sigma_z$	0.006
S. D. del shock de productividad en el sector transable	$\sigma_{AT}$	0.042
S. D. del shock de productividad en el sector No-transable	$\sigma_{AN}$	0.030

Para Guatemala y el grupo de países de renta media baja, el procedimiento de estimación sugiere un valor puntual de la elasticidad de sustitución entre bienes domésticos transables y foráneos bastante alta, alrededor de 2. El estimador GMM de panel puede identificar este parámetro con precisión para el caso de los países agrupados pero no así para el caso de Guatemala. El parámetro de imperfección de mercados se sitúa alrededor de 0.5, un valor bajo e intermedio pero dentro del rango establecido por la literatura para países en vías de desarrollo (Chang y Catao, 2011). El estimado de la inversa de la elasticidad de sustitución del trabajo tiene una varianza estimada pequeña, lo cual hace posible rechazar la insignificancia estadística para los países agrupados y para Guatemala. La conclusión sobre el tamaño de la rigidez de precios es imprecisa en términos estadísticos para los países de renta media baja, mas no así para el caso específico de Guatemala, el estimador sitúa esta rigidez bastante alta, alrededor de 0.90. El sector transable presenta una mayor flexibilidad relativa con respecto al sector no transable en términos de rigideces de precios. La estimación indica que no existen –en términos estadísticos– conductas de suavización en la implementación de la política monetaria. Para el caso de los países agrupados, la respuesta del banco central a desviaciones de la inflación de la meta de estado estacionario es alrededor de 1.42, el estimador puntual de esta respuesta para el caso de Guatemala es muy similar pero es impreciso en términos estadísticos. Este valor es muy cercano a la literatura sobre reglas de Taylor. El parámetro que mide las preferencias de los migrantes por los bienes transables es significativo y en alrededor de 0.44 y 0.31 para el caso de los países categorizados como de renta media baja y Guatemala, respectivamente. El tamaño de las distorsiones en las preferencias se miden en términos de distancia al parámetro ( $\gamma$ ), así se puede concluir que para los países de renta media baja la distorsión es de alrededor de 0.04, el signo indica que existe un sesgo hacia bienes no transables. En particular para Guatemala la distorsión es mayor y también sesgada hacia el consumo de bienes no transables. En la próxima sección tomaremos los estimadores puntuales y la medida de *distorsión en las preferencias* y analizaremos el *shock* a las remesas en el equilibrio general. Antes de pasar a la otra sección, evaluaremos en términos de replicación de momentos la calidad de la estimación y calibración anterior.

Tabla 2: Estimación por el Método Generalizado de Momentos

Parámetros	Valores iniciales	(a)	(b)	(c)	(d)
$\eta$	1.40	1.8773	1.8936*** (0.6159)	2.1153	2.1200 (3.5624)
$\psi$	0.88	0.5001	0.4982** (0.2018)	0.4982	0.4982 (0.4216)
$\varphi$	6.54	1.7202	2.3493*** (0.1218)	2.9126	2.8240*** (0.3368)
$\theta_h$	0.80	0.3107	0.2458 (3.9062)	0.8521	0.8230*** (0.1798)
$\theta_n$	0.80	0.2879	0.2211 (4.0669)	0.9097	0.9162*** (0.0405)
$\phi_\pi$	1.25	1.4059	1.4167** (0.6053)	1.7678	1.5281 (2.0733)
$\phi_i$	0.15	0.02077	0.0000 (0.9999)	0.0001	0.0000 (0.9999)
$\omega$	0.75	0.4405	0.4433*** (0.07638)	0.3180	0.3067*** (0.1017)

La tabla 3 muestra los momentos muestrales y los momentos conseguidos por el procedimiento de calibración y estimación. La parametrización base para los países de renta media baja produce un ajuste bastante regular a los momentos muestrales con excepción de la correlación del tipo de cambio real y de las remesas con el producto, el primero puede ser visto a una proxy de la correlación entre el tipo de cambio real y el consumo relativo (condición de repartición del riesgo o “*risk sharing*”). Nuestro modelo, al parecer, no escapa de la crítica relacionada al intento fallido de los modelos en replicar la anomalía del tipo de cambio real con el consumo relativo. Podemos intentar dos explicaciones: i) Es importante mencionar que la ponderación producto de la estimación del primer paso del GMM también juega un rol en establecer la cercanía del estimador de momentos a los momentos muestrales;<sup>19</sup> y ii) Hemos establecido que la demanda externa es constante, este es un supuesto que debería ser relajado para permitir fluctuaciones de las utilidades marginales del consumo en forma relativa.

<sup>19</sup> El peso no solo está establecido por la varianza sino también por las correlaciones.

Tabla 3: Momentos para los países de renta media baja

Variable	Parametrización		$\omega = 1$	$\omega = 0$	$\omega = \gamma$
	Datos	base			
Desviación estándar relativa al producto total					
Producto transable	1.1501	1.6118	2.2950	2.0438	1.5965
Producto no transable	1.2164	1.0328	1.9524	1.0088	0.9868
Tipo de cambio real	1.5045	1.5277	1.6450	1.5568	1.5262
Remesas	7.9647	7.8738	6.8691	8.5330	7.9439
Correlación con el producto					
Producto transable	0.8410	0.7975	0.4997	0.7464	0.8233
Producto no transable	0.7981	0.7873	0.4461	0.7253	0.8095
Tipo de cambio real	0.0461	0.5321	0.4549	0.5712	0.5371
Remesas	0.1001	-0.0876	0.0288	-0.0197	-0.0876

En el caso de Guatemala es notable que el modelo neokeynesiano con remesas tenga la capacidad de replicar el tamaño relativo de la volatilidad de las remesas y del tipo de cambio real, así como también la correlación del producto con el producto transable y no transable (ver tabla 4). La correlación negativa entre el producto y las remesas indica que el modelo puede capturar la dirección de las fluctuaciones, sin

embargo, haciendo el contraste en términos empíricos, la correlación no sería tan elevada. Creemos que esta caída en la correlación está influenciada en forma importante por la crisis financiera originada en los Estados Unidos a fines del 2008. La medida de la distorsión de las preferencias, aunque pequeña, tiene importantes cambios en las desviaciones estándar y correlaciones entre las variables. Si no existiesen

estas distorsiones, el modelo puede sugerir que las fluctuaciones del sector no transable sea más volátil. El modelo con *distorsiones en las preferencias* sugiere una correlación de la producción transable con el del producto más cercana a lo encontrado en los datos. En el caso de

las fluctuaciones del producto transable, un modelo con o sin distorsiones no puede replicar el tamaño relativo de la volatilidad en este sector. Diferencias mínimas se encuentran entre los demás momentos cuando se contrasta la importancia de las *distorsiones en las preferencias*.

Tabla 4: Momentos para Guatemala

Variable	Parametrización		$\omega = 1$	$\omega = 0$	$\omega = \gamma$
	Datos	base			
Desviación estándar relativo al producto total					
Producto transable	0.5162	1.0882	1.4896	2.4899	0.9197
Producto no transable	0.9809	1.3638	2.9332	1.3796	1.5426
Tipo de cambio real	2.9507	2.6339	2.1477	2.7591	2.5661
Remesas	14.2635	13.8930	9.2926	15.257	13.2900
Correlación con el producto					
Producto transable	0.7266	0.5640	-0.6432	0.5399	0.3673
Producto no transable	0.9807	0.9108	0.9377	0.5925	0.9309
Tipo de cambio real	0.1056	0.8794	0.7512	0.8888	0.8661
Remesas	-0.2641	-0.6189	-0.8602	-0.4015	-0.6713

## 12. Resultados

En esta sección analizamos la respuesta de los precios relativos ante un *shock* temporal de 1% en el flujo de las remesas, un monto equivalente a 10% del ingreso mensual por este concepto, y 2.8% en términos trimestrales de los flujos promedio calculados para el 2013. Todos los efectos se calculan con respecto al estado estacionario y las variaciones se refieren a periodos trimestrales. Revisamos solo el impulso respuesta para Guatemala y consideramos con fines de comparación casos extremos para el parámetro  $\omega$ , esto es cuando las preferencias de los migrantes representadas por la fracción de las remesas, destinadas al consumo de bienes transables, toman el valor de 0 y 1. Incluimos también el valor de  $\omega$  que hace que la *distorsión en las preferencias* sea igual a cero, así cualquier *shock* de remesas es considerado un *shock* de renta nominal. Dejamos como un ejercicio de comparación los resultados para los países de renta media baja (gráficos 2 y 3). Los gráficos 4 y 5 muestran los impulsos respuesta de un *shock* de 1% en las fluctuaciones de las remesas con respecto al estado estacionario. La producción no transable cae alrededor de -0.22% y la producción transable aumenta alrededor de 0.25%. El aumento de la producción transable se distribuye en

un aumento de la cantidad de las exportaciones y de la cantidad vendida en el mercado local. El consumo local del bien doméstico transable se expande en 0.18%, sin distorsiones este consumo llegaría a crecer 0.20%. El tipo de cambio real transable se deprecia 0.15%, lo que significa que un bien transable extranjero equivale ahora a un mayor número de bienes transables locales. El tipo de cambio real no transable se aprecia alrededor de 0.26%, este efecto conduce en términos netos a una apreciación del tipo de cambio real, el cual es alrededor de 0.10%. Los términos de intercambio crecen alrededor de 0.2% y lo más resaltante de esta simulación es la correlación negativa entre esta variable y el tipo de cambio real; este hallazgo extiende las conclusiones en Chang y Catao (2012), quienes sugieren que una relación negativa puede surgir cuando la economía está expuesta a *shocks* externos en los precios de las importaciones; nuestra investigación sugiere que un *shock* de las remesas puede tener el mismo efecto. La inflación doméstica crece casi 0.03 puntos porcentuales. La variación en los precios de los bienes domésticos transables crece 0.37 puntos porcentuales. En el mercado laboral existe una recomposición importante. El salario real en el sector doméstico transable crece 0.45% motivado por el aumento de la demanda por bienes transables. El salario en el sector no transable retrocede



en 0.25%. El número de horas de trabajo cambian en 0.18% y -0.22% en el sector transable y no transable, respectivamente. El comportamiento de los costos marginales indica que producir un producto adicional cuesta un 0.6% más en el sector transable, mientras que en el sector no transable existe una disminución de este costo en alrededor de 0.82%. La cuenta corriente registra un superávit de casi 0.2 puntos porcentuales como producto

del mayor influjo de las remesas, luego es influenciado por el ajuste de los bonos en su regreso al estado estacionario. El valor de las exportaciones –i. e. en términos del bien agregado– disminuye -0.013%. En todos los casos, los efectos se amplifican cuando la fracción  $\omega$  es cercana a 1. En todos los casos, debido a que  $\omega$  es ligeramente menor a  $\gamma$ , se tiene un impacto menor al caso de un *shock* nominal de renta neto ( $\omega=\gamma$ ).

Gráfico 2: Impulso respuesta para países de renta media baja

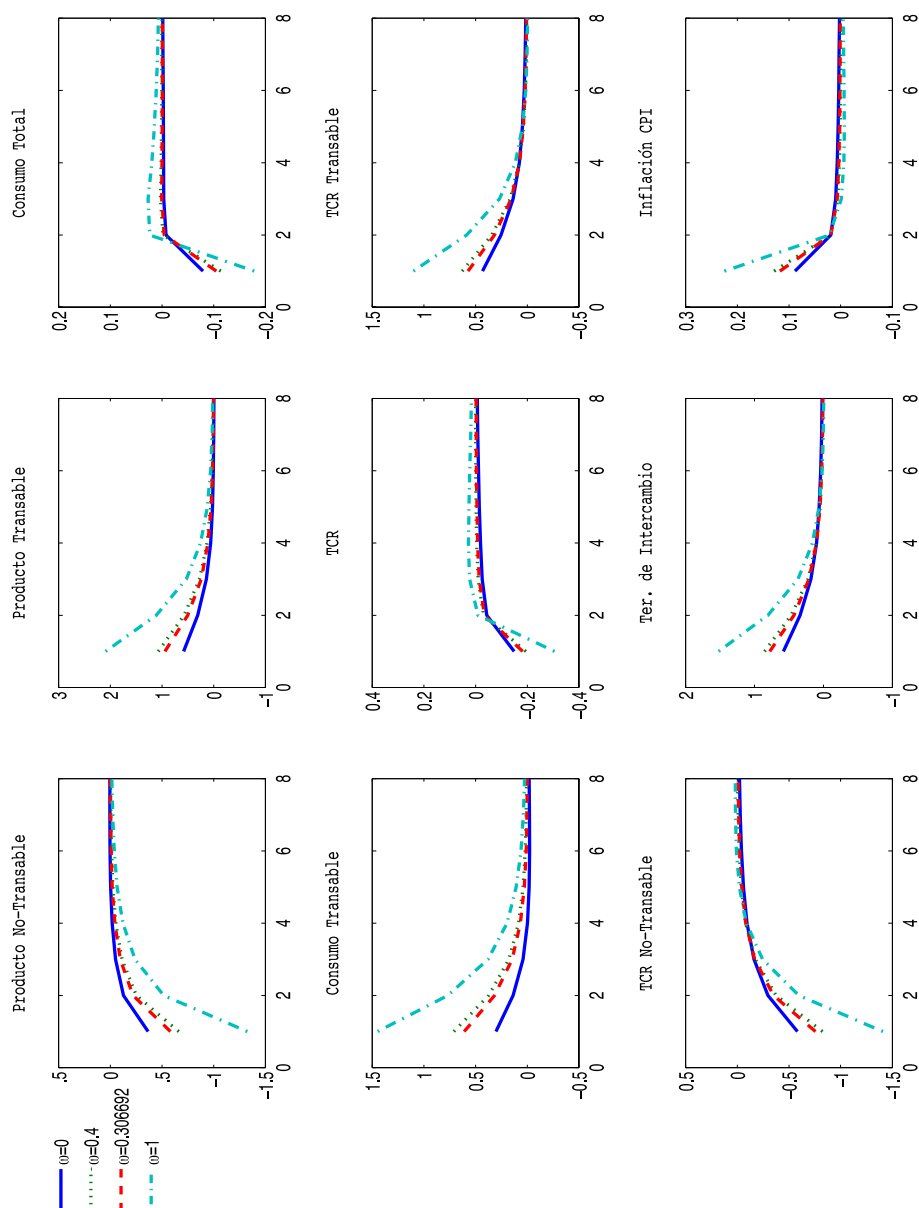


Gráfico 3: Impulso respuesta para países de renta media baja

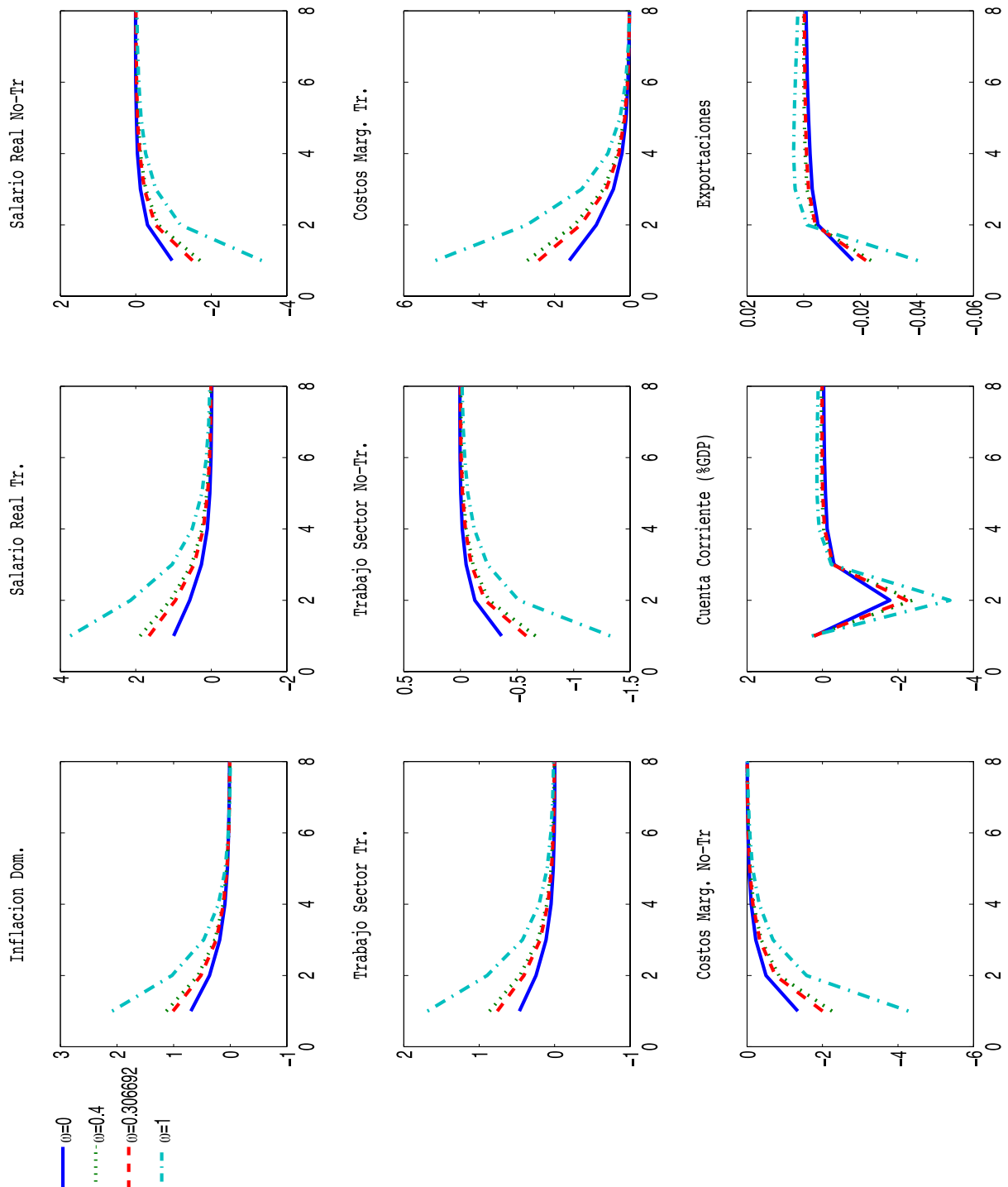


Gráfico 4: Impulso respuesta para Guatemala

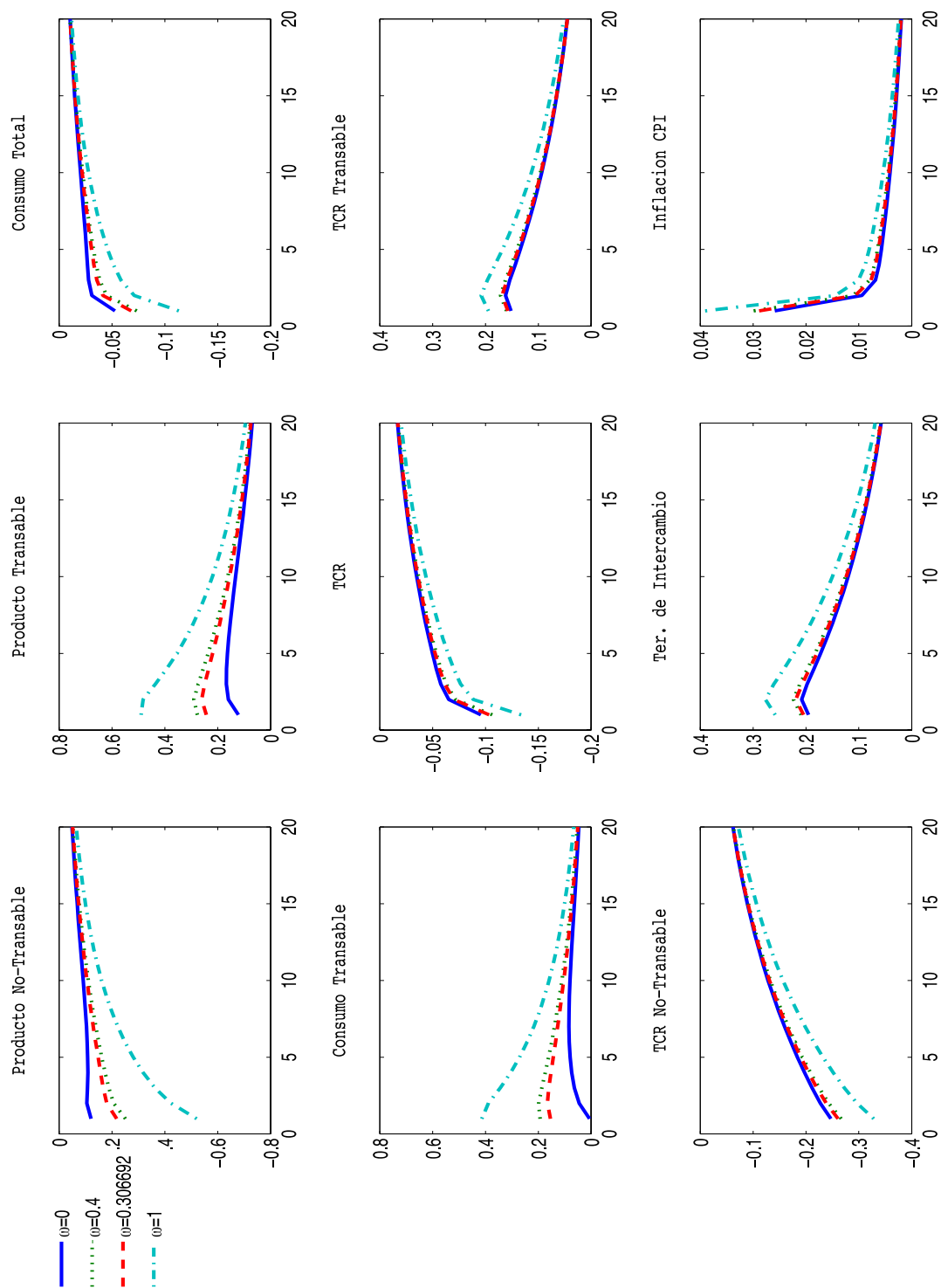
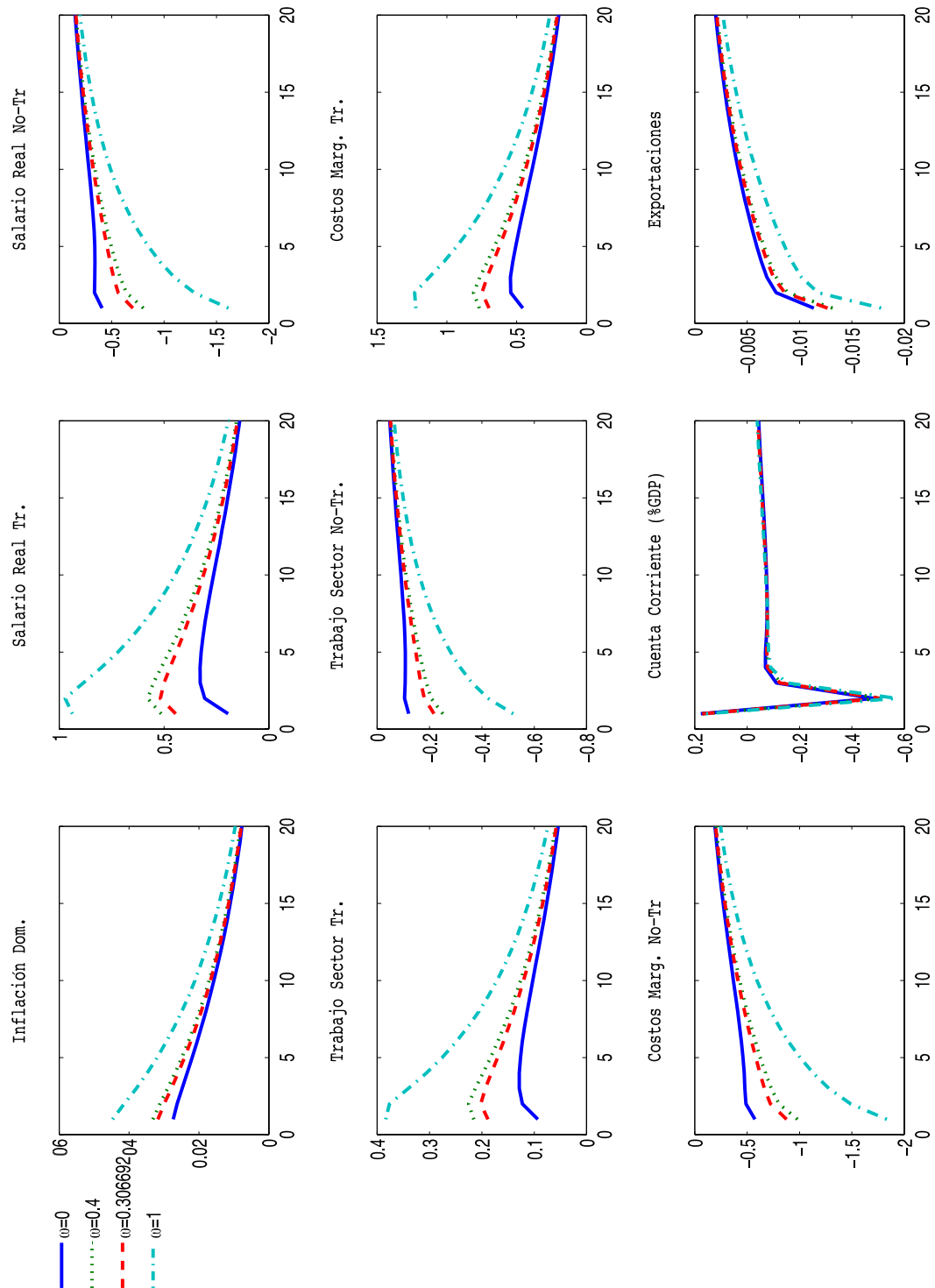




gráfico 5: Impulso respuesta para Guatemala



### 13. Conclusiones

En las primeras secciones hemos mostrado rigurosidad matemática para construir un modelo con flujo de remesas. En este modelo los consumidores asignan óptimamente entre bienes transables y no transables. El sector productivo tiene productores de bienes intermedios y finales; el bien producido en la economía local es producido utilizando trabajo local e insumos importados. El modelo propuesto tiene una importante característica en sus formas funcionales que permite asociarlo con uno que presenta rasgos de mercados incompletos. Uno de los objetivos de este trabajo es proveer una metodología para medir el efecto de los flujos de remesas en variables clave para la política monetaria como inflación, cuenta corriente, precios relativos entre sectores y producción. Así también medimos el impacto en otras variables sectoriales tales como horas de trabajo y salarios reales. Una novedad de nuestra aproximación es que ampliamos el modelo estándar de remesas incorporando un hecho poco estudiado en la literatura, hecho al que llamamos “*distorsión en las preferencias*”, el cual surge de las diferencias entre las asignaciones de consumo que los migrantes y sus familias disponen para las remesas. Es valioso mencionar que usualmente la literatura se refiere a distorsiones en el consumo como procesos exógenos estocásticos, este no es el caso donde la distorsión proviene de un modelo micro fundado.

La estimación por GMM de la fracción de remesas que los migrantes destinan para la compra de bienes transables sugiere que este parámetro se sitúa en alrededor de 0.44 y 0.31 para los países de renta media baja y Guatemala, respectivamente. Estas estimaciones sirven para calcular la medida de la *distorsión en las preferencias*; los países de renta media baja presentan en promedio un sesgo hacia el consumo de bienes transables, estos países destinan una fracción adicional de 0.04 de las remesas en la compra de estos bienes. En el caso de Guatemala se utiliza un adicional de 0.09 de las remesas en la compra de bienes no transables. Las estimaciones también ofrecen interesantes hallazgos cuantitativos para algunos parámetros estructurales, por ejemplo, la inversa de la elasticidad de las horas de trabajo es alrededor de 2.35 y 2.82 para los países de renta media baja y Guatemala, respectivamente. La rigidez de los precios entre sectores es estimada a ser alta para el caso de Guatemala, lamentablemente el estimador es impreciso para el caso de los países de

renta media baja. Otra variable de interés es la medida de imperfección de mercados, la cual es identificada a ser importante en el caso de los países de renta media baja pero para el caso de Guatemala esta medida todavía es desconocida bajo el rango establecido en nuestro modelo. Es también importante mencionar que estos resultados pueden estar influenciados por el tamaño de la serie temporal y transversal, un paso futuro de la investigación sería incrementar el poder del estimador con el objetivo de ganar eficiencia.

La parametrización tiene la capacidad de replicar algunos momentos muestrales con relativa precisión. En el caso de Guatemala, el modelo nekeynesiano con remesas y distorsiones replica algunos momentos muestrales en forma notable, en todo caso el desempeño de este modelo es superior con respecto a un modelo sin distorsiones. El modelo todavía presenta dificultades en replicar lo que se conoce como la anomalía entre el tipo de cambio real y el consumo, sin embargo, muchos modelos tienen la misma dificultad, esto conlleva o motiva a seguir investigando especialmente para el caso de economías que reciben un flujo de remesas importante. El modelo sugiere una correlación negativa entre el producto y las remesas, el cual es elevado si se contrasta con la correlación de las series observadas. Creemos que esta caída en la correlación está influenciada en forma importante por la crisis financiera originada en los Estados Unidos a finales del año 2008. La medida de la *distorsión en las preferencias*, aunque pequeña, tiene importantes cambios en las desviaciones estándar y correlaciones entre las variables. Si no existiesen estas distorsiones, el modelo puede sugerir que algunas series sean más volátiles o que las correlaciones estén muy alejadas de sus contrapartes empíricas. Asimismo, diferencias mínimas se encuentran entre otros momentos cuando se contrasta la importancia de las distorsiones en las preferencias. Un *shock* de 1% de crecimiento de las remesas sobre el estado estacionario produce una apreciación de 0.105% en un trimestre. En términos sectoriales, nuestra metodología sugiere que el tipo de cambio para el sector transable tiene una respuesta de 0.16%, mientras que el cambio en los precios relativos para el sector no transable es de -0.26%. Si tenemos en cuenta que las remesas crecieron un 383.8% entre el 2001 y 2006, la apreciación cambiaría real –desacuerdo a nuestras estimaciones provenientes de un modelo nekeynesiano con remesas y *distorsiones en las preferencias*– sería alrededor de 20.2% en el mismo periodo de análisis.

Datos del Fondo Monetario Internacional, estiman una apreciación de 20.0%.

Con respecto a los efectos redistributivos entre los sectores, nuestro modelo sugiere que ante un *shock* de remesas la producción transable se eleva en desmedro de la producción no transable. Uno de los efectos de las remesas que la literatura pone énfasis es la aparición de lo comúnmente llamado "*enfermedad holandesa*", el cual se identifica con economías que tienen alguna clase de *boom* de flujos externos, es precisamente este flujo el responsable de una redistribución de recursos hacia los sectores de producción transable. En el análisis de respuesta a los flujos de remesas la *distorsión en las preferencias* puede explicar fluctuaciones de la producción en el sector transable pero no puede revertir la expansión; si la fracción de las preferencias de los migrantes por bienes transables es cercano a cero, el consumo de bienes transables no se expandirá fuertemente. En el caso de Guatemala particularmente, y teniendo en cuenta los resultados de este trabajo, podemos señalar que podría haber la posibilidad que los *shocks* de productividad en los sectores puedan explicar la redistribución de sectores, así también podrían ser responsables los *shocks* en los precios de los bienes importados, los cuales sirven de insumo para el sector de producción de bienes domésticos y transables. En todo caso, ese es un tema de investigación que se puede extender en el futuro.

## Referencias

- Acosta, P. E. Lartey y F. Mandelman (2009). Remittances and Dutch Disease. Federal Reserve Bank of Atlanta. Working Paper Series. Federal Reserve Bank of Atlanta.
- Adams, R. y A. Cuecuecha (2010). Remittances, Household Expenditure and Investment in Guatemala. World Development Vol. 38 N 11 pp. 1626-1641.
- Amuedo-Dorantes, C. y S. Pozo (2004). Workers' Remittances and the Real Exchange Rate: A paradox of gifts. World Development Vol. 32 No. 8 pp. 1407-1417, 2004.
- Andrews, D. and C. Monahan (1992). An Improved Heteroskedasticity and Autocorrelation Consistent Covariance Matrix Estimator. Econometrica vol. 60 June 1992. pp. 953-966.
- Asea, P. and W. Corden. The Balassa-Samuelson Model: An Overview. Forthcoming in Review of International Economics.
- Avendaño, R. N. Gaillard, y S. Nieto-Parra (2009). Are Workers; Remittances relevant for Credit Rating Agencies? OECD Development Centre. Working Paper 282.
- Backus, D. and G. Smith (1993). Consumption and real exchange rate in dynamic economies with non-traded goods. Journal of International Economics 35 (1993) 297-316 North Holland.
- Balassa, B. (1964). The Purchasing Power Parity Doctrine: A Reappraisal. The Journal of Political Economy, Vol. 72N 6(Dec. 1964) 584-596.
- Banco Mundial (2011). Migration and Remittances Factbook 2011. The International Bank for Reconstruction and Development and World Bank.
- Barajas, A., R. Chami, D. Hakura, y P. Montiel (2010). Worker's remittances and the Equilibrium Real Exchange Rate: Theory and Evidence. IMF working Paper 2010.
- Benigno, G. y C. Thoenissen (2008). Consumption and Real Exchange Rates with incomplete markets and Non-traded Goods. Journal of International Money and Finance. 27 (2008) 926-948.
- Çaglar Özden and Maurice Schiff (2006). "International migration, remittances, and the Brain Drain". The World Bank.
- Carvalho, C and F. Nechio (2011). Aggregation and the PPP puzzle. American Economic Review 101 October 2011: 2931-2424.
- Castillo, M. (2006). Los Efectos del Salario sobre El Tiempo de Retorno de la Migración: Evidencia México-Frontera Norte. CESLA.
- Chang, R. y L. Catao (2013). World Food Prices, The Terms of Trade-Real Exchange Rate Nexus, and Monetary Policy. Mimeo.
- Choudhri, E. and L. Schembri (2009). "Productivity, the Terms of Trade, and the Real Exchange Rate: The Balassa-Samuelson Hypothesis Revisited" Working paper – Bank of Canada.
- Christiansen, L. A. Prati, L. Ricci y T. Tresselt

(2009). “External Balance in Low Income Countries”. IMF Working Paper WP/09/221.

- Christiansen, Schindler and Tressel (2009). Growth and Structural Reforms: A New Assessment. IMF Working Paper WP/09/284.
- Collard and Juillard (2001). Perturbation methods for rational expectations. Manuscript CEPREMAP.
- Dejong, D. and Dave, C. (2007). Structural Macroeconomics. Princeton University Press, Pittsburg University.
- Dekle, R., H. Jeong and N. Kiyotaki (2011). Dynamics of Trade and Heterogeneity in General Equilibrium. Draft.
- Devereux, M. B., A. W. Gregory and G. W. Smith (1992). Realistic cross-country consumption correlations in a two-country, equilibrium, business cycle model, *Journal of International Money and Finance* 11, 3-16.
- Ferrero, A., M. Gertler y L. Svensson (2007). “Current Account Dynamics and Monetary Policy” in *International Dimensions of Monetary Policy*, Jordi Gali and Mark J. Gertler, editors. University of Chicago Press. <http://www.nber.org/chapters/c0521>.
- FMI (2008). Structural Reforms and Economic Performance in Advanced and Developing Countries. Prepared by Research Department, International Monetary Fund.
- Gali, J. y T. Monacelli (2005). Monetary Policy and Exchange Rate Volatility in a Small Open Economy. *Review of Economic Studies* (2005) 72, 707-734.
- Gallant, A. R., y Tauchen, G. (1996). Which Moments to Match. *Econometric Theory*, 12, 657-681.
- Gourieroux, Monfort y Renault (1993). Indirect Inference, *Journal of Applied Econometrics*, 8, S85-S118.
- Hinkle and Nsengiyumva (1999). The two-Good Internal RER for Tradables and non-tradables in Hinkle and Montiel editors. “Exchange Rate Misalignment, concepts and measurement for developing countries” 1999. World Bank Research Publication. Oxford University Press.
- IDB (2013). Rethinking Reforms: How Latin America and the Caribbean Can Escape Suppressed World Growth. International Development Bank, 2013.
- Imbs, J. y H. Majeau (2009). “Elasticity Optimism”, manuscript, HEC Lausanne.
- Imbs, J., H. Mumtaz, M. Ravn, and H. Rey (2005). ‘Aggregation Bias’ Does Explain the PPP puzzle?, National Bureau of Economics Research Working Paper 11607.
- James Hamilton (1995). *Time Series Analysis*. Princeton.
- Kehoe y McGrattan (2002). Can Sticky Price Models Generate Volatile and Persistent Real Exchange Rates. *Review of Economic Studies* (2002).
- Mackenzie, D. (2006). Beyond Remittances: The Effects of Migration on Mexican Households. In Çağlar Özden Maurice Schiff Eds. “International Migration, Remittances & The Brain Drain” A co-publication of the World Bank and Palgrave Macmillan.
- Magud, N, y M. Sosa (2010). When and Why Worry About Real Exchange Rate Appreciation. The Missing Link between Dutch Disease and Growth. IMF Working Paper WP/10/271.
- Matyas, L. (1998). *Generalized Method of Moments Estimation*. Matyas Ed. Cambridge University Press.
- Michelacci, C. (2006). Solving a system of linear equations with rational expectations. Mimeo.
- Obstfeld, M. (2012). Does the Current Account Still Matter? *American Economic Review* 2012, 102(3): 1-23.
- Obstfeld, Maurice, and Kenneth Rogoff (2005). “The Unsustainable US Current Account Position Revisited”. in Richard Clarida (ed.), *G7 Current Account Imbalances: Sustainability and Adjustment*, University of Chicago Press, Chicago, IL.
- Papagiorgiou, Gaetano and Prati (2012). Which Reforms Work and under What Institutional Environment: Evidence from a New Dataset on Structural Reforms. *Review of Economics and Statistics*, July 2013.
- Rojas, F. (2013). “The Elasticity of Remittances on

Income in Lower Middle Income Countries". <http://econweb.rutgers.edu/frojas/papers/r2013.pdf>

- Rojas, F. y M. Castillo (2013a). "Consumption-Real Exchange Rate Anomaly in Keynesian Models", <http://econweb.rutgers.edu/frojas/papers/rc2013a.pdf>
- Rojas, F. y M. Castillo (2013b). "Real Exchange Rate Appreciations Across Middle Income Countries", Mimeo. <http://econweb.rutgers.edu/frojas/papers/rc2013b.pdf>
- Rojas, F. y M. Castillo (2013c). "Growth Spurts in the Short-Run: The Role of The Reforms", Mimeo. <http://econweb.rutgers.edu/frojas/papers/rc2013c.pdf>
- Rojas, F. y M. Castillo (2013d). "Sectorial Real Exchange Rate: An Evaluation through the Neoknesian's Glass", Mimeo. <http://econweb.rutgers.edu/frojas/papers/rc2013d.pdf>
- Rojas, F., B. Satogolu y H. Kim (2011). Structural Macroeconomics; a Computer Project. [http://econweb.rutgers.edu/frojas/courses\\_rutgers/Computer\\_Project\\_final.pdf](http://econweb.rutgers.edu/frojas/courses_rutgers/Computer_Project_final.pdf)
- Samuelson, P. (1964). Theoretical Notes on Trade Problems. Review of Economics and Statistics 23 (1964) 1-60.
- Schmitt-Grohe, S. and Uribe, M. (2004). Solving dynamic general equilibrium models using a second-order approximation to the policy function. Journal of Economics Dynamics and Control.
- Schulhofer Wohl, S. (2011). Heterogeneity and Tests of Risk Sharing. Federal Reserve Bank of Minneapolis. Research Department Staff Report 462.
- Selaive, J. D. y Tuesta, V. (2003). Net Foreign Assets and Imperfect Pass-Through: The consumption-Real Exchange Rate Anomaly. Board of Governors of the Federal Reserve System, International Finance Discussion Papers 764.
- Sims, C. (2000). Solving linear rational expectations models. Sims web page.
- Woodford, Michael (2003). Interest and Prices, Princeton University Press.

## Apéndice

### El método generalizado de momentos para datos de panel

Con el objetivo de estimar los parámetros estructurales de nuestro modelo propuesto se utiliza el método generalizado de momentos (GMM) para datos de panel. Ver Matyas (1998) y Hamilton (1995) para una revisión detallada de este método. GMM es un método de estimación basado en acercar los momentos muestrales con los provenientes de un modelo teórico. En la primera parte de esta sección presentamos definiciones útiles para luego explicar la construcción del estimador.

**Definición 5.** Las condiciones de momentos. Sea  $x = \{X_t\}_{t=0}^n$  una secuencia, y sea  $f(x, \theta)$  un vector continuo que pertenece a  $R^q$  y donde  $\theta$  es un vector de parámetros que pertenece a  $R^p$  y donde el verdadero vector de parámetros es  $\theta_0$ . Se define la expresión  $E\{f(x, \theta)\}$  el cual existe y es finito para toda la secuencia  $x$  y  $\theta$ . La condición de momentos se define como  $E\{f(x, \theta)\} = 0$ .

Así la condición de momentos representa un número  $q$  de ecuaciones para  $p$  parámetros desconocidos. Resolviendo este conjunto de ecuaciones se tiene un estimado de  $\theta_0$ . El estimador se construye en base a una aproximación de distancia mínima (Gourieroux, Confort y Renault, 1993) que tiene un componente importante del estimador de Gallant-Tauchen (1996), estos últimos sugieren el uso de un estimador auxiliar para general condiciones de momentos de los *scores* del pseudo estimador de máxima verosimilitud; tal como mostraremos más adelante nuestro estimador auxiliar es el promedio de datos transversales, este procedimiento simple, considerando la discusión en Gallant-Tauchen (1996), puede proveer de condiciones de momento eficientes. En otras palabras, si el modelo auxiliar puede "suavizar" las estimaciones del modelo estructural, luego el estimador GMM derivado del modelo que genera los *scores* es asintóticamente eficiente.

El estimador se construye en los siguientes pasos. Primero se tiene el momento transversal que es definido por:

$$g_t(\theta) = N(t)^{-1} \sum_{i=1}^{N(t)} g_{i,t}(\theta)$$



siendo

$$g_{i,t}(\theta) = m(\theta) - x_{i,t}$$

Donde  $m(\theta)$  proviene del modelo estructural y  $x_{i,t}$  se refiere a las observaciones. Luego definimos:

$$f(\theta) = T^{-1} \sum_{t=1}^T g_t(\theta)$$

Gallant y Tauchen (1996) sugieren estimar  $\theta_0$  minimizando la función objetivo

$$\theta = \operatorname{argmin}\{f(\theta)'Wf(\theta)\}$$

Donde  $W$  es la matrix de ponderaciones, la cual se calcula de las siguientes expresiones:

$$W^{-1} = \Omega_0 + \sum_{j=1}^{L(T)} \left\{ 1 - \frac{j}{L(T)+1} \right\} (\Omega_j + \Omega_j')$$

$$\Omega_0 = T^{-1} \sum_{t=1}^T g_t(\theta) g_t(\theta)'$$

$$\Omega_j = T^{-1} \sum_{t=1}^T g_t(\theta) g_{t-j}(\theta)'$$

Donde  $L(T)$  es el número de rezagos y se puede utilizar el procedimiento estándar de escoger este número con la expresión  $0.75T^{1/3} - 1$ . En la construcción de la matriz se ha utilizado el ponderamiento de las matrices en la contribución de la matriz de ponderaciones (ver Andrew y Monahan, 1992).<sup>20</sup> La varianza del estimador de GMM será:

$$V = [F(\theta)'WF(\theta)]^{-1}$$

Donde  $F(\theta) = \frac{\partial f(\theta)}{\partial \theta}$ , aproximamos lo anterior con

<sup>20</sup> Andrew y Monahan (1992) consideran en su propuesta metodológica "blanquear" los residuales.

procedimientos numéricos. Los pasos para la obtención de resultados se resumen en el siguiente algoritmo:

1. Estimar los parámetros usando una matriz de ponderaciones igual a una matriz identidad. Este paso es conocido como la estimación del primer paso del GMM.
2. Del paso recoger los residuos y construir una matriz de ponderaciones eficiente.
3. Estimar nuevamente los parámetros. Este es el segundo y último paso del GMM.

### Los datos en la estimación

La estimación GMM requiere el cálculo de momentos muestrales. Para esto identificamos las siguientes fuentes de datos:

1. Producción transable. GDP sectorial a precios constantes del año 2005 en moneda local. IMF-HAVER, 1970-2011. Datos anuales.
2. Producción No-transable. GDP sectorial a precios constantes del año 2005 en moneda local. IMF-HAVER, 1970-2011. Datos anuales.
3. Tipo de Cambio Real Multilateral. INSDATA-IMF, 1970-2011. Datos anuales y Trimestrales.
4. Influjo de Remesas. Banco Mundial. 1970-2011. Datos anuales

Para algunos gráficos comparativos se utilizaron las exportaciones de bienes y servicios y el tipo de cambio nominal, ambas series fueron obtenidas del IMF. Los momentos muestrales fueron calculados utilizando el filtro de Hodrick y Prescott. Los países utilizados para las estimaciones son:

Tabla 5: Países de renta media baja (2009)

Históricos		Nuevos	Países ex - Renta baja
Armenia*	Moldova	Ghana	India
Bolivia	Marruecos	Laos	Indonesia
Camerún	Paraguay	Mauritania	Lesotho*
República del Congo	Filipinas	Vietnam	Mongolia
Costa de Marfil	Senegal	Zambia	Nigeria
Egipto	Swaziland		Pakistán
El Salvador*	Syria		Sri Lanka*
Georgia	Ucrania		Sudán
Guatemala*	Uzbekistán		
Honduras*	Yemen		

Nota: (\*) denota que estos países pertenecen al grupo que reciben los mayores flujos de remesas en términos del PIB.

### El modelo del migrante con preferencias distintas

Hacemos una adaptación simple al modelo de Castillo (2006) para explicar las diferencias entre las asignaciones de bienes de consumo entre el migrante y su familia en la economía local. Hacemos el supuesto que cualquier diferencia va a depender del tiempo de estadía del migrante en la economía huésped. Es un supuesto simple pero nos permite dar formas funcionales y lo más importante la intuición sobre la distorsión de las preferencias. El tiempo de permanencia del migrante en la economía huésped podría sesgar las preferencias al consumo de ciertos bienes, esto básicamente porque el migrante adopta costumbres o hace cambios en su valorización de ciertos bienes en la economía huésped. Por ejemplo, es el caso de la educación o servicios médicos, el migrante podría revalorizar estos bienes y transmitir estas preferencias a sus familias en la economía local. Çağlar Özden and Maurice Schiff (2006) identifican que las remesas principalmente se "invierten" en educación o salud, bienes de alto componente no transable. Sin embargo, el sesgo puede ser en cualquier dirección; Castillo (2006) explica que existe evidencia de que los futuros migrantes no invierten en educación cuando piensan en migrar al extranjero, es muy probable que estas preferencias sean persistentes inclusive con familiares con largo tiempo de estadía en el extranjero. Precisamente son los familiares que ayudarían a los futuros migrantes a establecerse en la economía huésped cuando llegue el tiempo. Así, las preferencias reflejarían proyectos personales donde el objetivo final es quedarse permanentemente en el extranjero. Esto es reflejado en los datos, Mackenzie (2006) también explica que existe evidencia que los niños mexicanos dejan el colegio tempranamente debido a que la inversión en la educación no es rentable cuando se piensa en migrar.

Castillo (2006) propone lo siguiente: el tiempo de retorno del emigrante es afectado por el nivel de ingresos que se recibe en el país huésped. Este retorno depende de la magnitud de 2 efectos contrarios que ejercen los salarios, estos son: el efecto renta y el efecto sustitución. Los mayores salarios en el país anfitrión generan un efecto sustitución positiva, debido a que incrementan los costos de oportunidad de retornar al país de origen, esto incentiva a los individuos a permanecer la mayor cantidad de tiempo en el país

anfitrión en calidad de migrantes. A la vez que el efecto sustitución es positivo, el efecto renta es negativo, debido a que mientras al individuo le estén remunerando de la mejor manera condicional a sus expectativas va a llegar a un punto donde haya ahorrado lo suficiente como para retornar a su país de origen con mayores expectativas de vida. De esta manera el efecto renta de los salarios acorta la cantidad de tiempo que los migrantes permanecen fuera del país de origen.

Castillo (2006) construye una especificación Weibull para el riesgo base, de esta manera la contribución a la función de verosimilitud viene dada por:

$$\log(l_i) = c_i \log \lambda_i(t_i) - \Lambda_i(t_i)$$

Donde la función de riesgo (Hazard rate) es especificada paramétricamente:

$$\lambda_i(t_i, x_i) = \alpha t_i^{\alpha-1} \exp\{\delta_0 + x_i' \phi\}$$

$X_i$  es el vector de características del migrante  $i$  y el conjunto  $\{\delta_0, \phi, \alpha\}$  reúne parámetros a estimar. La función de sobrevivencia también es construida en forma paramétrica:

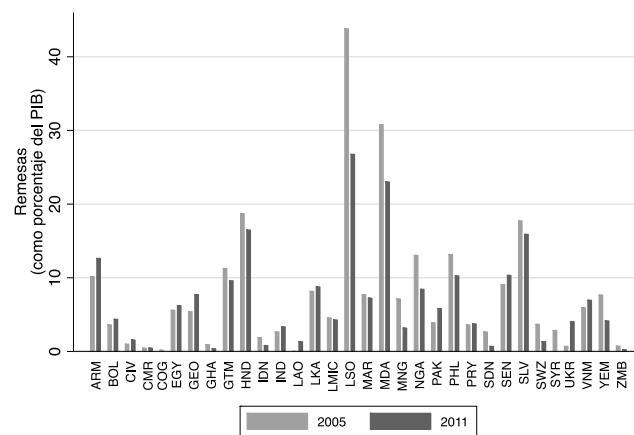
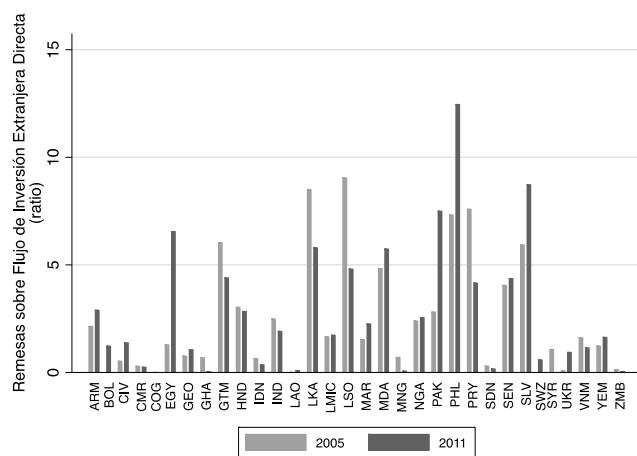
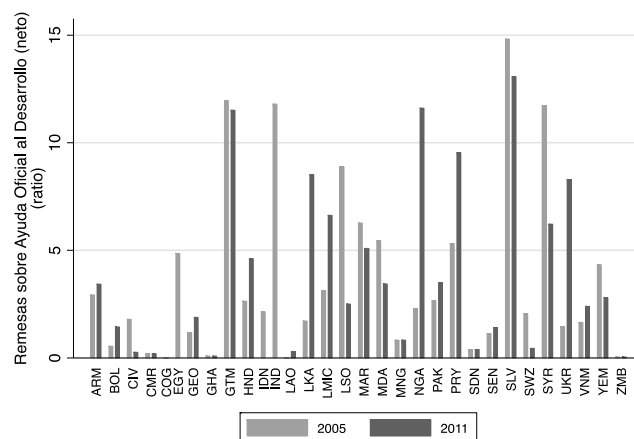
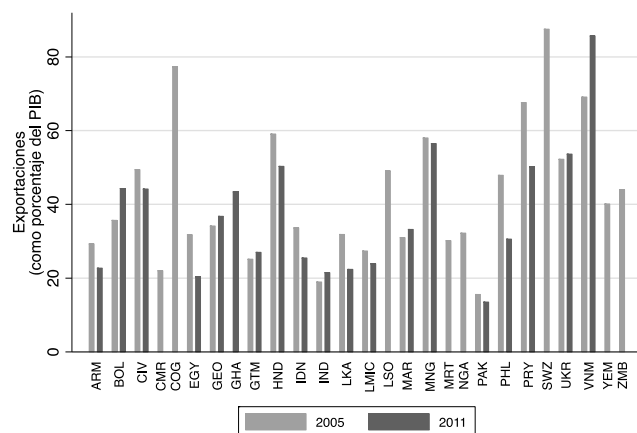
$$-\log \Lambda_0(t) = x' \pi + \varepsilon$$

Finalmente, la *distorsión en las preferencias* que proponemos en este documento se puede reescribir en términos de la función de sobrevivencia en Castillo (2006):

$$\omega - \gamma = \vartheta \frac{1}{1 + \exp\{-(x' \pi + \varepsilon)\}}$$

El signo y magnitud del parámetro  $\vartheta$  es una cuestión empírica.

## Hechos estilizados para las economías de renta media baja



# Efecto de los precios internacionales de las materias primas sobre la inflación total y sus componentes en un modelo de equilibrio general dinámico para Guatemala

*Hilcías Estuardo Morán Samayoa,  
Jouseline Clara Genoveva Salay*

## 1. Introducción

En una publicación reciente el Fondo Monetario Internacional sostiene que los precios de las materias primas (energéticas y no energéticas) suelen tener efectos más significativos y más prolongados sobre la inflación en las economías en las cuales los alimentos representan una proporción elevada de las canastas de consumo y en las economías donde las expectativas inflacionarias no están firmemente ancladas [11]. Este parece ser el caso de Guatemala, un país donde el esquema de metas de inflación se estableció recientemente (año 2005) y donde las expectativas de inflación medidas por la encuesta de expectativas a analistas económicos, realizada periódicamente por el Banco de Guatemala, reflejan que las mismas no están fuertemente ancladas, pues tienden a comportarse más como la inflación pasada que como la inflación proyectada o establecida como meta de inflación por la autoridad monetaria. Por otro lado, la participación de la agrupación de alimentos dentro de la canasta del índice de precios al consumidor (IPC) en los países emergentes o en desarrollo como Guatemala es por lo general más alta que lo observado en las economías avanzadas. En efecto, la ponderación del rubro de alimentos (excluyendo bebidas alcohólicas y tabaco) dentro de la canasta del IPC de Guatemala es de 28.8 por ciento. Este dato contrasta con la ponderación mediana de las economías avanzadas (17 por ciento).<sup>1</sup>

<sup>1</sup> De acuerdo a [11], la ponderación mediana de alimentos dentro de la canasta del IPC para las economías emergentes es de 31 por ciento, mientras que la de las economías avanzadas es de 17 por ciento.

Tomando en consideración las características de la economía guatemalteca, uno podría esperar que choques a los precios internacionales de las materias primas energéticas y no energéticas se manifiesten de forma significativa sobre la inflación doméstica en Guatemala. En este estudio se desarrolla y estima un modelo de equilibrio general dinámico de tipo nekeynesiano para una economía pequeña y abierta con el objeto de analizar el impacto de alzas en el precio internacional de los *commodities* sobre la inflación total y la inflación subyacente. El esquema analítico desarrollado en este documento es similar al utilizado por otros bancos centrales que también operan bajo un esquema monetario de metas de inflación.<sup>2</sup> El modelo incorpora un bien no transable, hábitos de consumo, se incluye una prima de riesgo, la cual es función del nivel de deuda externa y del tipo de cambio, una proporción de los hogares enfrenta restricciones de liquidez, esto limita el arbitraje intertemporal del consumo, reflejando el relativamente poco desarrollado sistema financiero, el efecto traspaso ante variaciones en el tipo de cambio hacia los precios domésticos es imperfecto y por la importancia de las remesas en la economía nacional (aproximadamente 10 por ciento del PIB), una proporción de los hogares reciben

<sup>2</sup> En la actualidad la mayoría de bancos centrales que operan bajo el esquema de metas de inflación utilizan modelos de equilibrio general estocásticos dinámicos (DSGE por sus siglas en inglés) para evaluación de política, generación de pronósticos macroeconómicos de mediano plazo y para simulaciones de política cuando la economía enfrenta diferentes shocks. Por ejemplo, el Banco de Chile desarrolló un modelo similar denominado MAS, el Banco de Perú un modelo llamado MEGA-D, el Banco de la República de Colombia el modelo llamado PATACON, etc.

remesas del exterior. El modelo se estima por métodos bayesianos utilizando datos trimestrales macroeconómicos para el periodo 2003-2013.

El modelo desarrollado en este artículo es parecido al desarrollado por [4], el cual está relacionado con la literatura que incluye remesas en un marco de equilibrio general dinámico [5, 1, 12]. También está relacionado con la literatura que incluye agentes que enfrentan restricciones de liquidez por falta de acceso al mercado financiero [9, 10], esto implica que este tipo de agentes son incapaces de suavizar su consumo y, por lo tanto, consumen el total de su ingreso periodo a periodo. La justificación para la inclusión de agentes *no ricardianos* en esta economía es variada. Primero, se puede argumentar falta de acceso al mercado financiero, escasa educación financiera, población con necesidades básicas insatisfechas o sin capacidad de ahorro, etc. Considerando el relativo poco desarrollo del sistema financiero guatemalteco, los niveles de pobreza en Guatemala<sup>3</sup> y los bajos niveles de educación de la población,<sup>4</sup> la inclusión de familias que enfrentan restricciones de liquidez es justificable en este modelo.

Una característica particular de este modelo es la forma como se integra la inflación total. La inflación total se desagrega en dos componentes: inflación subyacente e inflación de otros productos, este último componente incluye la inflación de productos agrícolas, vegetales y legumbres, la inflación de derivados del maíz y trigo, y la inflación asociada a las materias primas energéticas. Esta desagregación de la inflación total y la forma en que se contruyeron las “curvas de Phillips” (para los salarios, para los precios domésticos y para la inflación importada) en este modelo, permiten de forma conjunta identificar los efectos directos e indirectos de los *shocks* de los precios de las materias primas energéticas y no energéticas sobre la inflación total. Los efectos directos se refieren a los efectos que tienen los cambios en los precios de los *commodities* sobre la inflación total a través de la inflación asociada a las materias primas en la canasta del IPC, mientras que los efectos indirectos se refieren a los

efectos de cambios en los precios de las materias primas sobre la inflación subyacente a través de su efecto sobre las expectativas inflacionarias en las “curvas de Phillips”. Esta especificación permite incluir los precios internacionales del maíz, trigo y petróleo como variables observables explicativas del componente de la inflación excluido de la inflación subyacente, lo cual facilita también la generación de pronósticos condicionados al comportamiento esperado de los precios de los *commodities*. Esta interrelación de los precios de los *commodities* e inflación doméstica en este modelo para Guatemala, se cree que es una importante contribución del esquema analítico presentado en este documento.

Los principales resultados de este estudio para la economía guatemalteca se pueden resumir de la siguiente manera:

1. La mayoría de las razones de estado estacionario simuladas logran acercarse a las relaciones obtenidas de los datos. Las razones simuladas de inversión, exportaciones, remesas y deuda externa a PIB, replican con exactitud las razones empíricas. Sin embargo, las razones de consumo e importaciones a PIB no se alejan un tanto de su contraparte empírica. En general, el modelo simula adecuadamente los datos de cuentas nacionales de la economía guatemalteca.
2. Las funciones de impulso respuesta ante un *shock* de política monetaria muestran que ante un incremento en la tasa de interés de política se produce un efecto negativo sobre la inversión y el consumo, los cuales a su vez generan una disminución del producto, que finalmente se traducen en una disminución de la inflación subyacente. En el caso del canal de tipo de cambio, debido a la paridad no cubierta de tasas de interés, el incremento en la tasa doméstica origina un mayor ingreso de capitales internacionales, con lo cual se genera una apreciación cambiaria que afecta negativamente a las exportaciones netas. Nuevamente, este efecto disminuye el crecimiento interno y genera presiones desinflacionarias. Estos resultados ilustran la consistencia del modelo que se presenta en este documento.
3. Los resultados del análisis descriptivo reflejan que los incrementos en los precios de las materias primas fueron, aparentemente, más significativos y persistentes en el primer *boom* de precios (2007-2008) que en el segundo periodo (2010-2011).

<sup>3</sup> De acuerdo con los resultados de la Encuesta Nacional sobre Condiciones de Vida del año 2011 (ENCOVI 2011), publicada por el Instituto Nacional de Estadística, se estima que más del 50 por ciento de la población guatemalteca vive en condiciones de pobreza.

<sup>4</sup> De acuerdo con el Censo Nacional de Población del año 2002, el promedio de años de escolaridad alcanzado por la población guatemalteca es 5.0.



4. Los resultados de la descomposición histórica de varianza de la inflación subyacente sugieren que los efectos de “segunda vuelta” medidos por el impacto que tiene un *shock* a la inflación resto (inflación no subyacente) sobre la inflación subyacente fueron positivos en el primer *boom* de los precios de los *commodities* (2007-2008), pero no afectaron a dicha inflación en el segundo período de alzas (2009-2010). Esto debido a que en el primer *boom* las alzas de los precios de las materias primas se combinaron con presiones de demanda agregada interna. Este resultado es consistente con el análisis presentado por [11] y con los resultados del análisis descriptivo.

Considerando que el objetivo principal de este artículo es analizar el efecto de los incrementos en los precios de las materias primas energéticas y no energéticas sobre la inflación y sus componentes, para examinar la descomposición histórica de la inflación el análisis se focaliza en los periodos de mayores alzas en los precios de los *commodities*. Los resultados muestran que, en general, la inflación total fue altamente influenciada por la inflación asociada al comportamiento de los precios de las materias primas (inflación resto en el documento). Durante los periodos de mayores alzas en los precios de las materias primas se observa un efecto significativo de la inflación resto sobre la inflación total, tanto en el periodo precrisis como en el periodo poscrisis financiera. Estos resultados son consistentes con la evidencia presentada en la descripción del fenómeno inflacionario en Guatemala. También se aprecia que de forma consistente con el comportamiento de la actividad económica, medido por la brecha del producto, la demanda doméstica desempeñó un papel más activo en el periodo precrisis comparado con su efecto sobre la inflación en el periodo poscrisis. En efecto, durante el periodo precrisis la brecha del producto fue positiva, mientras que en el periodo poscrisis la brecha del producto fue negativa. Los efectos de un *shock* a la inflación asociada a los precios internacionales de las materias primas sobre la inflación subyacente son evidentes (pero relativamente poco significativos) en el periodo previo a la crisis financiera global, lo cual demuestra que si los *shocks* a los precios de las materias primas se producen en un momento cuando la economía está sobrecalentada y el banco central carece de alta credibilidad se produce lo que se conoce como efectos de “segunda vuelta” sobre la inflación. Este resultado es también confirmado cuando se

examina el segundo *boom* de los precios de *commodities*, donde el efecto traspaso de los precios internacionales sobre la inflación doméstica fue totalmente nulo. En efecto, la participación del *shock* de la inflación resto sobre la inflación subyacente es negativa. Por lo tanto, en ausencia de presiones de demanda agregada sobre la inflación, se observa que el *shock* de la inflación resto tiene un efecto nulo sobre la inflación de mediano plazo. Así, a pesar de que para el caso de la inflación subyacente el efecto de los precios de las materias primas es levemente positivo, en el caso de la inflación total, es el factor más positivo que explica el comportamiento de la variable a lo largo del periodo analizado en la descomposición de varianza.

En un contexto donde el instrumento de política monetaria es la tasa de interés de corto plazo y de análisis de bienestar, [15] and [16] señalan que una regla de política monetaria óptima es aquella que establece una trayectoria de tasa de interés de política de tal forma que maximiza el bienestar garantizando que los pronósticos de inflación converjan a la meta establecida por el banco central. En este contexto, como lo señala [6], la política monetaria debe reaccionar a cualquier *shock* que afecte el pronóstico de inflación, el cual debe de igualar la meta de inflación en el horizonte de política. Esto parece ser la historia reciente de Guatemala en materia de política monetaria, pues el efecto traspaso sobre las alzas en los precios de las materias primas sobre la inflación subyacente no ha sido muy significativo, o al menos eso es lo que se demuestra en el ejercicio de descomposición histórica de varianza realizado en este artículo. El resto del documento está estructurado de la siguiente manera: en la sección 2 se presenta un análisis descriptivo de la inflación en Guatemala. En la siguiente sección aparece la descripción del modelo. En la sección 4 se incluye la metodología de estimación y la descripción de los datos. En la sección V se presentan los resultados de las simulaciones realizadas y en la última parte se presentan las conclusiones.

## 2. Análisis de la inflación y sus componentes en Guatemala

Para la política monetaria de Guatemala es importante analizar en detalle el comportamiento histórico de la inflación, dado que su objetivo final es la estabilidad de precios. Existen dos medidas de inflación generalmente conocidas y a las cuales regularmente un banco central da seguimiento. Estas son: (i) la inflación total, que se

calcula sobre el índice de precios al consumidor (IPC), el cual para su construcción utiliza una canasta de consumo promedio para un hogar representativo y (ii) la inflación subyacente, la cual excluye algunos productos cuyos precios son muy volátiles y teóricamente representa la medida de inflación que refleja las presiones inflacionarias de mediano plazo. Ahora bien, para el cálculo de la inflación subyacente no existe una medida única. Si bien la medición puede variar, el objetivo es siempre obtener una tendencia general de mediano plazo de los precios. En este documento, se utiliza una inflación subyacente que excluye productos energéticos (gas propano, diésel y gasolinas), hortalizas, frutas, legumbres, maíz, trigo y sus derivados. Adicionalmente, se genera un índice de precios para los productos excluidos de la inflación subyacente, el cual se utiliza para calcular la inflación denominada no subyacente (o resto); es decir, la inflación de los productos más volátiles de la canasta de consumo, que no tienen efectos de largo plazo. Así, el índice de precios subyacente tiene una ponderación de 80.8 puntos porcentuales, mientras que el índice de precios del resto de productos representa el restante 19.2 por ciento. En la figura 1 se observa que la inflación no subyacente es bastante más volátil que la inflación total y aún más que la inflación subyacente.

Para el presente análisis son de particular importancia los últimos dos periodos en los que se observa una alta inflación no subyacente, la cual está asociada, en ambos casos, al incremento en los precios internacionales de *commodities*. Los *shocks* sobre precios de *commodities* han sido muy significativos en los últimos años. Entre 2006 y 2007, periodo previo a la crisis, se comienzan a observar alzas sin precedentes en los precios de los *commodities*, que fueron considerados en un principio como temporales. Sin embargo, las alzas persistieron y es a mediados de 2008 en donde se presenta el valor histórico más alto del petróleo. Como señala [6], para analizar el impacto de un *shock* sobre los precios de los *commodities*, es importante investigar la fuente del *shock*. Por ejemplo, la mayoría de los *shocks* sobre precios de petróleo que han generado incrementos inflacionarios y caídas sobre el producto, están relacionados con problemas de oferta. Por otro lado, los más recientes *shocks* sobre precios de *commodities* han sido provocados por una creciente demanda por estos productos, en particular, por demandas originadas en las economías emergentes y que finalmente se traducen en alzas sobre los precios relativos, tanto de energía como

de alimentos. Al enfocarse en los últimos dos *booms* de precios de *commodities*, se observa que el resultado ha sido un incremento sobre la inflación mundial aunque con menores efectos sobre la actividad económica. En otras palabras, estos *shocks* no se deben a perturbaciones de oferta, sino al incremento de la demanda por *commodities*. Como se presenta en la figura 2, se identifican dos periodos (áreas sombreadas) considerados como *booms* de precios de *commodities*. El primero oscila entre el último trimestre de 2006 y mediados de 2008 y el segundo periodo abarca del último trimestre de 2009 al segundo trimestre de 2011. La figura 2 muestra el comportamiento de la inflación de cereales, la inflación de petróleo y la inflación no subyacente, anteriormente definida.

La inflación de cereales corresponde a la variación interanual (para eliminar efectos estacionales) del índice de cereales de la FAO, considerada como variable indicativa del comportamiento de los precios internacionales de cereales, que de particular importancia para Guatemala son el maíz y el trigo. La inflación de petróleo también se calcula como una variación interanual, en este caso, sobre los precios históricos del petróleo WTI. Como se indicó, de acuerdo con [11], el efecto de las alzas en los precios de las materias primas sobre la inflación doméstica puede variar dependiendo del estado de la actividad económica del país afectado. Por esta razón, en la figura 3 se muestra el comportamiento de la brecha del producto.<sup>5</sup> Para los dos periodos identificados como *booms* de precios de *commodities* no se esperan efectos negativos sobre la actividad económica, debido a que el origen del *shock* es una creciente demanda por *commodities* y no por problemas de oferta. En el primer periodo resaltado se observa una brecha positiva, que indica que el producto se encuentra por encima de su nivel potencial. No obstante, en ese mismo periodo (a finales de 2007) la brecha comienza a disminuir como resultado del menor crecimiento externo producto de la crisis financiera mundial y no como resultado del *shock* en estudio. Por su parte, el segundo periodo (2009Q4 - 2011Q2), etapa posterior a la crisis, se observa una recuperación gradual de la actividad económica, en donde la brecha del producto cambia su tendencia e incluso pasa a ser positiva.

Una vez sustentados los dos periodos definidos para el análisis, retornemos a la gráfica que muestra el

<sup>5</sup> La brecha del producto es calculada con el filtro Hodrick- Prescott, aplicado a los datos trimestrales de PIB. Este filtro separa una serie en sus componentes tendencial (potencial) y cíclico (brecha).

comportamiento de las variaciones en precios de los principales *commodities* que influyen sobre la canasta doméstica de consumo (figura 2). En la gráfica se aprecia una estrecha relación entre las variaciones de precios de *commodities* y el componente de inflación no subyacente. Este último, como se indicó, en su construcción incorpora cereales como maíz y trigo y productos energéticos influenciados por el comportamiento de los precios del petróleo. Para confirmar la interrelación entre las variables, se estimaron las correlaciones dinámicas entre la inflación total, la inflación subyacente y la inflación no subyacente con adelantos y rezagos de las inflaciones de cereales y de petróleo. Estos resultados se muestran en las tablas 1 y 2. Como es de esperarse, los adelantos de petróleo y cereales no están correlacionados con las variables domésticas, debido a que el mercado local no puede prever con exactitud el comportamiento futuro de los precios internacionales. Por el contrario, al examinar los rezagos, sí aparecen correlaciones significativas y positivas. En resumen, durante el primer *boom* de precios de *commodities* (muestra 2006Q4-2008Q2), tanto la inflación total como sus componentes (subyacente y no subyacente) muestran una alta correlación contemporánea con las inflaciones de cereales y de petróleo. Mientras que con un rezago, la inflación de cereales muestra una mayor correlación con cualquiera de las mediciones de inflación doméstica, que de manera contemporánea. Los resultados son significativos y positivos a lo largo de dos años de rezagos trimestrales; es decir, que el efecto del incremento de los precios de los cereales fue bastante persistente durante este periodo. Con relación al petróleo, los datos muestran que el impacto fue menor, tanto en magnitud como en persistencia. Únicamente los primeros dos rezagos presentan una correlación positiva con la inflación doméstica y sus componentes. Es importante resaltar que el efecto sobre la inflación subyacente es más fuerte (correlaciones más altas) de forma contemporánea y a lo largo de los dos rezagos.

Por su parte, durante el segundo *boom* de precios de *commodities*, periodo 2009Q4-2011Q2, en su mayoría las correlaciones con la inflación y sus componentes son más bajas en comparación con el primer *boom*, lo que refleja un episodio con menores presiones sobre la inflación doméstica. En el caso de la inflación de cereales, las correlaciones son positivas (aunque de menor magnitud que en el primer periodo) únicamente durante el primer año. Por el contrario, la inflación de petróleo resulta

ser más persistente en esta segunda etapa, en donde se presentan correlaciones positivas a lo largo de un año y nuevamente se observa una correlación más alta con la inflación subyacente, aunque menor en comparación con el primer periodo. A manera de resumen, estos resultados reflejan que los incrementos en los precios de las materias primas fueron, aparentemente, más significativos y persistentes en el primer *boom* de precios de *commodities* que en el segundo periodo. Esto es consistente con lo que señala [11] y es lo que se buscará analizar en el modelo que se presenta en la siguiente sección.

### 3. Descripción del modelo

El esquema analítico, en general, es un modelo para una economía pequeña y abierta que combina las típicas características de un modelo DSGE con algunas características particulares de la economía guatemalteca. El modelo incluye una proporción de hogares que enfrentan restricciones de liquidez e incorpora remesas del exterior como fuente adicional de ingreso para los hogares.<sup>6</sup> La economía del modelo está habitada por tres tipos de agentes económicos: los hogares, las empresas y la autoridad monetaria. Las empresas se agrupan en dos grandes sectores: empresas relacionadas con la producción de bienes domésticos y empresas relacionadas con el sector importador. La relación de la economía doméstica con el resto del mundo se materializa por el comercio de bienes y la libre movilidad de capitales, permitiendo un traspaso limitado de los precios de los bienes importados a los bienes domésticos y una prima de riesgo que es función del nivel de endeudamiento externo.

#### 3.1 Hogares

La economía doméstica es habitada por un continuo de hogares indexados por  $j \in [0,1]$ . Una proporción  $\lambda$  de esos hogares tiene acceso al mercado de capitales donde puede comprar y vender activos financieros, cada hogar de estos puede comprar y vender tanto bonos domésticos como bonos externos. El bienestar o utilidad de estos hogares depende positivamente de su nivel de consumo y depende negativamente de las horas trabajadas. Estos hogares son dueños de las empresas que producen los

<sup>6</sup> El ingreso proveniente de remesas del exterior en Guatemala ha representado más del 10 por ciento del PIB en la última década.

bienes intermedios diferenciados y de las empresas importadoras de bienes externos, también diferenciados, por lo que reciben el ingreso correspondiente a la renta monopolística generada por dichas empresas. Similar a [9], en este estudio se utiliza el término *agentes ricardianos* para referirse al subconjunto  $\lambda$  de hogares. La proporción restante de hogares,  $1 - \lambda$ , no posee ningún activo o pasivo financiero, ellos simplemente consumen todo su ingreso corriente periodo a periodo. Esta proporción de hogares se denominan *agentes no-ricardianos*. La justificación de la inclusión de agentes *no-ricardianos* en esta economía es variada, se puede argumentar falta de acceso al mercado financiero, escasa educación financiera, población con necesidades básicas insatisfechas o sin capacidad de ahorro, etc.<sup>7</sup> Considerando el relativo poco desarrollo del sistema financiero, los niveles de pobreza y los bajos niveles de educación de la población guatemalteca, la inclusión de familias que enfrentan restricciones de liquidez es justificable.

### 3.1.1 Hogares ricardianos

La función de utilidad de cada hogar *ricardiano* u optimizador en el momento  $t$  está dada por:

$$E_0 \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \left\{ z_t^c \log(c_{jt}^o - h \left( \frac{g_t^A}{g_{t-1}^A} \right) c_{jt-1}^o) - \theta^o \frac{n_{jt}^{o, 1+\gamma_n^o}}{1+\gamma_n^o} \right\} \quad (1)$$

para  $t = 0, 1, \dots, \infty$ . Los miembros de este hogar representativo derivan utilidad de la canasta de bienes de consumo,  $c_{jt}^o$ , pero no disfrutan del tiempo destinado a trabajar,  $n_{jt}^o$ . El flujo de utilidad derivado del consumo depende del consumo presente y el consumo pasado, donde el parámetro  $h$  representa la formación de hábitos en las preferencias del consumidor, el parámetro  $\theta^o$  es un parámetro de la oferta laboral,  $\gamma_n^o$  es la elasticidad inversa de la oferta laboral respecto al salario real,  $\frac{g_t^A}{g_{t-1}^A}$  representa el crecimiento de la productividad del trabajo y  $z_t^c$  es un choque de demanda que captura cambios exógenos en las decisiones de consumo. Se asume que  $z_t^c$  sigue un proceso estacionario.

Los hogares tienen acceso a dos tipos de activos: bonos no contingentes externos de un periodo,  $B_{jt}^{o*}$  y bonos contingentes domésticos de un periodo,  $B_{jt+1}^o$ . Se supone

<sup>7</sup> [3] presentan alguna evidencia, fundamentados en estimaciones de la ecuación de Euler modificada, de que existe un número significativo de consumidores no-ricardianos en Estados Unidos de América y otros países industrializados.

que no existen costos de ajuste en la composición del portafolio. Sin embargo, al pedir prestado al exterior, se debe pagar una prima sobre el precio internacional del bono extranjero, la cual está implícita en la tasa de interés externa,  $i_t^*$ , que enfrentan los agentes domésticos, y a su vez dicha tasa, es función del cociente entre la posición neta de activos externos y las exportaciones. Este supuesto implica que los hogares toman la prima de riesgo como dada al momento de decidir sus portafolios óptimos. Cada hogar  $j$  distribuye su ingreso en consumo,  $c_{jt}^o$ , inversión en capital físico,  $x_{jt}$ , y en el repago de la deuda externa en moneda nacional,  $s_t B_{jt-1}^{o*} (1 + i_{t-1}^*)$ , donde  $s_t$  es el tipo de cambio nominal corriente. El ingreso de los hogares *ricardianos* se deriva del ingreso laboral,  $W_{jt}^o n_{jt}^o$ , de la renta del capital físico,  $R_t^k K_{jt-1}^o$ , del rendimiento de los bonos domésticos,  $B_{jt-1}^o (1 + i_{t-1})$ , de la contratación de nueva deuda externa contraída en el periodo  $t$ ,  $s_t B_{jt}^{o*}$ , de los dividendos obtenidos de sus empresas monopolísticas en el mercado de bienes domésticos e importados,  $D_{jt}$  y de las remesas provenientes del exterior,  $s_t TR_{jt}^{*,o}$ . Por consiguiente, cada hogar maximiza su función de utilidad, decide sobre su consumo y la composición de su portafolio, sujeto a la restricción presupuestaria,

$$P_t^c c_{jt}^o + P_t^x x_{jt}^o + B_{jt}^o + s_t B_{jt-1}^{o*} (1 + i_{t-1}^*) = W_{jt}^o n_{jt}^o + R_t^k K_{jt-1}^o + B_{jt-1}^o (1 + i_{t-1}) + s_t B_{jt}^{o*} + D_{jt} + s_t TR_{jt}^{*,o}, \quad (2)$$

donde,  $P_t^c$  es el precio del bien de consumo,  $P_t^x$  es el precio de la inversión,  $R_t^k$  es la renta del capital,  $W_t$  es el salario nominal y  $D_{jt}^o$  son los beneficios recibidos por las empresas de los hogares *ricardianos*. La expresión (2) en términos reales es como sigue:

$$c_{jt}^o + \frac{P_t^x}{P_t^c} x_{jt}^o + b_{jt}^o + \frac{s_t P_t^* (1 + i_{t-1}^*)}{P_t^c (1 + \pi_t^*)} b_{jt-1}^{o*} = w_{jt}^o n_{jt}^o + r_t^k k_{jt-1}^o + b_{jt-1}^o \frac{(1 + i_{t-1})}{(1 + \pi_t)} + \frac{s_t P_t^*}{P_t^c} b_{jt}^{o*} + d_{jt}^o + \frac{s_t P_t^*}{P_t^c} tr_{jt}^{*,o} \quad (3)$$

La dinámica del capital está dada por la ley de movimiento siguiente:

$$k_{jt}^o = (1 - \delta) k_{jt-1}^o + z_t^x \left[ 1 - \frac{\psi^x}{2} \left( \frac{x_{jt}^o - x_{jt-1}^o}{x_{jt-1}^o} - g_A \right)^2 \right] x_{jt}^o \quad (4)$$

donde,  $z_t^x$  representa un *shock* tecnológico a la inversión definido como un proceso autorregresivo de orden 1,  $\psi^x$  representa el parámetro de ajuste de la función de costo de la inversión (segundo término dentro de corchetes en el lado derecho de la expresión 4) y  $g_A$  representa la tasa



de crecimiento balanceado de la economía. Entonces el lagrangeano para el problema de maximización del agente *ricardiano*  $j$  es:

$$\begin{aligned} \mathcal{L} = E_0 \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \left\{ \log \left( c_{jt}^o - h \left( \frac{g_{jt}^A}{g_{jt-1}^A} \right) c_{jt-1}^o \right) - \theta^o \frac{n_{jt}^{o,1+\gamma_n^o}}{1+\gamma_n^o} \right. \\ - \Lambda_{jt}^y \left[ c_{jt}^o + \frac{p_t^x}{p_t^c} x_{jt}^o + \frac{b_{jt}^o}{p_t^c} + \frac{s_t p_t^*}{p_t^c} \frac{b_{jt-1}^{o*}}{p_{t-1}^*} \frac{(1+i_{t-1}^*)}{(1+\pi_t^*)} - w_{jt}^o n_{jt}^o \right. \\ \left. \left. - r_t^k k_{jt-1}^o - \frac{b_{jt-1}^o}{p_{t-1}^c} \frac{(1+i_{t-1}^*)}{(1+\pi_t^*)} - \frac{s_t p_t^*}{p_t^c} \frac{b_{jt}^{o*}}{p_t^*} - D_{jt}^o - \frac{s_t p_t^*}{p_t^c} t r_t^{o*} \right] \right. \\ \left. - \Lambda_{jt}^{x^o} \left[ k_{jt}^o - (1-\delta) k_{jt-1}^o - z_t^x \left[ 1 - \frac{\psi^x}{2} \left( \frac{x_{jt}^o - x_{jt-1}^o}{x_{jt-1}^o} - g_A \right)^2 \right] x_{jt}^o \right] \right\}, \end{aligned}$$

las variables de decisión de este problema son:

$c_{jt}^o$ ,  $\frac{b_{jt}^o}{p_t^c}$ ,  $\frac{b_{jt-1}^{o*}}{p_{t-1}^*}$ ,  $x_{jt}^o$ ,  $k_{jt}^o$  y  $n_{jt}^o$ . Las condiciones de primer orden son:

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial c_{jt}^o} = \frac{1}{c_{jt}^o - h \left( \frac{g_{jt}^A}{g_{jt-1}^A} \right) c_{jt-1}^o} - \beta E_t \frac{h \left( \frac{g_{jt+1}^A}{g_{jt}^A} \right)}{c_{jt+1}^o - h \left( \frac{g_{jt+1}^A}{g_{jt}^A} \right) c_{jt}^o} - \Lambda_{jt}^y = 0 \quad (5)$$

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \left( \frac{b_{jt}^o}{p_t^c} \right)} = -\Lambda_{jt}^y + \beta E_t \Lambda_{jt+1}^y \frac{(1+i_t^*)}{(1+\pi_{t+1}^*)} = 0 \quad (6)$$

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \left( \frac{b_{jt-1}^{o*}}{p_{t-1}^*} \right)} = -\beta E_t \Lambda_{jt+1}^y e_{t+1} \frac{(1+i_t^*)}{(1+\pi_{t+1}^*)} + \Lambda_{jt}^y e_t = 0 \quad (7)$$

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial k_{jt}^o} = -\Lambda_{jt}^x + \beta E_t [\Lambda_{jt+1}^y r_{t+1}^k + \Lambda_{jt+1}^x (1-\delta)] = 0 \quad (8)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial x_{jt}^o} = -\Lambda_{jt}^y \frac{p_t^x}{p_t^c} + \Lambda_{jt}^{x^o} z_t^x \left[ \left( 1 - \frac{\psi^x}{2} \left( \frac{x_{jt}^o}{x_{jt-1}^o} - g_A \right)^2 \right) - \psi^x \left( \frac{x_{jt}^o}{x_{jt-1}^o} - g_A \right) \frac{x_{jt}^o}{x_{jt-1}^o} \right] \\ + \beta E_t \Lambda_{jt+1}^{x^o} z_{t+1}^x \psi^x \left( \frac{x_{jt+1}^o}{x_{jt}^o} - 1 \right) \left( \frac{x_{jt+1}^o}{x_{jt}^o} \right)^2 = 0, \quad (9) \end{aligned}$$

donde  $e_t = \frac{s_t p_t^*}{p_t^c}$

Las ecuaciones (6)-(9) representan el conjunto de decisiones prospectivas (*forward-looking*) óptimas sobre cuánto trabajar, consumir y ahorrar en la forma de capital físico, bonos domésticos y bonos externos. En cada momento del tiempo, los hogares enfrentan incertidumbre acerca de las trayectorias futuras de dichas variables; sin embargo, en el modelo se supone que dichos hogares tienen pleno

conocimiento de la clase de perturbaciones o eventos externos que pueden afectar sus decisiones y, sobre todo, se asume que las familias conocen la probabilidad con la cual dichos eventos pueden ocurrir. Por consiguiente, las familias, en esta economía pueden formar sus expectativas sobre las trayectorias futuras de dichas variables, las cuales forman parte del conjunto de insumos que se incorporan en las decisiones corrientes.<sup>8</sup> El plan óptimo, así, expresa una serie de instrucciones sobre la forma de comportarse ante la ocurrencia de cada *shock* o perturbación, tomando en consideración las expectativas acerca del futuro, en lugar de una única decisión sobre cuánto exactamente trabajar, consumir y ahorrar en cada periodo futuro. Esta es la principal diferencia entre el comportamiento de los agentes *ricardianos* y los agentes *no-ricardianos* presentados más adelante. Las condiciones de optimalidad expresadas en las ecuaciones (6)-(9), en conjunto y en equilibrio, establecen la relación negativa entre la tasa de interés y la demanda agregada (consumo e inversión) que determina el bloque de demanda del modelo. La inclusión de hábitos de consumo hace la dinámica del modelo más realista y coherente con los datos. De acuerdo a [8], contrario a lo que sucede en los modelos sin rigideces reales (donde el consumo se ajusta bruscamente), un modelo con hábitos de consumo permite una respuesta suave del consumo a *shocks* de política monetaria y, por consiguiente, también permite una respuesta más gradual de la inflación a cambios en la política monetaria.

### 3.1.2 Hogares *no-ricardianos*

Una fracción  $1-\lambda$  de hogares en la economía enfrenta restricciones de liquidez. Estos hogares consumen todo su ingreso periodo a periodo, el cual proviene de salarios y remesas del exterior. Estos no suavizan la trayectoria del consumo como respuesta a cambios en los salarios reales y tampoco experimentan sustitución intertemporal del consumo cuando cambia la tasa de interés real. Como es señalado por [10], este comportamiento irracional, desde el punto de vista de la forma estándar de modelar a los consumidores en los modelos estructurales, puede

<sup>8</sup> Las expectativas se supone que son racionales, significando que los agentes incorporan toda la información relevante disponible en el momento que se toman las decisiones y no se cometen errores sistemáticos. De acuerdo a la notación utilizada,  $E_t[X_{t+1}]$  representa la expectativa formada en el periodo  $t$  de cualquier variable futura  $X_{t+1}$ , como en la ecuación (6), por ejemplo. En adelante, por simplicidad se omitirá la notación de expectativas para variables en  $t+1$ .



interpretarse como una combinación de miopía, falta de acceso a los mercados financieros o simplemente porque una proporción importante de la población vive en condiciones de subsistencia y su ingreso únicamente es suficiente para satisfacer sus necesidades básicas, como sucede en Guatemala. La función de utilidad de cada periodo del hogar *no-ricardiano*  $j$  está dada por

$$U(c_{jt}^r, n_{jt}^r) = \log(c_{jt}^r) - \theta^r \frac{n_{jt}^{r, 1+\gamma_n^r}}{1+\gamma_n^r}, \quad (10)$$

donde la letra "r" superpuesta se utiliza para referirse a variables relacionadas con los agentes *no-ricardianos* o restringidos. La restricción presupuestaria para estos agentes es la siguiente:

$$c_{jt}^r = w_{jt}^r n_{jt}^r + \frac{s_t p_t^*}{p_t^c} t r_{jt}^{*,r}. \quad (11)$$

Por consiguiente, el nivel de consumo del hogar  $j$  es igual al ingreso laboral más las remesas recibidas del exterior representadas por el segundo término del lado derecho de la ecuación (11). Nótese que las remesas recibidas por el hogar  $j$  están expresadas en moneda nacional y en términos reales.

### 3.1.3 Demanda de trabajo y decisiones salariales

A continuación se describe el funcionamiento del mercado laboral para los agentes *ricardianos* y *no-ricardianos*. En esta economía existe una agencia agregadora que compra trabajo *ricardiano* y *no-ricardiano*, la cual vende dicho factor a las firmas productoras de bienes intermedios en un mercado competitivo. Además, existen dos agencias encargadas de empaquetar el trabajo de los hogares *ricardianos* y *no-ricardianos*. La agencia de trabajo *ricardiana* agrega los diferentes tipos de trabajo utilizando la siguiente función de producción:

$$n_t^o = \left[ \int_0^1 n_{jt}^{\frac{\varepsilon_n^o - 1}{\varepsilon_n^o}} dj \right]^{\frac{\varepsilon_n^o}{\varepsilon_n^o - 1}}, \quad (12)$$

donde  $0 \leq \varepsilon_n^o < \infty$  es la elasticidad de sustitución entre diferentes tipos de trabajo y  $n_t^o$  es la demanda de trabajo total. El empaquetador de trabajo maximiza beneficios sujeto a la función de producción (12), tomando como dado el salario diferenciado,  $w_{jt}^o$  y el salario agregado,  $w_t^o$ :

$$\max_{n_{jt}^o} w_t^o n_t^o - \int_0^1 w_{jt}^o n_{jt}^o dj$$

$$s.t. n_t^o = \left[ \int_0^1 n_{jt}^{\frac{\varepsilon_n^o - 1}{\varepsilon_n^o}} dj \right]^{\frac{\varepsilon_n^o}{\varepsilon_n^o - 1}}$$

De la condición de primer orden respecto a  $n_{jt}^o$ , utilizando la condición de beneficios cero proveniente del mercado competitivo,  $w_t^o n_t^o = \int_0^1 w_{jt}^o n_{jt}^o dj$ , y después de un poco de álgebra se obtiene la función de demanda de trabajo y el salario agregado:

$$(n_{j,t}^o) = \left( \frac{w_{j,t}^o}{w_t^o} \right)^{-\varepsilon_n^o} n_t^o \quad (13)$$

$$w_t^o = \left( \int_0^1 w_{j,t}^{o, 1-\varepsilon_n^o} dj \right)^{\frac{1}{1-\varepsilon_n^o}} \quad (14)$$

Los hogares *ricardianos* establecen sus salarios de la misma forma que en [2]. En cada periodo, una proporción  $1 - \phi_n^o$  de los hogares está habilitado para optimizar sus salarios, mientras el resto de hogares, la fracción  $\phi_n^o$ , siguen una regla pasiva de actualización de precios. El parámetro  $\phi_n^o$  es una medida del grado de rigidez nominal. Cuanto mayor es dicho parámetro, menor es la frecuencia con la que los salarios de los agentes *ricardianos* son ajustados.<sup>9</sup> Por su parte, para aquellos hogares que no pueden optimizar sus precios durante el periodo  $t$ , existe una regla de actualización o de ajuste pasiva, tal que su salario en  $t + 1$  está dado por:

$$w_{j,t+i}^o = w_{j,t}^o (1 + \bar{\pi})^{(1-\chi_w^o)i} \prod_{s=1}^i \frac{(1+\pi_{t+s-1})^{\chi_w^o}}{(1+\pi_{t+s}^c)} \left( \frac{A_{t+s-1}^p}{A_{t+s-2}^p} \right) \quad (15)$$

donde  $w_{j,t}^o = \frac{w_{j,t}^o}{p_t^c}$  y  $(1 + \pi_t^c) = \frac{p_t^c}{p_{t-1}^c}$ . Este ajuste pasivo implica una actualización que considera un promedio ponderado geométrico de la inflación doméstica pasada,  $(1 + \pi_{t+s-1})$ , y de la meta de inflación establecida por la autoridad monetaria,  $\bar{\pi}$ . El grado de indexación es controlado por el parámetro  $\chi_w^o \in [0, 1]$  y el término  $\frac{A_{t+s-1}^p}{A_{t+s-2}^p}$  permite prevenir una alta dispersión de los precios alrededor de la trayectoria de crecimiento de estado estacionario. Por consiguiente, el problema al que se enfrenta el hogar *ricardiano*  $j$ , el que puede reoptimizar sus salarios en  $t$  es:

$$\max_{w_{jt}^o} E_t \sum_{i=0}^{\infty} (\beta \phi_n^o)^i \left\{ \Lambda_{j,t+i}^{o,y} w_{j,t+i}^o n_{j,t+i}^o - \theta^o \frac{n_{j,t+i}^{o, 1+\gamma_n}}{1+\gamma_n} \right\}$$

<sup>9</sup> Por ejemplo, un  $\phi_n^o = 0.75$  significa que los salarios son ajustados cada cuatro periodos, frecuencia de ajuste =  $1/(1-0.75)$ . Si las variables temporales tuvieran una frecuencia trimestral, luego los salarios se ajustarían cada año.

$$s. a. n_{j,t+i}^o = \left( \frac{w_{j,t+i}^o}{w_{t+i}^o} \right)^{-\varepsilon_n^o} n_{t+i}^o$$

$$w_{j,t+i}^o = w_{j,t}^o (1 + \bar{\pi})^{(1-\chi_w^o)i} \prod_{s=1}^i \frac{(1+\pi_{t+s-1})^{\chi_w^o}}{(1+\pi_{t+s}^c)} \left( \frac{A_{t+s-1}^p}{A_{t+s-2}^p} \right)$$

Los hogares que no ajustan sus precios de manera frecuente, únicamente lo hacen cuando reciben una señal. En cada periodo, la probabilidad para cualquier hogar de recibir esa señal y ajustar los precios es de  $1 - \phi_n^o$ . Al resolver el problema descrito se obtiene la siguiente expresión:

$$f_{1,t} = f_{2,t} \quad (16)$$

donde,

$$f_{1,t} \equiv w_{j,t}^o \left( \frac{\varepsilon_n^o - 1}{\varepsilon_n^o} \right) E_t \sum_{i=0}^{\infty} (\beta \phi_n^o)^i \Lambda_{j,t+i}^{o,y} \dots$$

$$\left( \frac{w_{j,t}^o}{w_{t+i}^o} \right)^{-\varepsilon_n^o} n_{t+i}^o \left( (1 + \bar{\pi})^{(1-\chi_w^o)i} \prod_{s=1}^i \frac{(1+\pi_{t+s-1})^{\chi_w^o}}{(1+\pi_{t+s}^c)} \left( \frac{A_{t+s-1}^p}{A_{t+s-2}^p} \right) \right)^{1-\varepsilon_n^o}$$

$$f_{2,t} \equiv$$

$$E_t \sum_{i=0}^{\infty} (\beta \phi_n^o)^i \theta^o \left( (1 + \bar{\pi})^{(1-\chi_w^o)i} \prod_{s=1}^i \frac{(1+\pi_{t+s-1})^{\chi_w^o}}{(1+\pi_{t+s}^c)} \left( \frac{A_{t+s-1}^p}{A_{t+s-2}^p} \right) \frac{w_{j,t}^o}{w_{t+i}^o} \right)^{-\varepsilon_n^o(1+\gamma_n)} n_{t+i}^{o,(1+\gamma_n)}$$

Todos los hogares *ricardianos* que pueden optimizar sus salarios en este periodo establecen el mismo salario ( $w_{j,t}^o = w_t^{o,op} \forall j$ ) por la existencia de mercados completos en este modelo, lo cual permite a los hogares cubrirse del riesgo de cambios temporales de salarios. De esta manera, se puede eliminar el subíndice  $j$  de todas las variables y escribiendo esas expresiones en forma recursiva las mismas llegan a ser:

$$f_{1,t} = \left( \frac{\varepsilon_n^o - 1}{\varepsilon_n^o} \right) w_{j,t}^{o,op,(1-\varepsilon_n^o)} \Lambda_{j,t}^{o,y} w_t^{o,\varepsilon_n^o} n_t^o \dots$$

$$+ \beta \phi_n^o \left( \frac{w_{j,t}^{o,op,(1-\varepsilon_n^o)}}{w_{j,t+1}^{o,op,(1-\varepsilon_n^o)}} \right) \left( (1 + \bar{\pi})^{(1-\chi_w^o)} \frac{(1+\pi_t)^{\chi_w^o}}{(1+\pi_{t+1}^c)} \left( \frac{A_t^p}{A_{t-1}^p} \right) \right)^{1-\varepsilon_n^o} f_{1,t+1} \quad (17)$$

$$f_{2,t} = \theta^o \left( \frac{w_{j,t}^{o,op}}{w_t^o} \right)^{-\varepsilon_n^o(1+\gamma_n)} n_t^{o,(1+\gamma_n)} \dots$$

$$+ \beta \phi_n^o \left( (1 + \bar{\pi})^{(1-\chi_w^o)} \frac{(1+\pi_t)^{\chi_w^o}}{(1+\pi_{t+1}^c)} \left( \frac{A_t^p}{A_{t-1}^p} \right) \frac{w_{j,t}^{o,op}}{w_{t+1}^o} \right)^{-\varepsilon_n^o(1+\gamma_n)} f_{2,t+1}, \quad (18)$$

resolviendo estas dos ecuaciones se obtiene la expresión para los salarios óptimos,  $w_t^{o,op}$ . Finalmente, en un

equilibrio simétrico y en cada periodo, una proporción  $1 - \phi_n^o$  de hogares *ricardianos* establece  $w_t^{o,op}$  como su salario, en tanto que la proporción restante,  $\phi_n^o$  sigue la regla pasiva de indexación de salarios. Por consiguiente, el índice de salarios reales es como sigue:

$$w_t^{o,(1-\varepsilon_n^o)} = \phi_n^o \left( \bar{\pi}^{(1-\chi_w^o)} \frac{\pi_{t-1}^{\chi_w^o}}{\pi_t^c} \left( \frac{A_{t-1}^p}{A_{t-2}^p} \right) \right)^{1-\varepsilon_n^o} w_{t-1}^{o,(1-\varepsilon_n^o)} + (1 - \phi_n^o) w_t^{o,op,(1-\varepsilon_n^o)} \quad (19)$$

dicha expresión indica que los salarios reales son un promedio geométrico de los salarios reales pasados y los nuevos salarios óptimos.

Igual que los agentes *ricardianos*, en este modelo también se asume que los agentes *no-ricardianos* establecen sus salarios a la Calvo. Por lo tanto, la función de demanda de trabajo y el salario real de los agentes *no-ricardianos* está dado por:

$$(n_{j,t}^r) = \left( \frac{w_{j,t}^r}{w_t^r} \right)^{-\varepsilon_n^r} n_t^r \quad (20)$$

$$w_t^r = \left( \int_0^1 w_{j,t}^{r,1-\varepsilon_n^r} dj \right)^{\frac{1}{1-\varepsilon_n^r}} \quad (21)$$

La probabilidad de reoptimizar el salario para un agente *no-ricardiano* en un periodo dado es  $1 - \phi_n^r$  y la probabilidad de ajustarlo en  $i$  periodos sería  $1 - \phi_n^{i,r}$ . El problema de maximización de estos agentes es equivalente al descrito arriba para los agentes *ricardianos* y está dado por:

$$\max_{w_{j,t}^r} E_t \sum_{i=0}^{\infty} (\beta^r \phi_n^r)^i \left\{ \Lambda_{j,t+i}^{r,y} w_{j,t+i}^r n_{j,t+i}^r - \theta^r \frac{n_{j,t+i}^{r,1+\gamma_n}}{1+\gamma_n} \right\}$$

$$s. a. n_{j,t+i}^r = \left( \frac{w_{j,t+i}^r}{w_{t+i}^r} \right)^{-\varepsilon_n^r} n_{t+i}^r$$

$$w_{j,t+i}^r = w_{j,t}^r (1 + \bar{\pi})^{(1-\chi_w^r)i} \prod_{s=1}^i \frac{(1+\pi_{t+s-1})^{\chi_w^r}}{(1+\pi_{t+s}^c)} \left( \frac{A_{t+s-1}^p}{A_{t+s-2}^p} \right)$$

De la condición de primer orden de este problema, se obtiene a una solución similar a la de los agentes optimizadores,

$$f_{1,t}^r = f_{2,t}^r \quad (22)$$

en donde,

$$f_{1,t}^r = \left( \frac{\varepsilon_n^r - 1}{\varepsilon_n^r} \right) w_{j,t}^{r,op,(1-\varepsilon_n^r)} \Lambda_{j,t}^{r,y} w_t^{r,\varepsilon_n^r} n_t^r \dots$$

$$+\beta^r \phi_n^r \left( \frac{w_{jt}^{r,op}(1-\varepsilon_n^r)}{w_{jt+1}^{r,op}(1-\varepsilon_n^r)} \right) \left( (1+\bar{\pi})^{(1-\chi_w^r)} \frac{(1+\pi_t^r) \chi_w^r}{(1+\pi_{t+1}^r)} \left( \frac{A_t^p}{A_{t-1}^p} \right) \right)^{1-\varepsilon_n^r} f_{1,t+1}^r \quad (23)$$

$$f_{2,t}^r = \theta^r \left( \frac{w_{jt}^{r,op}}{w_t^r} \right)^{-\varepsilon_n^r(1+\gamma_n)} n_t^{r,(1+\gamma_n)} \dots$$

$$+\beta^r \phi_n^r \left( (1+\bar{\pi})^{(1-\chi_w^r)} \frac{(1+\pi_t^r) \chi_w^r}{(1+\pi_{t+1}^r)} \left( \frac{A_t^p}{A_{t-1}^p} \right) \frac{w_{jt}^{r,op}}{w_{t+1}^r} \right)^{-\varepsilon_n^r(1+\gamma_n)} f_{2,t+1}^r \quad (24)$$

Finalmente, el índice de salarios de los hogares restringidos está dado por:

$$w_t^{r,(1-\varepsilon_n^r)} = \phi_n^r \left( (1+\bar{\pi})^{(1-\chi_w^r)} \frac{(1+\pi_{t-1}^r) \chi_w^r}{(1+\pi_t^r)} \left( \frac{A_{t-1}^p}{A_{t-2}^p} \right) \right)^{1-\varepsilon_n^r} w_{t-1}^{r,(1-\varepsilon_n^r)}$$

$$+(1-\phi_n^r) w_t^{r,op,(1-\varepsilon_n^r)}, \quad (25)$$

nótese que también el índice de salario real es un promedio geométrico de los salarios pasados y de los salarios óptimos,  $w_t^{r,op}$ . Esto es algo característico del establecimiento de precios a la Calvo.

Además, tanto para los hogares *ricardianos*, como para los *no-ricardianos*, la proporción de hogares que indexa parcialmente o que sigue la regla pasiva de actualización de salarios lo hace tomando en cuenta la inflación pasada total,  $\pi_{t-1}$  y no la inflación subyacente,  $\pi_t^c$ . Esto es relevante porque define un canal importate de cómo los *shocks* de precios de las materias primas energéticas y no energéticas se propagan en este modelo, lo cual se hará evidente más adelante en la agregación de la inflación total.

Como se mencionó, en esta economía existe una agencia encargada de comprar y agregar el trabajo ofrecido por los hogares *ricardianos* y *no-ricardianos*, la cual produce un único trabajo agregado, el cual vende a las firmas productoras de bienes intermedios. La agencia agregadora de trabajo toma como dado los salarios agregados de la economía,  $w_t$ , y los salarios agregados de ambos tipos de hogares,  $w_t^o$  y  $w_t^r$ , y resuelve el problema de maximización siguiente:

$$\text{Max}_{n_t^o, n_t^r} w_t n_t - w_t^o n_t^o - w_t^r n_t^r$$

$$s.a. \quad n_t = n_t^{o,d} n_t^{r,d(1-\lambda)}$$

De esta manera, las demandas de trabajo son:

$$n_t^{o,d} = \lambda n_t \frac{w_t}{w_t^o} \quad (26)$$

$$n_t^{r,d} = (1-\lambda) n_t \frac{w_t}{w_t^r}, \quad (27)$$

En equilibrio las demandas de trabajo satisfacen  $n_t^{r,d} = (1-\lambda) n_t^r$  y  $n_t^{o,d} = \lambda n_t^o$  donde  $\lambda$  es la proporción de hogares optimizadores y la fracción restante,  $(1-\lambda)$ , es la proporción de hogares restringidos de liquidez.

### 3.2 El sector distribuidor

El sector distribuidor está integrado por dos segmentos. Al final, se tiene un productor de un bien de consumo y un productor de un bien destinado a la inversión, mientras que un productor del bien doméstico final agrega todos los bienes domésticos intermedios para producir el bien doméstico final.

#### 3.2.1 Productores del bien de consumo final y el bien de inversión

En lo más alto de la cadena de distribución, existen dos productores que producen en mercados competitivos un bien de consumo y un bien destinado a la inversión. Estas empresas agregan el consumo e inversión domésticos ( $c_{jt}^d, x_{jt}^{o,d}$ ) con el consumo e inversión importados ( $c_{jt}^f, x_{jt}^{o,f}$ ). De esta manera, los bienes de consumo e inversión son una especie de bienes compuestos entre bienes importados y domésticos.<sup>10</sup> Para cualquier nivel de consumo e inversión, cada hogar adquiere (demanda) en el periodo  $t$  una combinación de bienes domésticos e importados, de tal manera que minimiza el costo de su canasta compuesta de consumo e inversión. Para ello, cada hogar se enfrenta a los siguientes problemas de minimización:

$$\min_{\{c_{jt}^d, c_{jt}^f\}} P_t^{cd} c_{jt}^d + P_t^{cf} c_{jt}^f$$

$$s.a. \quad c_{jt} = \left[ (1-\alpha^c)^{\frac{1}{\eta^c}} (c_{jt}^d)^{\frac{\eta^c-1}{\eta^c}} + \alpha^c (c_{jt}^f)^{\frac{\eta^c-1}{\eta^c}} \right]^{\frac{\eta^c}{\eta^c-1}}$$

<sup>10</sup> Para facilitar la exposición de la agregación del consumo en esta parte se omiten las identificaciones para agentes ricardianos y no-ricardianos, esto es porque para simplificar el análisis se asume una composición similar de la canasta de consumo para ambos agentes.

$$\min_{\{x_{jt}^{o,d}, x_{jt}^{o,f}\}} P_t^{xd} x_{jt}^{o,d} + P_t^{xf} x_{jt}^{o,f}$$

$$s.a. \quad x_{jt}^o = \left[ (1 - \alpha^x)^{\frac{1}{\eta^x}} (x_{jt}^{o,d})^{\frac{\eta^x-1}{\eta^x}} + \alpha^x (x_{jt}^{o,f})^{\frac{\eta^x-1}{\eta^x}} \right]^{\frac{\eta^x}{\eta^x-1}}$$

donde  $\eta^c$  y  $\eta^x$  son las elasticidades de sustitución entre bienes importados y domésticos para el consumo y la inversión, respectivamente,  $\alpha^c$  y  $\alpha^x$  son la participación de los bienes importados dentro de las canastas de consumo e inversión, respectivamente,  $P_t^{cd}, P_t^{cf}, P_t^{xd}$  y  $P_t^{xf}$  son los precios de los bienes de consumo domésticos e importados, y de los precios de los bienes de inversión domésticos e importados, respectivamente. De las condiciones de primer orden de estos problemas se obtienen:

$$c_t^d = (1 - \alpha^c) \left( \frac{P_t^{cd}}{P_t^c} \right)^{-\eta^c} c_{jt} \quad (28)$$

$$c_{jt}^f = \alpha^c \left( \frac{P_t^{cf}}{P_t^c} \right)^{-\eta^c} c_{jt} \quad (29)$$

$$x_{jt}^{o,d} = (1 - \alpha^x) \left( \frac{P_t^{xd}}{P_t^x} \right)^{-\eta^x} x_{jt}^o \quad (30)$$

$$x_{jt}^{o,f} = \alpha^x \left( \frac{P_t^{xf}}{P_t^x} \right)^{-\eta^x} x_{jt}^o \quad (31)$$

Las expresiones (28)-(31) representan las demandas de bienes de consumo e inversión domésticos e importados, respectivamente. Donde la ecuación para el índice de precios al consumidor es:

$$P_t^c = \left[ (1 - \alpha^c) (P_t^{cd})^{(1-\eta^c)} + \alpha^c (P_t^{cf})^{(1-\eta^c)} \right]^{\frac{1}{1-\eta^c}}, \quad (32)$$

de lo anterior es posible calcular la inflación agregada, al dividir la expresión para  $P_t^c$  entre  $P_{t-1}^c$

$$\pi_t^c = \left[ (1 - \alpha^c) \left( \pi_t^d \right)^{1-\eta^c} \left( \frac{P_{t-1}^{cd}}{P_t^{cd}} \right)^{1-\eta^c} + \alpha^c \left( \pi_t^f \right)^{1-\eta^c} \left( \frac{P_{t-1}^{cf}}{P_t^{cf}} \right)^{1-\eta^c} \right]^{\frac{1}{1-\eta^c}}. \quad (33)$$

El precio relativo de la inversión es:

$$\frac{P_t^x}{P_t^c} = \left[ (1 - \alpha^x) \left( \frac{P_t^{xd}}{P_t^c} \right)^{1-\eta^x} + (\alpha^x)^{\frac{1}{\eta^x}} \left( \frac{P_t^{xf}}{P_t^c} \right)^{1-\eta^x} \right]^{\frac{1}{1-\eta^x}} \quad (34)$$

donde los precios relativos asociados a la inversión son

$$\frac{P_t^{xd}}{P_t^x} = \frac{P_t^y}{P_t^c} \left( \frac{P_t^x}{P_t^c} \right)^{-1}, \quad \frac{P_t^{xf}}{P_t^x} = \frac{P_t^f}{P_t^c} \left( \frac{P_t^x}{P_t^c} \right)^{-1} \quad y \quad \frac{P_t^f}{P_t^c} = \frac{s_t P_t^*}{P_t^c} \frac{P_t^{f*}}{P_t^c}.$$

### 3.2.2 Firma productora de bienes finales

El bien doméstico  $y_t^d$  se produce por empresas minoristas utilizando una tecnología con retornos constantes de escala,

$$y_t^d = \left( \int_0^1 (y_{i,t})^{\frac{\varepsilon-1}{\varepsilon}} di \right)^{\frac{\varepsilon}{\varepsilon-1}}, \quad (35)$$

donde  $y_{i,t}$  representa la cantidad de bien intermedio  $i$  utilizado como insumo y  $\varepsilon > 1$  es la elasticidad de sustitución entre insumos. El problema de maximización de beneficios es

$$\max P_t^y y_t^d - \int_0^1 P_{i,t} y_{i,t} di$$

$$s.a. y_t^d = \left( \int_0^1 (y_{i,t})^{\frac{\varepsilon-1}{\varepsilon}} di \right)^{\frac{\varepsilon}{\varepsilon-1}}.$$

Así, del problema de minimización de costos, tomando como dado el precio del bien final,  $P_t^y$  y el precio del bien intermedio  $P_{i,t}$ , se obtiene la demanda de la variedad  $i$ :

$$y_{i,t} = \left( \frac{P_{i,t}}{P_t^y} \right)^{-\varepsilon} y_t^d, \quad (36)$$

donde  $y_t^d$  es la demanda total por el producto doméstico y  $y_t^d = c_t^d + c_t^{d*} + x_t^d$ . Además, el índice de precios al productor, usando la condición de cero beneficios, está dada por

$$P_t^y = \left( \int_0^1 (P_{i,t})^{1-\varepsilon} di \right)^{\frac{1}{1-\varepsilon}}$$

### 3.3 Productores del bien intermedio

La función de producción para la firma representativa productora de bienes intermedios es dada por:

$$y_{i,t} = A_t z_t^y k_{i,t-1}^\alpha n_{i,t}^{1-\alpha}, \quad (37)$$

donde  $A_t = (A_t^y)^{1-\alpha}$  es un shock de productividad tal que  $\frac{A_t}{A_{t-1}} = \bar{g}^A + \sigma_A \xi_t$ . De esta manera, las demandas óptimas para el capital y el trabajo son:

$$k_{i,t-1} = m c_{it}^y \alpha \frac{y_{it}}{r_t^k} \quad (38)$$

$$n_{i,t} = m c_{it}^y (1 - \alpha) \frac{y_{it}}{w_t}, \quad (39)$$

donde  $mc_{it}$  es el costo marginal de la firma  $i$ . Dado que la firma tiene retornos constantes a escala es posible calcular el costo marginal real del nivel de capital y trabajo necesarios para producir una unidad de producto,

$$mc_{it}^{yd} = \left(\frac{1}{\alpha}\right)^{\alpha} \left(\frac{1}{1-\alpha}\right)^{1-\alpha} \frac{(r_t^k)^{\alpha} w_t^{1-\alpha}}{A_t z_t^y}. \quad (40)$$

El costo marginal es igual para todas las empresas  $mc_{it}^{yd} = mc_t^{yd}$ , es decir, todas las firmas tienen la misma tecnología y todas las firmas enfrentan los mismos precios. En una segunda etapa, los productores de bienes intermedios establecen sus precios maximizando beneficios reales descontados. Se asume que establecen dichos precios utilizando el mismo esquema de salarios de los hogares. En cada periodo, una fracción  $1 - \phi^y$  de firmas puede cambiar sus precios, mientras que las firmas restantes,  $\phi^y$ , siguen una regla pasiva de actualización de precios también similar a la descrita para los salarios de los hogares. El grado de indexación de los precios domésticos es controlada por  $\chi_y \in [0,1]$ . El problema de maximización de beneficios es:

$$\begin{aligned} \max_{P_{i,t}} E_t \sum_{\tau=0}^{\infty} (\phi^y \beta)^{\tau} \frac{\Lambda_{t+\tau}^{o,y}}{\Lambda_t^{o,y}} \left\{ \left( \frac{P_{i,t+\tau}^y}{P_{t+\tau}^y} - mc_{t+\tau}^{yd} \right) \left( \frac{P_{i,t+\tau}^y}{P_{t+\tau}^y} \right)^{-\varepsilon} y_{t+\tau}^d \right\} \\ \text{s. a. } P_{i,t+\tau}^y = P_{i,t}^y (1 + \bar{\pi})^{(1-\chi_y)\tau} \prod_{s=1}^{\tau} (1 + \pi_{t+s-1})^{\chi_y} \end{aligned}$$

De la condición de primer orden de este problema se obtiene una solución similar a la de los salarios de los hogares:

$$\frac{P_{i,t}^{y,op}}{P_t^y} = \frac{\varepsilon}{(\varepsilon-1)} \frac{f_{1,t}^y}{f_{2,t}^y}, \quad (41)$$

donde,

$$f_{1,t}^y = E_t \sum_{\tau=0}^{\infty} (\phi^y \beta)^{\tau} \frac{\Lambda_{t+\tau}^{o,y}}{\Lambda_t^{o,y}} y_{t+\tau}^d \left\{ \left( mc_{t+\tau}^{yd} \right) \left[ (1 + \bar{\pi})^{(1-\chi_y)\tau} \prod_{s=1}^{\tau} \frac{(1 + \pi_{t+s-1})^{\chi_y}}{1 + \pi_{t+s}^y} \right]^{-\varepsilon} \right\}$$

$$f_{2,t}^y = E_t \sum_{\tau=0}^{\infty} (\phi^y \beta)^{\tau} \frac{\Lambda_{t+\tau}^{o,y}}{\Lambda_t^{o,y}} y_{t+\tau}^d \left\{ \left[ (1 + \bar{\pi})^{(1-\chi_y)\tau} \prod_{s=1}^{\tau} \frac{(1 + \pi_{t+s-1})^{\chi_y}}{1 + \pi_{t+s}^y} \right]^{1-\varepsilon} \left( \frac{P_{t+\tau}^y}{P_{t+\tau}^y} \right) \right\}$$

Estas expresiones de forma recursiva son:

$$f_{1,t}^y = y_t^d mc_t^{yd} + (\phi^y \beta) \frac{\Lambda_{t+1}^{o,y}}{\Lambda_t^{o,y}} \left[ (1 + \bar{\pi})^{(1-\chi_y)} \frac{(1 + \pi_t)^{\chi_y}}{1 + \pi_{t+1}^y} \right]^{-\varepsilon} f_{1,t+1}^y \quad (42)$$

$$f_{2,t}^y = y_t^d \left( \frac{P_t^y}{P_t^y} \right) + (\phi^y \beta) \frac{\Lambda_{t+1}^{o,y}}{\Lambda_t^{o,y}} \left[ (1 + \bar{\pi})^{(1-\chi_y)} \frac{(1 + \pi_t)^{\chi_y}}{1 + \pi_{t+1}^y} \right]^{1-\varepsilon} f_{2,t+1}^y. \quad (43)$$

Los precios domésticos están dados por:

$$(P_t^y)^{1-\varepsilon} = \phi^y (P_t^r)^{1-\varepsilon} + (1 - \phi^y) (P_t^{op})^{1-\varepsilon},$$

dividiendo por  $(P_t^y)^{1-\varepsilon}$  se obtiene

$$1 = \phi^y \left( \frac{P_t^r}{P_t^y} \right)^{1-\varepsilon} + (1 - \phi^y) \left( \frac{P_t^{op}}{P_t^y} \right)^{1-\varepsilon}, \quad (44)$$

donde  $P_t^r$  está definido como

$$P_t^r = P_{t-1}^y \bar{\pi}^{(1-\chi_y)} (\pi_{t-1})^{\chi_y}.$$

### 3.3.1 Firmas importadoras

El sector importador consiste en un continuo de empresas que compran un bien homogéneo en el mercado externo y posteriormente lo convierten en un bien importado diferenciado. En el agregado, las empresas combinan sus bienes diferenciados para obtener un bien final importado,  $y_t^m$ . Las diferentes empresas importadoras compran en el extranjero al precio  $P_t^{f,*}$ . Cada empresa importadora posee un poder monopolístico sobre el precio minorista de su variedad. Se supone rigidez de precios al convertir los precios a moneda local para permitir un efecto traspaso incompleto del tipo de cambio hacia los precios de las importaciones. Similar a las empresas productoras de bienes intermedios, las empresas importadoras ajustan sus precios locales de forma irregular, únicamente cuando reciben una señal, la que tiene una probabilidad de  $1 - \phi_m$  cada periodo. Como en el caso de los bienes producidos localmente, al no recibir una señal, la empresa actualiza su precio siguiendo una regla pasiva. Sin embargo, cuando la empresa recibe la señal escoge su nuevo precio maximizando la siguiente expresión:

$$\max E_t \sum_{\tau=0}^{\infty} (\phi^m \beta)^{\tau} \frac{\Lambda_{t+\tau}^{o,y}}{\Lambda_t^{o,y}} \left\{ \left( \frac{P_{z,t+\tau}^f}{P_{t+\tau}^c} - mc_{t+\tau}^{ym} \right) \left( \frac{P_{z,t+\tau}^f}{P_{t+\tau}^c} \right)^{-\varepsilon_m} y_{t+\tau}^m \right\}$$

$$\text{s. a. } P_{z,t+\tau}^f = P_{z,t}^f (1 + \bar{\pi})^{(1-\chi_m)\tau} \prod_{s=1}^{\tau} (1 + \pi_{t+s-1}^f)^{\chi_m}$$

donde el costo marginal nominal en moneda doméstica es  $mc_{t+\tau}^{ym} = s_t P_t^{f,*}$ ,  $y_t^m$  es la demanda total por el producto importado. En este modelo la demanda de bienes importados es la sumatoria de la demanda de bienes de consumo y de inversión importados,  $y_t^m = c_t^f + x_t^f$ , y  $P_t^f = \left( \int_0^1 (P_{z,t}^f)^{1-\varepsilon_m} dz \right)^{\frac{1}{1-\varepsilon_m}}$ . La restricción representa una regla de indexación parcial a la inflación pasada y el grado de indexación está determinado por  $\chi_m$ .



De la condición de primer orden del problema de maximización anterior se obtiene:

$$\frac{p_{z,t}^f}{p_t^f} = \frac{\varepsilon_m}{(\varepsilon_m - 1)} \frac{f_{z,t}^f}{f_{2,t}^f}$$

donde,

$$f_{1,t}^f = E_t \sum_{\tau=0}^{\infty} (\phi^m \beta)^{\tau} \frac{\Delta_{t+\tau}^{0,y}}{\Delta_t^{0,y}} y_{t+\tau}^m \left\{ \frac{m c_{t+\tau}^{ym}}{p_{t+\tau}^c} \left[ (1 + \bar{\pi})^{(1-\chi_m)\tau} \prod_{s=1}^{\tau} \frac{(1 + \pi_{t+s-1}^f)^{\chi_m}}{(1 + \pi_{t+s}^f)} \right]^{1-\varepsilon_m} \right\}$$

$$f_{2,t}^f = E_t \sum_{\tau=0}^{\infty} (\phi^m \beta)^{\tau} \frac{\Delta_{t+\tau}^{0,y}}{\Delta_t^{0,y}} y_{t+\tau}^m \left\{ (1 + \bar{\pi})^{(1-\chi_m)\tau} \prod_{s=1}^{\tau} \frac{(1 + \pi_{t+s-1}^f)^{\chi_m}}{(1 + \pi_{t+s}^f)} \right\}^{1-\varepsilon_m} \left( \frac{p_{t+\tau}^f}{p_{t+\tau}^c} \right)^{\varepsilon_m}$$

estas expresiones escritas de forma recursiva llegan a ser:

$$f_{1,t}^f = y_t^m \frac{m c_t^{ym}}{p_t^c} + (\phi^m \beta) \frac{\Delta_{t+1}^{0,y}}{\Delta_t^{0,y}} \left[ (1 + \bar{\pi})^{(1-\chi_m)} \frac{(1 + \pi_t^f)^{\chi_m}}{(1 + \pi_{t+1}^f)} \right]^{1-\varepsilon_m} f_{1,t+1}^f \quad (45)$$

$$f_{2,t}^f = y_t^m \frac{p_t^f}{p_t^c} + \phi^m \beta \frac{\Delta_{t+1}^{0,y}}{\Delta_t^{0,y}} \left[ (1 + \bar{\pi})^{(1-\chi_m)} \frac{(1 + \pi_t^f)^{\chi_m}}{(1 + \pi_{t+1}^f)} \right]^{1-\varepsilon_m} f_{2,t+1}^f \quad (46)$$

La ecuación para el precio óptimo es:

$$\frac{p_{z,t}^{f,op}}{p_t^f} = \frac{\varepsilon_m}{(\varepsilon_m - 1)} \frac{f_{z,t}^f}{f_{2,t}^f} \quad (47)$$

y recordando que el índice de precios está dado por  $p_t^f = \left( \int_0^1 (p_{z,t}^f)^{1-\varepsilon_m} dz \right)^{\frac{1}{1-\varepsilon_m}}$  se tiene que:

$$(p_t^f)^{1-\varepsilon_m} = \phi^m (p_t^{f,r})^{1-\varepsilon_m} + (1 - \phi^m) (p_t^{f,op})^{1-\varepsilon_m},$$

luego dividiendo esta última expresión por  $(p_t^f)^{1-\varepsilon_m}$

$$1 = \phi^m \left( \frac{p_t^{f,r}}{p_t^f} \right)^{1-\varepsilon_m} + (1 - \phi^m) \left( \frac{p_t^{f,op}}{p_t^f} \right)^{1-\varepsilon_m}, \quad (48)$$

donde  $p_t^{f,r}$  está definido como  $p_t^{f,r} = p_{t-1}^f (1 + \bar{\pi})^{(1-\chi_m)} (1 + \pi_{t-1}^f)^{\chi_m}$

### 3.4 Política monetaria

La función de reacción del banco central, también conocida como regla de política monetaria, está especificada en la forma de una regla de Taylor, como se observa en la ecuación (49):

$$i_t = i_{t-1}^{\rho_i} \left( \bar{i} \left( \frac{1 + \pi_t^c}{1 + \bar{\pi}} \right)^{\gamma_{\pi}} \left( \frac{y_t^d}{y_{t-1}^d} \frac{1}{\bar{g}^y} \right)^{\gamma_y} \right)^{1-\rho_i} e^{\xi_t^i} \quad (49)$$

donde  $\bar{i}$  y  $\bar{\pi}$  representan la tasa de interés nominal de mediano plazo y la meta de inflación, también de mediano plazo, respectivamente, y  $\xi_t^i$  es un *shock* de política monetaria donde  $\xi_t^i \sim N(0, \sigma_{\xi^i})$ . De acuerdo con la política monetaria de Guatemala, el instrumento de política utilizado es la tasa de interés de corto plazo. La inclusión de un rezago de la misma tasa de interés de política dentro de la función de reacción obedece a las preferencias de la autoridad monetaria por evitar fluctuaciones significativas en la tasa de interés que puedan generar mayor volatilidad e incertidumbre sobre las demás variables incluidas en la regla. Así, el parámetro  $\rho_i$  controla el grado de suavizamiento de la tasa de interés de política monetaria. En consistencia con la especificación de la ecuación (49),  $\gamma_{\pi}$  y  $\gamma_y$  son, respectivamente, las respuestas de mediano plazo de la autoridad monetaria ante desvíos de la tasa de inflación y del crecimiento del producto, respecto a sus valores de estado estacionario.

### 3.5 Inflación total

En este modelo la inflación total se desagrega en dos componentes: inflación subyacente,  $\pi^c$ , y un componente adicional definido como inflación de otros productos,  $\pi^{ot}$ , que está compuesta por la inflación de vegetales y legumbres, inflación de derivados del maíz y trigo, e inflación asociada a las materias primas energéticas. Esta desagregación de la inflación total y la forma en que se construyeron las curvas de Phillips (para los salarios de los agentes ricardianos y no-ricardianos, para los precios domésticos y para la inflación importada) en este modelo, permiten de forma conjunta identificar los efectos directos e indirectos de los *shocks* de los precios de alimentos y materias primas energéticas sobre la inflación. Los efectos directos de precios se refieren a los efectos que tienen cambios en los precios de estos bienes sobre la inflación total a través de  $\pi^{ot}$ , mientras que los efectos indirectos se refieren a los efectos sobre la inflación subyacente. En el modelo, los efectos indirectos o efectos de segunda vuelta se materializan a través de las reglas pasivas de actualización de precios que siguen los agentes incapaces de optimizar sus precios en el momento  $t$ , afectando la inflación en una proporción de agentes (agentes que no optimizan sus precios,  $\phi^y$ , para la curva de Phillips de la inflación doméstica, por ejemplo) y afectando las

expectativas de inflación en la proporción restante de agentes (agentes que pueden optimizar,  $1 - \phi^y$  para la inflación doméstica) que en su proceso de optimización de precios toman la regla pasiva de actualización como dada. Tomando en cuenta esta interrelación de los precios de los bienes  $f$  en este modelo, en la parte de resultados se presenta el análisis respectivo. La inflación total se define de la siguiente manera:

$$\pi_t = (\pi_t^c)^{1-\kappa^{ot}} (\pi_t^{ot})^{\kappa^{ot}} \quad (50)$$

donde  $\kappa^{ot}$  representa la ponderación en el índice de precios al consumidor (IPC) de la inflación de otros productos. En conjunto estos componentes, para el caso guatemalteco, suman 19.2 puntos porcentuales, mientras que la ponderación restante (80.8%) corresponde a la inflación subyacente.

### 3.6 Sector externo

Esta economía está relacionada con la economía mundial a través del comercio de bienes y servicios y el mercado de capitales. El comportamiento del segmento importador se describió anteriormente, mientras que el sector exportador y la tasa de interés que enfrenta la economía nacional se describen en esta sección. En este modelo se asume que la demanda de exportaciones nacionales,  $c_t^{d*}$ , se comporta de la siguiente manera:

$$c_t^{d*} = \left( \frac{p_t^{e*}}{p_t^*} \right)^{-\varepsilon_e} c_t^* \quad (51)$$

donde  $c_t^*$  es la demanda externa y sigue un proceso autorregresivo de orden 1:

$$c_t^* = (c_{t-1}^*)^{\rho^{c*}} (\bar{c}^*)^{1-\rho^{c*}} e^{\xi_t^{c*}}, \quad (52)$$

y donde  $\bar{c}^*$  es la media del proceso exógeno y  $\xi_t^{c*} \sim \mathcal{N}(0, \sigma^{\xi^{c*}})$ . El precio de las exportaciones guatemaltecas se determina en el mercado mundial y se define:  $\frac{p_t^{e*}}{p_t^*} = \frac{p_t^y}{s_t} \left( \frac{1}{p_t^c} \right) \left( \frac{p_t^c}{p_t^e} \right) = \frac{p_t^y}{p_t^c} \left( \frac{p_t^c}{s_t p_t^*} \right)$ .

De acuerdo con [13], en este modelo se impone la condición que asegura que la deuda externa se aproxime a una determinada relación con respecto a las exportaciones totales

$$i_t^* = \bar{i}^* z_t^{i*} \exp \left\{ \Omega_u \left[ \left( \frac{\frac{s_t p_t^*}{p_t^c} b_t^*}{\frac{p_t^{e*}}{p_t^c} c_t^{d*}} \right) - \bar{b}^* \right] \right\} \quad (53)$$

donde  $\bar{i}^*$  es la tasa de interés nominal libre de riesgo,  $\frac{s_t p_t^*}{p_t^c} b_t^*$  representa la relación deuda externa a exportaciones,  $\bar{b}^*$  es el valor meta de la relación deuda exportaciones,  $\Omega_u$  es un parámetro que afecta la dinámica del modelo y  $z_t^{i*}$  es un *shock* a la prima de riesgo que sigue un proceso autorregresivo,

$$z_t^{i*} = (z_{t-1}^{i*})^{\rho^{z*}} (\bar{z}^*)^{1-\rho^{z*}} e^{\xi_t^{z*}}, \quad (54)$$

y donde  $\bar{z}^*$  es la media del proceso exógeno y  $\xi_t^{z*} \sim \mathcal{N}(0, \sigma^{\xi^{z*}})$ .

Finalmente, las remesas provenientes del exterior,  $tr_t^*$ , la inflación externa,  $\pi_t^*$ , y los precios relativos de los bienes importados se definen de la siguiente manera:

$$tr_t^* = (tr_{t-1}^*)^{\rho^{tr*}} (\bar{tr}^*)^{1-\rho^{tr*}} e^{\xi_t^{tr*}} \quad (55)$$

$$\pi_t^* = (\pi_{t-1}^*)^{\rho^{\pi*}} (\bar{\pi}^*)^{1-\rho^{\pi*}} e^{\xi_t^{\pi*}} \quad (56)$$

$$\frac{p_t^{f*}}{p_t^*} = \left( \frac{p_{t-1}^{f*}}{p_{t-1}^*} \right)^{\rho^{pf*}} \left( \frac{p^{f*}}{p^*} \right)^{1-\rho^{pf*}} e^{\xi_t^{pf*}} \quad (57)$$

donde  $\xi_t^{tr*}$ ,  $\xi_t^{\pi*}$  y  $\xi_t^{pf*}$  son procesos estocásticos con media 0 y varianza constante. Del total de remesas recibidas por los hogares guatemaltecos una proporción  $\varphi$  de la población total recibe el valor medio de dichas remesas. Es decir, en este modelo se asume que en el agregado solo una proporción  $\varphi$  de la población recibe remesas del exterior.

### 3.7 Sistema dinámico y condiciones de equilibrio

Un resumen completo del sistema de ecuaciones dinámico estacionarizado se presenta en el anexo A, al final del documento. Todas las variables en niveles se estacionarizaron utilizando el nivel de tecnología,  $A_t$ , para estacionarizar una variable en  $t$ . Es decir, cualquier variable  $\tilde{X}_t = X_t/A_t$  se define como una variable en estado estacionario o en crecimiento balanceado a la tasa  $g^A = A_t/A_{t-1}$ , la cual es la tasa a la que crece la economía en este modelo. De igual manera, el anexo B presenta una descripción completa del sistema de ecuaciones en estado estacionario. A continuación se presentan algunas condiciones de equilibrio e identidades que caracterizan a esta economía:

1. Consumo:  $c_t = \lambda c_t^o + (1 - \lambda) c_t^r$
2. El capital agregado es:  $k_t = \lambda k_t^o$
3. Inversión:  $x_t = \lambda x_t^o$
4. Inversión doméstica:  $x_t^d = \lambda x_t^{o,d}$
5. Inversión de origen importado:  $x_t^f = \lambda x_t^{o,f}$
6. Deuda externa:  $b_t^* = \lambda b_t^{o,*}$
7. Demanda agregada doméstica:  $y_t^d = c_t^d + c_t^{d,*} + x_t^d$
8. Importaciones totales:  $y_t^m = c_t^f + x_t^f$
9. Dividendos firmas:  $d_t^y = \lambda d_t^{o,y}$  y  $d_t^{ym} = \lambda d_t^{o,ym}$
10. Mercado laboral agregado:  $n_t = n_t^{o,d} \lambda n_t^{r,d(1-\lambda)}$
11. Mercado laboral ricardianos:  $n_t^o = \lambda n_t^o$
12. Mercado laboral no-ricardianos:  $n_t^{r,d} = (1 - \lambda) n_t^r$
13. Remesas totales:  $tr_t^* = \varphi tr_t^*$
14. Remesas ricardianos:  $tr_t^{o,*} = \lambda tr_t^*$
15. Remesas no-ricardianos:  $tr_t^{r,*} = (1 - \lambda) tr_t^*$

#### 4. Estimación del modelo

La estimación se divide en dos etapas. La primera consiste en un algoritmo que encuentra valores para los parámetros del modelo que garanticen el estado estacionario a través de la minimización de criterios de una función de pérdida. En este caso, el criterio es la minimización de las razones en estado estacionario para las variables más relevantes. Consecuentemente, los valores resultantes para los parámetros dentro del algoritmo (también llamados "semillas") son utilizados como los valores *priors* en la segunda etapa, que se refiere a la calibración y estimación bayesiana. A continuación se describen con mayor detalle estas etapas.

##### 4.1 El algoritmo

Una característica principal del modelo es la no linealidad en sus ecuaciones. El método de resolución para este tipo de modelos consiste en transformar el conjunto de ecuaciones a una estructura lineal tomando como referencia el estado estacionario de las variables. Por ello, y dado que el modelo es no lineal, pueden existir muchos estados estacionarios que garanticen la resolución del mismo, aunque no necesariamente todos estos estados estacionarios tendrán coherencia con los estados estacionarios de las variables observables. Por tanto, este algoritmo encuentra valores para los parámetros de tal forma que las razones simuladas, obtenidas a través de la parametrización del modelo logren acercarse a las razones empíricas calculadas, con los datos de las variables

observables. Para ello, el algoritmo busca minimizar la siguiente función de pérdida:

$$\min_{\theta} \sum_{i=1}^n (razones\_empiricas_i - razones\_teoricas_{i,\theta})^2 \quad (58)$$

donde  $i$  representa el número de razones y  $\theta$  el conjunto de parámetros del modelo. Una vez determinada la función de pérdida, la secuencia de programas o etapas, de manera resumida, es la siguiente:

1. Se establece un conjunto de parámetros (elegidos aleatoriamente) como punto de partida.
2. Se inicializa la rutina optimizadora de parámetros. Dentro de esta rutina y dados los parámetros iniciales se encuentra una segunda optimización que se encarga de encontrar el estado estacionario del modelo y al mismo tiempo calcula la función de pérdida asociada a este conjunto de parámetros.
3. Como segunda etapa, la rutina optimizadora de parámetros determina otro conjunto de parámetros tomando como referencia la función de pérdida de la etapa anterior para saber en qué dirección moverse dentro del conjunto de posibilidades que posee y así continúa hasta encontrar la mínima función de pérdida.

Las relaciones macroeconómicas que se incluyeron dentro del algoritmo son: cada uno de los componentes de demanda agregada (consumo, inversión, exportaciones e importaciones), remesas y deuda externa respecto al PIB, deuda externa a exportaciones y la proporción de consumo doméstico relativa al consumo total. Una vez establecidas estas razones, el algoritmo se corrió en varias ocasiones para encontrar distintas semillas, ya que si bien estas garantizan tanto la solución del modelo como las razones de estado estacionario, estas pueden carecer de intuición alguna. Después de correr el algoritmo y descartar las semillas que no estaban en línea con la intuición económica, se determinó la semilla utilizada en las distribuciones *priors*. Los resultados de este proceso se describen en la siguiente sección.

##### 4.2 Estimación

Existen dos métodos comúnmente utilizados para solucionar y evaluar los modelos de equilibrio general dinámicos: el primero a través de estimación econométrica y un segundo método en el cual se calibran los parámetros del modelo. Los métodos de calibración fueron generalmente utilizados hasta hace pocos años,

pero han perdido popularidad ante el avance de nuevos métodos econométricos de estimación y, en parte también, debido a la mejora significativa reciente de los métodos computacionales de solución de dichos modelos. El enfoque utilizado para obtener las simulaciones en este estudio es una combinación de estimación empírica y de calibración. Cabe notar, como se muestra más adelante, que en su mayoría los parámetros del modelo fueron estimados por métodos bayesianos, utilizando el filtro de Kalman.<sup>11</sup> En esta sección se describen los métodos utilizados para la estimación.

#### 4.2.1 Estimación bayesiana

El método de estimación del modelo utiliza métodos de inferencia bayesiana. Esto implica obtener la distribución posterior de los parámetros del modelo a partir de la representación espacio-estado de la versión log-linearizada del sistema de ecuaciones dinámicas que integran el modelo.<sup>12</sup> Para la estimación del modelo se utilizó el método de estimación bayesiana, que es un enfoque de información completo que permite estimar de forma conjunta los parámetros de los modelos de equilibrio general dinámicos. La estimación se basa en la función de probabilidad obtenida de la solución linearizada del modelo. Este método de inferencia permite formalizar el uso de información previa o preexistente (*priors*) para la estimación de modelos estructurales complejos. Dicho enfoque es particularmente relevante en situaciones donde la amplitud de la muestra de los datos utilizados para la estimación es corta, como sucede en Guatemala.

El enfoque de estimación se basa en el filtro de Kalman, donde un conjunto de variables se toman como no

<sup>11</sup> Para una discusión más detallada de la metodología utilizada consultar [14] y [7], donde el primero de los autores describe con algún detalle el método empírico de estimación y el segundo presenta una revisión detallada de la literatura sobre la formulación y estimación de los modelos dinámicos estocásticos de equilibrio general, con un énfasis especial en los métodos bayesianos.

<sup>12</sup> Una característica fundamental de los métodos bayesianos es que son capaces de incorporar como priors los juicios y opiniones de los encargados de la implementación de la política, de la evolución de la economía (conocimiento experto) y/o permiten utilizar la información proveniente de las fuentes estadísticas a nivel microeconómico (encuestas de hogares, encuestas de empresas y censos de población, por ejemplo).

observables o ecuaciones de transición mientras otras variables se introducen como ecuaciones de medida u observables. El sistema de ecuaciones log-linearizado integra un sistema lineal de expectativas racionales que puede resumirse de la siguiente manera:

$$\Gamma_0(\theta)x_t = \Gamma_1(\theta)x_{t-1} + \Psi(\theta)\varepsilon_t + \Pi(\theta)\xi_t \quad (59)$$

donde  $x_t$  es un vector que contiene las variables del modelo expresadas en desviaciones logarítmicas con respecto a su valor de equilibrio de largo plazo, el cual incluye las variables endógenas y los procesos exógenos. El vector  $\varepsilon_t$  contiene las innovaciones tipo ruido blanco de los *shocks* incluidos en el modelo y el vector  $\xi_t$  es un vector que incluye los errores de pronóstico de las variables con formación de expectativas racionales. Las matrices  $\Gamma_0$ ,  $\Gamma_1$ ,  $\Psi$  y  $\Pi$  son funciones no lineales de los parámetros estructurales incluidos en  $\theta$ . Así, la solución del sistema en (59) puede ser escrito de la siguiente manera:

$$x_t = \Omega_x(\theta)x_{t-1} + \Omega_\varepsilon\varepsilon_t, \quad (60)$$

donde  $\Omega_x$  y  $\Omega_\varepsilon$  son funciones de los parámetros estructurales. Ahora se define el vector de variables observables como  $y_t$ , el cual es asociado a las variables del modelo a través de la ecuación de medida:

$$y_t = Hx_t, \quad (61)$$

donde  $H$  es una matriz que selecciona los elementos de  $x_t$ . Las expresiones (60) y (61) corresponden a la representación espacio-estado del vector de variables  $y_t$ . De esta manera, si adicionalmente se supone que las innovaciones están normalmente distribuidas, luego se puede calcular la función de probabilidad condicional de los parámetros estructurales,  $\mathcal{L}(\theta|y^T)$ , utilizando el filtro de Kalman, donde  $y^T = \{y_1, \dots, y_T\}$ . Si  $p(\theta)$  es una función de distribución inicial (*priors*) de los parámetros estructurales, seguidamente se pueden utilizar los datos de las variables observables  $y^T$  para actualizar los parámetros iniciales a través de la función de probabilidad. Así, utilizando el teorema de Bayes se puede estimar la distribución posterior de los parámetros del modelo,

$$p(\theta|y^T) = \frac{\mathcal{L}(\theta|y^T)p(\theta)}{\int \mathcal{L}(\theta|y^T)p(\theta)d\theta'} \quad (62)$$

con el algoritmo Metropolis-Hastings. La lista de parámetros estimados incluidos en el vector  $\theta$  se presentan en la tabla 5.



#### 4.2.2 Calibración

Como se mencionó en la sección anterior, algunos de los parámetros del modelo fueron calibrados utilizando siempre el criterio de lograr que los valores de estado estacionario de algunas variables se aproximen a los de la economía guatemalteca. La tabla 3 presenta los principales valores de estado estacionario, calibrados en consistencia con los datos macroeconómicos observados. Los restantes parámetros calibrados se detallan en la tabla 4.

Para un mejor entendimiento, los resultados en la tabla 3 se presentan como tasas de crecimiento anuales elevadas al inverso de la cuarta potencia, de tal forma que los datos sean consistentes con la periodicidad trimestral del modelo. Por ejemplo, se asume un crecimiento económico y de la productividad de 3.5 por ciento anual, consistentes con el crecimiento del producto doméstico durante la última década. La tasa de interés de política se estableció en 5.5 por ciento anual, mientras que la tasa de interés externa congruente con la paridad no cubierta de tasas y la prima de riesgo se determinó en 3.5 por ciento. En el caso de la inflación, para establecer su valor de estado estacionario se utilizó la meta de inflación de mediano plazo anunciada por la autoridad monetaria, 4.0 por ciento anual. Finalmente, los *shocks* en estado estacionario son cero.

#### 4.3 Distribuciones iniciales y posteriores

En general, debido a que para Guatemala no existen estudios previos que fundamenten los valores empíricos de los *priors*, los valores utilizados para las desviaciones estándares de las distribuciones iniciales son relativamente grandes para que reflejen la incertidumbre asociada a dichos parámetros. En las primeras columnas de la tabla 5 se presentan las distribuciones iniciales (*priors*) para cada uno de los parámetros incluidos en el vector  $\theta$ , así como su media y desviación estándar. Para los parámetros que se encuentran entre 0 y 1 se asumió una distribución *Beta* y para los parámetros con una distribución más amplia se utilizaron las distribuciones *Normal*, *Gamma* o *InvGamma*. En las siguientes columnas de dicha tabla se presentan los resultados de las distribuciones posteriores obtenidas de la estimación bayesiana. Los resultados que se describen son el valor de la media, la desviación estándar y los límites inferior y superior dentro del cual se encuentra el valor final obtenido. Para facilidad de lectura, la tabla clasifica los parámetros en categorías relevantes: hogares,

firmas, rigideces a la Calvo, regla de política, inflación total y economía. Además, se incluyen los parámetros de inercia y la desviación estándar de los *shocks*. En general, se observa que para la mayoría de los parámetros existe aprendizaje respecto a las distribuciones iniciales.

#### 4.4 Descripción de los datos

Para la estimación del modelo, el vector de variables observables,  $y_t$ , incluye 12 variables que son: (i) tasa de interés nominal de corto plazo, (ii) las remesas enviadas por los migrantes a los hogares guatemaltecos, (iii) la inflación doméstica total y (iv) la inflación no subyacente que incluye los componentes de hortalizas, cereales y combustibles. También se incluyen los componentes de la demanda agregada, en términos reales: (v) producto, (vi) exportaciones, (vii) importaciones, (viii) inversión y (ix) consumo total, que incorpora los consumos privado y público. Y finalmente, tres variables externas: (x) tasa de interés, (xi) inflación y (xii) demanda.

Se utilizó una muestra de datos trimestrales de 2003 a 2013. Todas las variables (con excepción de las tasas de interés) fueron transformadas a tasas de crecimiento anuales trimestralizadas y luego su media histórica fue sustraída. En los casos que fue necesario, los datos se reescalaron alrededor de su valor de estado estacionario (por ejemplo, las variables externas). A continuación se describe cada una de las variables utilizadas para estimar el modelo:

1. **Tasa de interés de corto plazo ( $i$ )**. Es la tasa de interés nominal de política monetaria, cuyo valor de estado estacionario es 5.5 por ciento anual.<sup>13</sup>
2. **Remesas reales ( $Rem$ )**. Se utiliza la información de remesas en dólares publicada por el Banco de Guatemala. Posteriormente, la serie es deflactada por el IPC externo multilateral y luego se obtiene la tasa de variación interanual para eliminar la estacionalidad de los datos.
3. **Inflación total ( $\pi$ )**. La medida de inflación utilizada corresponde a la variación interanual del índice total de precios al consumidor.
4. **Inflación no subyacente ( $\pi^{ot}$ )**. La medida de inflación utilizada corresponde a la inflación resto o no subyacente

<sup>13</sup> Hasta antes de adoptar el régimen de metas explícitas de inflación a principios de 2005 la información corresponde a la tasa de interés de reportos de 1 a 7 días en moneda nacional, mientras que a partir de 2005 la información corresponde a la tasa de interés líder de política monetaria que establece la Junta Monetaria.



que incluye los productos de origen agrícola con alta volatilidad, los productos de maíz y sus derivados, los productos de trigo y los derivados del petróleo. Su ponderación en el índice total de precios al consumidor es 19.24 porciento.

5. **Producto interno bruto (*Pib*)**. Corresponde a los datos trimestrales de las Cuentas Nacionales. Para eliminar la estacionalidad inherente de la serie, para cada dato trimestral se obtiene la suma de los últimos cuatro trimestres, de tal manera que al calcular la tasa de crecimiento anual sobre la nueva serie, los datos coincidan con las estimaciones oficiales de crecimiento del Banco de Guatemala. Además, basados en el promedio histórico, se considera una tasa de crecimiento del producto potencial de 3.5 porciento anual.

6. **Exportaciones reales (*Expo*)**. Se obtienen de los datos trimestrales de Cuentas Nacionales. De igual forma que con el PIB, cada dato trimestral es la acumulación de los últimos cuatro trimestres, de tal manera que la serie resultante corresponde a datos acumulados anuales en frecuencia trimestral.

7. **Importaciones reales (*Impo*)**. Se obtienen de los datos trimestrales de Cuentas Nacionales. Cada dato trimestral es la acumulación de los últimos cuatro trimestres, de tal manera que la serie resultante corresponde a datos acumulados anuales en frecuencia trimestral.

8. **Inversión real (*x*)**. Se obtiene de los datos trimestrales de Cuentas Nacionales. Cada dato trimestral es la acumulación de los últimos cuatro trimestres, de tal manera que la serie resultante corresponde a datos acumulados anuales en frecuencia trimestral.

9. **Consumo total real (*c*)**. Se obtiene de los datos trimestrales de Cuentas Nacionales e incluye el gasto de consumo final de los hogares y del gobierno general. Cada dato trimestral es la acumulación de los últimos cuatro trimestres, de tal manera que la serie resultante corresponde a datos acumulados anuales en frecuencia trimestral.

10. **Tasa de interés externa (*i*<sup>\*</sup>)**. Esta variable dentro del modelo es la tasa de interés externa libre de riesgo más una prima de riesgo (que es endógena dentro del modelo). La tasa de interés libre de riesgo está representada por la LIBOR a 1 año.

11. **Inflación externa (*π*<sup>\*</sup>)**. Para esta variable se considera la inflación promedio ponderada de los principales 7 principales socios comerciales de Guatemala (en su orden: Estados Unidos de América, Unión Europea, El Salvador, México, Costa Rica, Japón y Honduras). Se considera una

media de largo plazo de 2.5 por ciento anual, valor que resulta del cálculo del promedio ponderado de las metas de inflación de los países socios.

12. **Demanda externa (*y*<sup>\*</sup>)**. Coherente con la estimación de la inflación externa, la demanda externa es un promedio ponderado de las tasas de crecimiento anual del PIB de los 7 principales socios comerciales de Guatemala.

## 5. Resultados

### 5.1 Bondad de ajuste

Para evaluar el grado de ajuste del modelo es conveniente analizar los resultados comparativos de la tabla 6 que muestra las razones de estado estacionario empíricas y simuladas. En el caso de las razones empíricas relacionadas con los componentes de demanda agregada, se obtuvo un promedio simple de la participación histórica de cada componente dentro del PIB real anual (base 2001). Para el cálculo de las remesas se obtuvo el promedio a partir de 2004, debido a que el año anterior hubo cambios en la medición de las transferencias y los datos no son comparables. Para el resto de variables se utilizó la muestra completa para el cálculo del valor de estado estacionario. Como se mencionó en la sección anterior, las relaciones macroeconómicas simuladas por el modelo son el resultado de resolver el problema de minimización de la función de pérdida del algoritmo, aunado a la búsqueda de estimaciones consistentes con la teoría económica y los datos observados. Se aprecia en la tabla 6 que la mayoría de las razones de estado estacionario simuladas logran acercarse a las relaciones obtenidas de los datos. Las razones simuladas de exportaciones, inversión, remesas y deuda externa a PIB son las más cercanas a replicar las razones empíricas. Mientras que la razón **ConsumoTotal/PIB** es la que más se aleja del valor histórico observado. Esto se debe a que se incluyó como variable de ajuste al consumo total, a manera de obtener mejores resultados para el resto de componentes del PIB por el lado de la demanda. No obstante, se puede decir que las razones simuladas por el modelo indican un ajuste adecuado del modelo a la economía guatemalteca.

### 5.2 Funciones impulso respuesta

En este apartado, con el objeto de mostrar la consistencia del modelo, se analizan dos *shocks*. El primero, debido a la importancia que implica para un banco central con metas explícitas de inflación es el *shock* a la tasa de

interés de política. El segundo es el *shock* de remesas, que también se considera relevante al momento de explicar el comportamiento de las principales variables macroeconómicas de la economía guatemalteca. Así, las variables que se detallan son las que típicamente se observan en el análisis de los mecanismos de transmisión de la política monetaria, específicamente, para los canales de demanda o tradicional y de tipo de cambio. La figura 4 muestra las funciones de impulso respuesta ante un *shock* de política monetaria. Al referirse al mecanismo de transmisión monetaria tradicional de la tasa de interés, el incremento en la tasa de interés tiene un efecto negativo sobre la inversión y el consumo, los cuales a su vez generan una disminución del producto, que finalmente se traducen en una disminución de la inflación. De acuerdo a esta figura, el horizonte de la política monetaria en Guatemala es de aproximadamente 6 trimestres. Al examinar el canal del tipo de cambio, debido a la paridad no cubierta de tasas de interés, el incremento en la tasa de política monetaria genera un mayor ingreso de capitales internacionales, con lo cual se genera una apreciación cambiaria que afecta negativamente a las exportaciones netas. Nuevamente, este efecto disminuye el crecimiento económico y genera presiones desinflacionarias. Por otro lado, la transmisión del *shock* de remesas dominante es a través del efecto inicial que tiene sobre el tipo de cambio. Como se observa en la figura 5, el ingreso de divisas genera una apreciación del tipo de cambio real que luego produce un incremento de las importaciones (consumo e inversión importado) y deprime las exportaciones. El efecto agregado sobre las exportaciones netas se traduce en una disminución en el crecimiento del producto y en la inflación.

### 5.3 Análisis de un *shock* de inflación no subyacente sobre la inflación

En esta parte se busca determinar el efecto sobre la inflación ante un *shock* del componente más volátil de la inflación total (denominada inflación resto en este documento). Para ello, se define este *shock* como el incremento en los precios internacionales de *commodities*, tales como cereales y petróleo. Para realizar este análisis se utiliza la inflación no subyacente, la cual incluye los productos de origen agrícola con alta volatilidad, el maíz y sus derivados, los productos derivados del trigo y los derivados del petróleo. La figura 6 muestra la respuesta de las principales variables macroenómicas ante un *shock* de oferta. Por el lado del canal de demanda, el incremento en

la inflación resto tiene un efecto positivo sobre la inflación total a lo largo de los 30 periodos en los que persiste el *shock* de oferta. El incremento en precios genera una caída del consumo y la inversión, los cuales a su vez generan una leve disminución del producto. En cuanto al canal de tipo de cambio, el aumento sobre los precios provoca una apreciación del tipo de cambio, la cual afecta negativamente a las exportaciones y al producto. Como resultado, se genera un efecto traspaso (*pass-through*), el cual se verifica en la respuesta de la inflación subyacente. La inflación subyacente cae en un inicio debido a la contracción de la demanda, pero a partir del segundo periodo la dinámica se revierte y se observa un efecto de segunda vuelta, leve pero positivo, que se mantiene hasta el décimo trimestre. Por su parte, el comportamiento de la tasa de interés de política es resultado, inicialmente, de la respuesta ante la caída del producto y la inflación subyacente y posteriormente responde al efecto de segunda vuelta en los precios y al incremento sobre la inflación total.

### 5.4 Análisis de descomposición histórica de varianza

Como se mencionó, el Banco de Guatemala adoptó el esquema de metas explícitas de inflación en 2005 y, además, como las alzas más significativas de los precios internacionales de las materias primas se observaron en el segundo quinquenio de la década anterior, para el análisis histórico de varianza el periodo muestral cubre 2005Q1-2013Q3. Es importante resaltar también que el periodo seleccionado incluye la reciente crisis financiera mundial. En las figuras 7-9 se presentan los resultados de la descomposición de varianza para el periodo analizado, en la cual se muestra cómo los distintos *shocks* incluidos en el modelo afectaron al producto, a la inflación total y a la inflación subyacente en la historia reciente de la economía guatemalteca. Los resultados se presentan en términos de proporciones, es decir, que la suma de los *shocks* explica el 100 por ciento de la variable simulada y los efectos pueden ser positivos o negativos. Cabe resaltar que un supuesto relevante en el presente análisis histórico es la baja credibilidad de los agentes económicos ante la posibilidad de que el banco central alcance su objetivo inflacionario. Coherente con el supuesto de baja credibilidad, las reglas de actualización pasiva para el establecimiento de precios definidas en la Sección 3 (descripción del modelo), tanto las del mercado laboral como las de los mercados de bienes domésticos y de bienes importados,

han sido modificadas de tal manera que se le asignó un mayor peso al comportamiento pasado de la inflación y, en consecuencia, un menor peso a la meta de inflación. Como resultado, se espera que la descomposición de *shocks* presente mayor inercia. Como se observa en la figura 7, el comportamiento del producto durante el periodo previo a la crisis financiera global (2006-2007) fue principalmente explicado, en su orden, por la demanda doméstica, la demanda externa y la productividad (oferta). El mayor efecto positivo fue resultado de los *shocks* de demanda doméstica y externa, mientras que, el efecto más negativo se debe a *shocks* a los precios relativos. El *shock* de la inflación no subyacente o resto (que considera el *shock* sobre los precios internacionales de maíz, trigo y petróleo y los impactos asociados a los componentes de productos agrícolas perecederos dentro de la inflación doméstica) sobre el producto fue positivo, aunque poco significativo. En el año más crítico de la crisis financiera (2009), fueron, en su orden, los *shocks* de oferta, de demanda doméstica y de demanda externa los que tuvieron un mayor impacto negativo sobre el producto. Sin embargo, a diferencia del periodo previo a la crisis, en el año 2009 parece que la tasa de interés de política afectó también negativamente el comportamiento del producto. Esto podrá estar indicando que la tasa de interés de política no se redujo lo suficiente para contener la caída en la actividad económica.

Considerando que el objetivo principal de este artículo es analizar el efecto de los incrementos en los precios de las materias primas energéticas y no energéticas sobre la inflación y sus componentes, para examinar la descomposición histórica de la inflación el análisis se focaliza en los periodos de mayores alzas en los precios de los *commodities* identificados con anterioridad. En la figura 8 se muestra el impacto de los distintos *shocks* sobre la inflación total. En general, la inflación total fue altamente influenciada por la inflación asociada al comportamiento de los precios de las materias primas (inflación resto en la figura). Durante los periodos de mayores alzas en los precios de las materias primas se observa un efecto significativo de la inflación resto sobre la inflación total, tanto en el periodo precrisis como en el periodo poscrisis. Estos resultados son consistentes con la evidencia presentada anteriormente en la descripción del fenómeno inflacionario en Guatemala. También se aprecia que, de forma consistente con el comportamiento de la actividad económica mostrado en la figura de la brecha del producto, la demanda doméstica desempeñó un papel

más activo en el periodo previo a la crisis comparado con su efecto sobre la inflación en el periodo posterior a la crisis. En efecto, durante el periodo precrisis la brecha del producto fue positiva, mientras que en el periodo poscrisis la brecha del producto fue negativa. La figura 9 muestra el impacto de los distintos *shocks* sobre la inflación subyacente. Los efectos de un *shock* a la inflación asociada a los precios internacionales de las materias primas sobre la inflación subyacente son evidentes (pero relativamente poco significativos) en el periodo previo a la crisis financiera global, lo cual demuestra que si los *shocks* a los precios de las materias primas se producen en un momento cuando la economía está sobrecalentada y el banco central carece de alta credibilidad se produce lo que se conoce como efectos de “segunda vuelta” sobre la inflación. Este resultado es también confirmado cuando se examina el segundo *boom* de los precios de los *commodities*, donde el efecto traspaso de los precios internacionales sobre la inflación doméstica fue totalmente nulo. En efecto, la participación del *shock* de la inflación resto sobre la inflación subyacente es negativa. Por lo tanto, en ausencia de presiones de demanda agregada sobre la inflación, se observa que el *shock* de la inflación resto tiene un efecto nulo sobre la inflación de mediano plazo. Así, a pesar de que para el caso de la inflación subyacente el efecto de los precios de las materias primas es levemente positivo, en el caso de la inflación total, es el factor más positivo que explica el comportamiento de la variable a lo largo del periodo analizado en las figuras de descomposición de varianza.

En lo que se refiere al *shock* agregado de productividad, el impacto es positivo en el primer periodo, pero se convierte en el efecto más negativo en el segundo periodo. Nuevamente, la explicación de este resultado es el episodio de la crisis financiera. Otro aspecto importante de resaltar es el efecto de la tasa de interés de política sobre la inflación. Los resultados que se presentan en las figuras 8 y 9 parecen indicar que en el periodo previo a la crisis la política monetaria no se restringió lo suficiente como para contener las presiones inflacionarias y lo contrario sucedió en 2009 cuando la tasa de política monetaria no se redujo lo suficiente para evitar las presiones deflacionarias. Cabe mencionar también que la política monetaria ha sido neutral a partir de 2011. Al resumir los resultados de esta sección se puede decir que los efectos de “segunda vuelta” medidos por el impacto que tiene un *shock* a la inflación resto (inflación no subyacente) sobre

la inflación subyacente fueron positivos en el primer *boom* de los precios de los *commodities* (2007-2008), pero no afectaron a dicha inflación en el segundo periodo de alzas (2009-2010). Esto debido a que en el primer *boom* las alzas de los precios de las materias primas se combinaron con presiones de demanda agregada interna. Este resultado es consistente con el análisis presentado por [11].

## 6. Comentarios finales

En este documento se desarrolló, resolvió y estimó un modelo macroeconómico de equilibrio general para analizar el impacto de los incrementos recientes en los precios de los *commodities* sobre la inflación total y sus componentes. También se presentó evidencia descriptiva del efecto de los dos últimos *booms* de precios de dichos *commodities* sobre la inflación total y la inflación subyacente. Resumiendo los resultados de esta sección se puede decir que los efectos de “segunda vuelta” medidos por el impacto que tiene un *shock* a la inflación resto (o inflación no subyacente) sobre la inflación subyacente fueron positivos en el primer *boom* de los precios de los *commodities* (2007-2008), pero no afectaron a dicha inflación en el segundo periodo de alzas (2009-2010). Esto debido a que en el primer *boom* las alzas de los precios de las materias primas se combinaron con presiones de demanda agregada interna. Este resultado es consistente con el análisis presentado por [11]. Las alzas de precios de las materias primas, energéticas y no energéticas, siempre representan un reto importante para la autoridad monetaria de un país o región. El contexto es sumamente relevante para diseñar la mejor respuesta ante dichas perturbaciones de carácter exógeno. Para diseñar la mejor estrategia de respuesta ante esas perturbaciones los hacedores de política deben considerar varios aspectos. Es importante distinguir el tipo de *shock* al que se enfrenta la economía, estos shocks pueden ser de naturaleza transitoria o permanente. Si el alza en los precios de las materias primas es transitoria, lo que tradicionalmente se recomienda, para bancos centrales con alta credibilidad (bancos centrales de economías avanzadas, por ejemplo), es permitir alzas transitorias en la inflación total con el objeto de minimizar fluctuaciones en el producto. Esta recomendación es equivalente a decir que los bancos centrales concentren su atención en la inflación subyacente y no en la inflación total. Consiguientemente, a mediano plazo se alcanza menor volatilidad en el producto y la inflación. En efecto, un banco central puede establecer su meta de inflación en

términos de la inflación total, pero si anuncia una meta de inflación de mediano plazo, automáticamente le resta ponderación a los *shocks* transitorios y en este caso el efecto es similar a establecer la meta utilizando la inflación subyacente como indicador.

Sin embargo, en un contexto donde el instrumento de política monetaria es la tasa de interés de corto plazo y de análisis de bienestar, [15] and [16] señalan que una regla de política monetaria óptima es aquella que establece una trayectoria de tasa de interés de política de tal forma que maximiza el bienestar garantizando que los pronósticos de inflación convergen a la meta establecida por el banco central. En este contexto, como lo señala [6], la política monetaria debe reaccionar a cualquier *shock* que afecte el pronóstico de inflación, el cual debe de igualar la meta de inflación en el horizonte de política. Esto parece ser la historia reciente de Guatemala en materia de política monetaria, pues el efecto traspaso sobre las alzas en los precios de las materias primas sobre la inflación subyacente no ha sido muy significativo, o al menos eso fue lo que se demostró con el ejercicio de descomposición histórica de varianza realizado en este artículo. Un ejercicio o análisis que puede ser interesante en un futuro o como una extensión de este estudio, es realizar un análisis de bienestar propiamente dicho con el objeto de evaluar cuál puede ser la regla de política monetaria óptima ante perturbaciones de los precios de las materias primas energéticas y no energéticas.

### Bibliografía

- [1] P. Acosta, E. Lartey, and F. Mandelman. Remittances and the dutch disease. *Journal of International Economics*, 79:102–116, 2009.
- [2] G. Calvo. Staggered prices in a utility maximizing framework. *Journal of Monetary Economics*, 12:383–398, 1983.
- [3] John Y. Campbell and Gregory Mankiw. *NBER Macroeconomics Annual*, chapter Consumption, Income, and Interest Rate: Reinterpreting the Time Series Evidence, pages 185–216. MIT Press, Cambridge, 1989.
- [4] R. Caputo, F. Liendo, and J. P. Medina. *Monetary Policy under Inflation Targeting*, chapter New Keynesian Models for the Inflation Targeting period in Chile. Central Bank of Chile, 2007.
- [5] R. Chami, T. Cosimano, and M. Glapen. Beware of emigrants bearing gifts: Optimal fiscal and monetary policy in the presence of remittances. IMF Working Paper 06/61 2006.
- [6] José De Gregorio. Commodity prices, monetary policy and inflation. July 2012.
- [7] Jesús Fernández-Villaverde. The econometrics of dsge models. *SERIEs, Journal of the Spanish Economic Association*, 1:3–49, 2010.
- [8] Jefferrey C. Fuhrer. Habit formation in consumption and its implications for monetary-policy models. *The American Economic Review*, 90(3):367–389, 2000.
- [9] Jordi Gal, J. David López-Salido, and Vallés Javier. Rule-of-thumb consumers and the design of interest rate rules. *Journal of Money, Credit and Banking*, 36(4):739–763, 2004.
- [10] Jordi Gal, J. David López-Salido, and Javier Vallés. Understanding the effects of government spending on consumption. Working Paper 11578, National Bureau of Economic Research, August 2005.
- [11] IMF. World economic outlook: Slowing growth, rising risks. Report, International Monetary Fund, September 2011.
- [12] Federico Mandelman. Monetary and exchange rate policy under remittance fluctuations. March 2011.
- [13] S. Schmitt-Grohe and Martin Uribe. Closing small open economy models. *Journal of International Economics*, 61(1):163–185, 2003.
- [14] F. Schorfheide. Lost function-based evaluation of dsge models. *Journal of Applied Econometrics*, 15(6):645–670, 2000.
- [15] Lars Svensson. Inflation targeting as a monetary policy rule. *Journal of Monetary Economics*, 23:691–720, 1999.
- [16] M. Woodford. The case for forecast targeting as a monetary policy strategy. *Journal of Economic Perspectives*, 21:2–24, 2007.



Tabla 1: Correlaciones dinámicas (2006Q4 - 2008Q2)

Periodo	0	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8
<b>Inflación total</b>									
Cereales	0.79	0.96	0.68	0.87	0.76	0.85	0.93	0.78	0.89
Petróleo	0.91	0.85	0.53	-0.41	-0.83	-0.84	-0.69	-0.84	-0.52
<b>Inflación subyacente</b>									
Cereales	0.73	0.90	0.57	0.73	0.69	0.80	0.86	0.67	0.82
Petróleo	0.91	0.91	0.66	-0.29	-0.81	-0.79	-0.62	-0.74	-0.52
<b>Inflación no subyacente</b>									
Cereales	0.77	0.94	0.73	0.95	0.76	0.84	0.94	0.82	0.89
Petróleo	0.84	0.73	0.36	-0.48	-0.79	-0.83	-0.70	-0.89	-0.49

Tabla 2: Correlaciones dinámicas (2009Q4 - 2011Q2)

Periodo	0	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8
<b>Inflación total</b>									
Cereales	0.63	0.83	0.68	0.66	0.21	-0.59	-0.78	-0.78	-0.56
Petróleo	-0.09	0.53	0.49	0.61	0.52	-0.09	-0.56	-0.63	-0.58
<b>Inflación subyacente</b>									
Cereales	0.26	0.44	0.43	0.36	-0.23	-0.85	-0.86	-0.59	-0.16
Petróleo	0.05	0.83	0.62	0.40	0.14	-0.50	-0.68	-0.37	-0.13
<b>Inflación no subyacente</b>									
Cereales	0.74	0.93	0.75	0.80	0.36	-0.38	-0.62	-0.76	-0.68
Petróleo	-0.12	0.32	0.36	0.60	0.62	0.18	-0.38	-0.67	-0.72

Tabla 3: Valores de estado estacionario

Definición	Parámetro	Calibración
Tasa de crecimiento	$g_{ss}^{yd}$	$(1.035)^{1/4}$
Productividad permanente	$gA_{ss}$	$(1.035)^{1/4}$
Tasa de interés de política	$i_{ss}$	$(1.055)^{1/4}$
Tasa de interés externa	$i_{ss}^{star}$	$(1.035)^{1/4}$
Inflación doméstica	$\bar{\pi}$	$(1.04)^{1/4}$
Shock tasa de interés externa	$z_{ss}^{i*}$	1.00
Shock costo ajuste inversión	$z_{ss}^x$	1.00
Shock productividad	$z_{ss}^y$	1.00
Shock demanda doméstica	$z_{ss}^c$	1.00

Tabla 4: Valores de los parámetros calibrados

Definición	Parámetro	Calibración
<b>Hogares</b>		
Participación consumo importado en consumo total	$\alpha^c$	0.20
Participación inversión importada en inversión total	$\alpha^x$	0.50
<b>Firmas</b>		
Participación del capital en la función de producción	$\alpha^y$	0.54
Elasticidad de sustitución entre insumos finales	$\epsilon$	1.40
<b>Inflación</b>		
Ponderación de la inflación no subyacente	$\kappa^{ot}$	0.19
<b>Economía</b>		
Factor de descuento intertemporal	$\beta$	1.01
Depreciación del capital	$\delta$	0.02
Elasticidad de sustitución bienes externos	$\epsilon_e$	0.54
Proporción de agentes optimizadores	$\lambda$	0.50
Proporción de agentes que reciben remesas	$\varphi$	0.30
<b>Inercia de exógenas</b>		
Shock de producción doméstica	$\rho^{zy}$	0.65
Precio importados en mercado internacional	$\rho^{Pf*}$	0.85

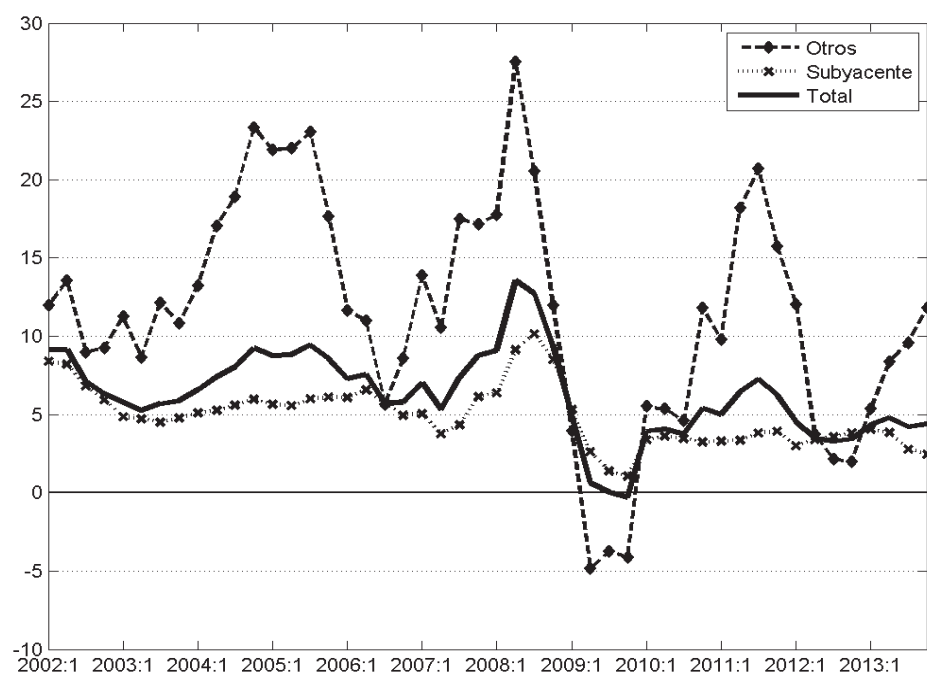
Tabla 5: Distribuciones iniciales y posteriores de los parámetros del modelo

Definición		Distribución inicial (priori)			Distribución posterior			
		Forma	Desv.		Valor	Desv.	Lim.	Lim.
		Distribución	Media	Estándar	Media	Estándar	Inf.	Sup.
<b>Hogares</b>								
Elas. sust. diferentes tipos de trabajo, ag. opt.	$\epsilon_n^o$	gamma	1.16	0.02	1.16	0.02	1.12	1.19
Elas. sust. diferentes tipos de trabajo, ag. res.	$\epsilon_n^r$	gamma	2.56	0.50	2.57	0.49	1.74	3.31
Elasticidad de sustitución entre bienes intermedios	$\eta^E$	gamma	1.70	0.30	1.58	0.32	1.02	2.08
Elast. de sustitución inversión doméstica e importada	$\eta^I$	gamma	7.41	1.01	6.49	0.97	4.85	8.06
Inv. elasticidad oferta laboral, ag. optimizadores	$\gamma_n^o$	gamma	1.74	0.05	1.73	0.05	1.65	1.81
Inv. elasticidad oferta laboral, ag. restringidos	$\gamma_n^r$	gamma	1.64	0.05	1.64	0.05	1.56	1.72
Hbito en consumo	$h$	beta	0.80	0.10	0.73	0.10	0.59	0.88
Oferta laboral, agentes optimizadores	$\theta^o$	gamma	0.30	0.1	0.28	0.10	0.13	0.43
Oferta laboral, agentes restringidos	$\theta^r$	gamma	0.90	0.30	0.86	0.30	0.38	1.33
<b>Firmas</b>								
Elasticidad de sustitución entre bienes importados	$\epsilon_m$	gamma	2.00	0.65	1.86	0.58	1.20	2.69
<b>Rigideces a la Calvo</b>								
Indexación del componente importado de la inflación	$\chi_m$	beta	0.20	0.08	0.13	0.06	0.03	0.21
Indexación de salarios de los agentes optimizadores	$\chi_w^o$	beta	0.65	0.15	0.63	0.15	0.39	0.89
Indexación de salarios de los agentes restringidos	$\chi_w^r$	beta	0.65	0.15	0.72	0.14	0.59	0.95
Indexación del componente doméstico de la inflación	$\chi_y$	beta	0.65	0.10	0.62	0.15	0.37	0.87
Probabilidad de no reoptimizar, agentes opt.	$\phi_n^o$	beta	0.75	0.15	0.67	0.14	0.45	0.91
Probabilidad no reoptimizar salario, agentes restringidos	$\phi_n^r$	beta	0.75	0.15	0.73	0.12	0.53	0.93
Probabilidad no reoptimizar, firmas importadoras	$\phi^m$	beta	0.75	0.15	0.51	0.12	0.32	0.73
Probabilidad no reoptimizar, firmas domésticas	$\phi^y$	beta	0.75	0.15	0.73	0.06	0.64	0.82
<b>Regla de política</b>								
Elasticidad de $\pi$ ante cambios en la inflación	$\gamma_\pi$	normal	1.75	0.20	1.61	0.23	1.27	1.91
Elasticidad de $\pi$ ante cambios en el producto	$\gamma_y$	beta	0.25	0.05	0.24	0.05	0.16	0.32
Grado de inercia de la tasa de inters	$\rho_i$	beta	0.65	0.20	0.73	0.06	0.64	0.83
<b>Economía</b>								
Costo de ajuste de inversión	$\psi_x$	gamma	2.10	0.70	3.86	0.94	2.34	5.34
<b>Inercia de exógenas</b>								
Demanda externa	$\rho^{c*}$	beta	0.50	0.22	0.63	0.12	0.40	0.83
Productividad	$\rho^{\delta A}$	beta	0.65	0.20	0.45	0.11	0.28	0.62
Inflación no subyacente	$\rho^{\pi ot}$	beta	0.65	0.20	0.84	0.06	0.74	0.95
Inflación externa	$\rho^{\pi*}$	beta	0.65	0.20	0.34	0.09	0.17	0.49
Transferencias	$\rho^{tr*}$	beta	0.85	0.10	0.93	0.05	0.85	0.99
Shock de tasa de interés externa	$\rho^{zi*}$	beta	0.65	0.20	0.95	0.04	0.90	0.99
Shock de demanda interna	$\rho^{zc}$	beta	0.65	0.20	0.94	0.03	0.90	0.99
Shock de inversión	$\rho^{zx}$	beta	0.65	0.20	0.93	0.02	0.87	0.99
<b>Desviación estándar de shocks</b>								
Demanda externa	$\xi^{c*}$	inv gamma	0.05	Inf	0.009	0.001	0.007	0.011
Crecimiento de consumo total	$\xi^{\Delta C^T}$	inv gamma	0.05	Inf	0.008	0.001	0.006	0.009
Productividad	$\xi^{\delta A}$	inv gamma	0.05	Inf	0.011	0.002	0.008	0.014
Política monetaria	$\xi^i$	inv gamma	0.05	Inf	0.007	0.001	0.006	0.008
Precio de importados en mercado intl.	$\xi^{Pf*}$	inv gamma	0.05	Inf	0.015	0.002	0.011	0.019
Inflación no subyacente	$\xi^{\pi ot}$	inv gamma	0.05	Inf	0.013	0.001	0.010	0.015
Inflación externa	$\xi^{\pi*}$	inv gamma	0.05	Inf	0.007	0.001	0.006	0.008
Transferencias	$\xi^{tr*}$	inv gamma	0.05	Inf	0.054	0.006	0.044	0.064
Tasa de interés externa	$\xi^{zi*}$	inv gamma	0.05	Inf	0.020	0.006	0.010	0.032
Inversión	$\xi^{zx}$	inv gamma	0.05	Inf	0.016	0.005	0.010	0.023
Producción doméstica	$\xi^y$	inv gamma	0.05	Inf	0.016	0.002	0.012	0.020
Demanda doméstica	$\xi^{zy}$	inv gamma	0.05	Inf	0.029	0.009	0.016	0.042

Tabla 6: Razones de estado estacionario

Razón	Empírica	Simulada
$\frac{\text{Consumo}}{\text{Pib}}$	0.96	1.17
$\frac{\text{Inversion}}{\text{Pib}}$	0.18	0.19
$\frac{\text{Exportaciones}}{\text{Pib}}$	0.26	0.26
$\frac{\text{Importaciones}}{\text{Pib}}$	0.40	0.28
$\frac{\text{Exportaciones}_{\text{netas}}}{\text{Pib}}$	-0.14	-0.02
$\frac{\text{Remesas}_{\text{reales}}}{\text{Pib}}$	0.09	0.08
$\frac{\text{Deuda}_{\text{externa}_{\text{real}}}}{\text{Pib}}$	0.12	0.13
$\frac{\text{Deuda}_{\text{externa}_{\text{real}}}}{\text{Exportaciones}}$	0.45	0.51

Figura 1: Inflación total y sus componentes en Guatemala



\* La inflación subyacente excluye precios de energéticos, vegetales, hortalizas, maíz, trigo y sus derivados, los cuales representan un 19.24% del IPC. Estos componentes excluidos se recogen en la inflación de otros.

Figura 2: Precios internacionales del petróleo y de cereales

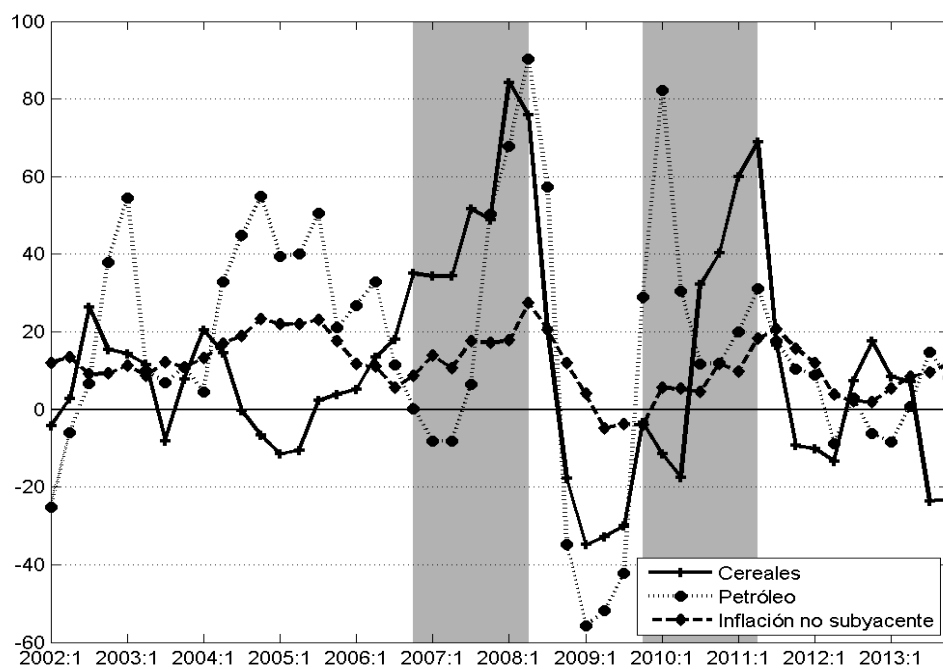


Figura 3: Brecha del producto de Guatemala

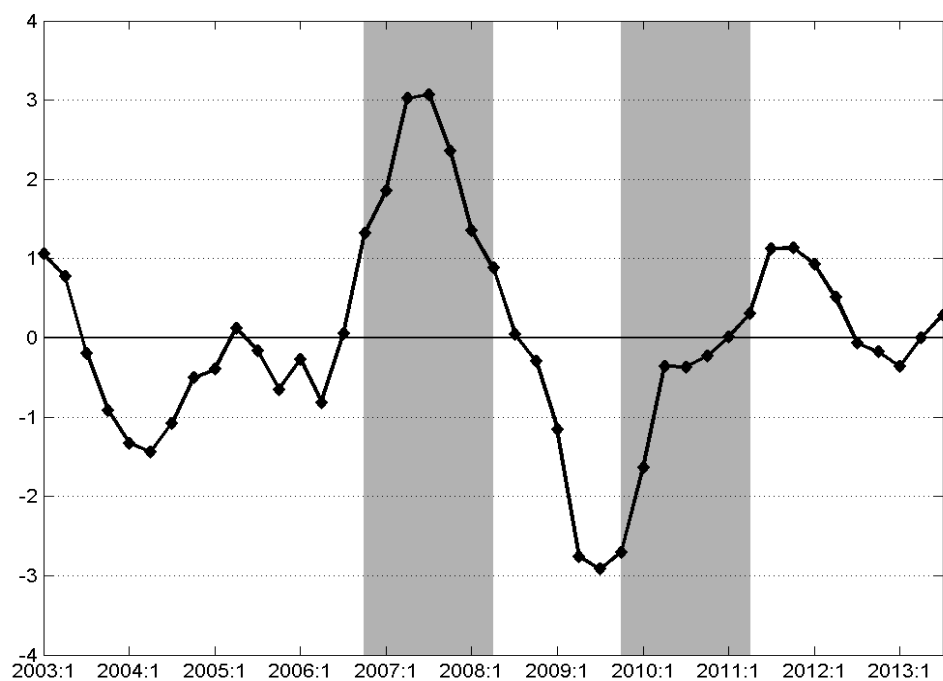




Figura 4: Funciones de impulso respuesta ante un *shock* de política monetaria en Guatemala

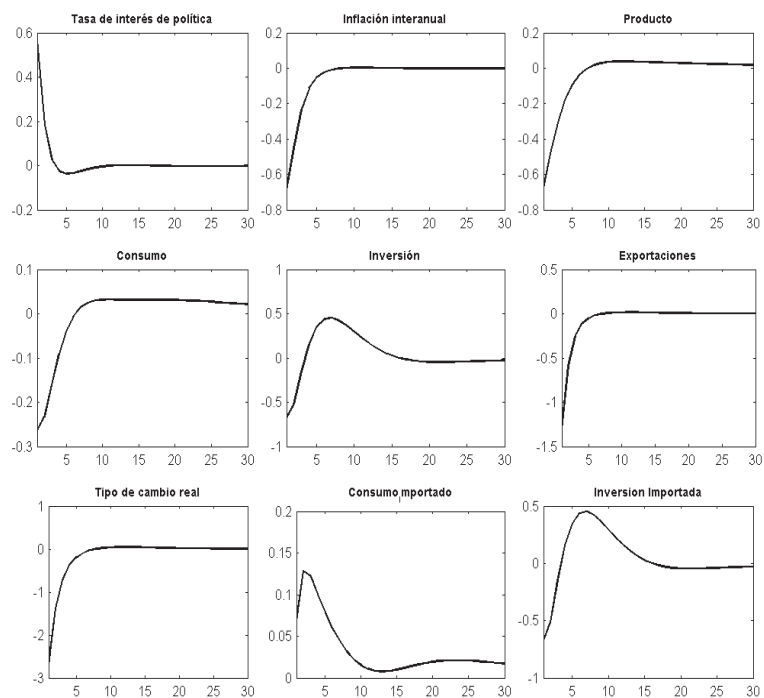


Figura 5: Funciones de impulso respuesta ante un *shock* de remesas en Guatemala

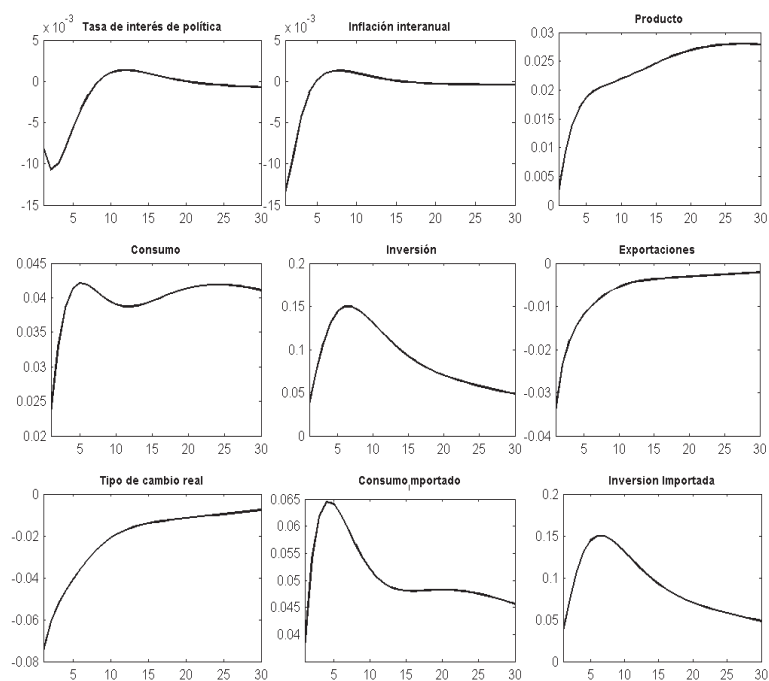


Figura 6: Funciones de impulso respuesta ante un *shock* de inflación no subyacente en Guatemala

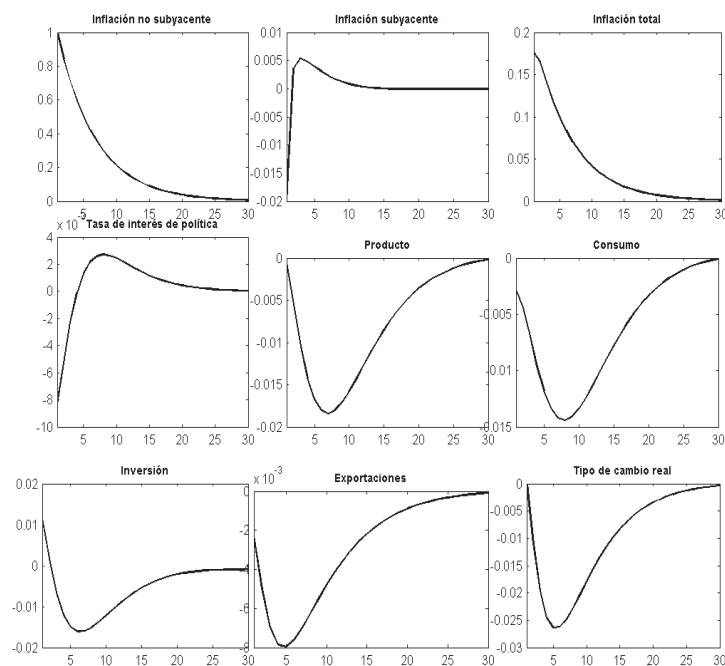


Figura 7: Descomposición histórica de varianza del PIB de Guatemala

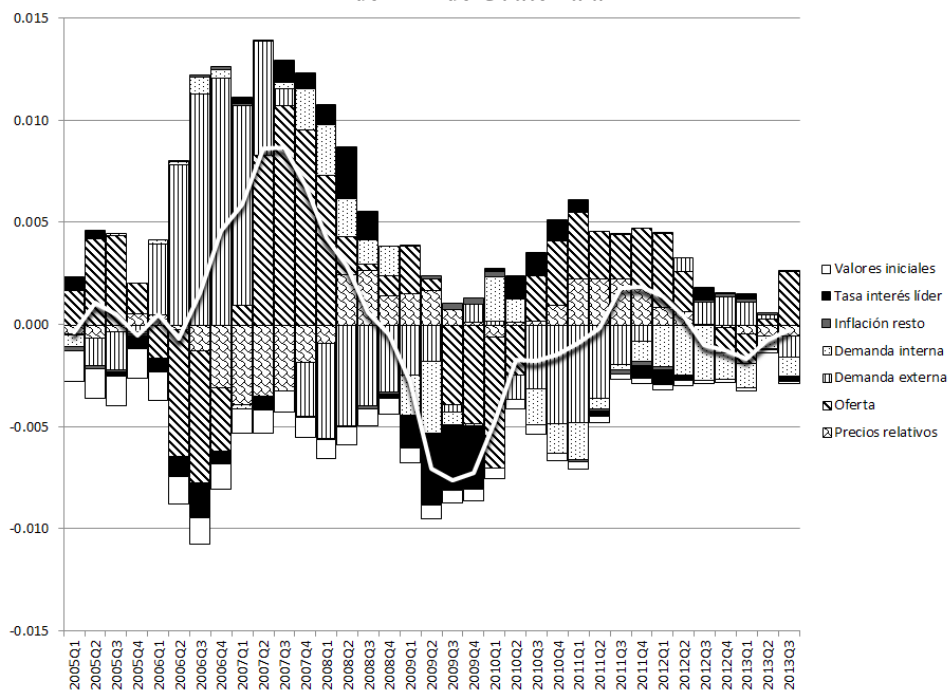


Figura 8: Descomposición histórica de varianza de la inflación total de Guatemala

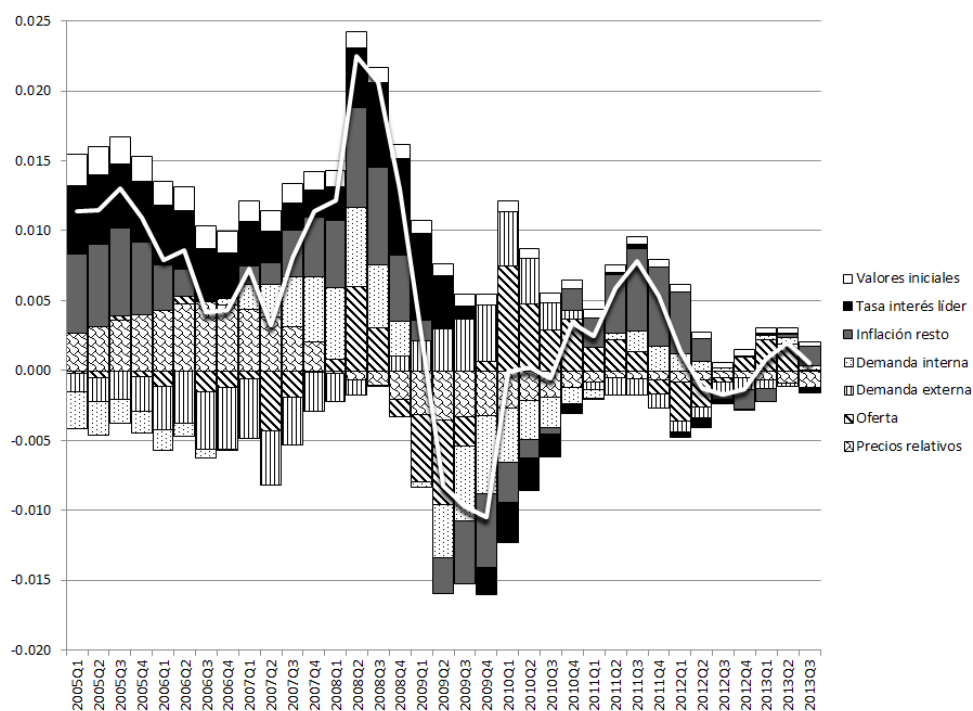
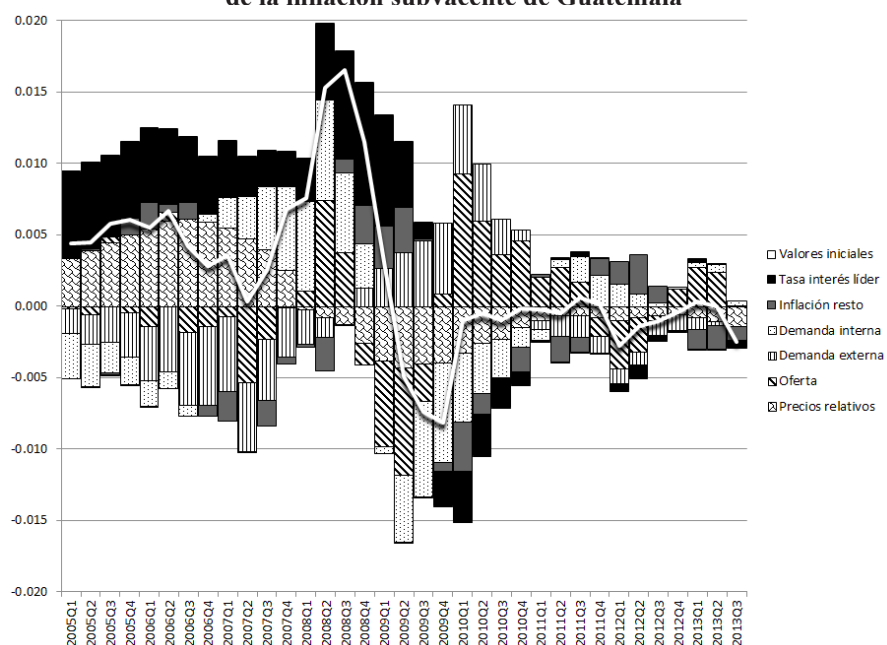


Figura 9: Descomposición histórica de varianza de la inflación subvacante de Guatemala



# Interacción entre la política fiscal y monetaria en Guatemala: un modelo DSGE bayesiano

Carlos Javier Rodríguez Espejo

## Resumen

El presente trabajo tiene como objetivos estudiar la interacción entre la política monetaria y fiscal en la estabilización de los ciclos económicos, controlando la brecha-producto, la inflación y el nivel de deuda del gobierno. En ese sentido, este trabajo busca estimar los parámetros de reacción de una regla de política monetaria –a la Taylor–, y dos reglas de política fiscal estilizadas, las cuales responden a los desvíos de la brecha-producto y al desvío de la deuda pública respecto de su nivel de largo plazo. Usamos un modelo de equilibrio general dinámico y estocástico (DSGE) de tipo neokeynesiano, en el cual se incorporan rigideces de precios à la Calvo (1983). Además, se incorpora indexación de precios, siguiendo a Galí y Gertler (1999), para que el modelo sea coherente con un hecho empírico relevante: la persistencia de la inflación. Modelamos la economía de Guatemala siguiendo el trabajo seminal de Galí y Monacelli (2005), quienes construyeron un modelo neokeynesiano para una economía pequeña y abierta. Asimismo, se realizaron algunas variantes de dicho modelo, siguiendo a Fragetta y Kirsanova (2010) para incorporar la política fiscal.

Dado que el objetivo central del presente documento es estimar los parámetros de interacción de la política monetaria y fiscal, utilizamos un modelo DSGE de escala pequeña, donde las ecuaciones de la forma reducida del modelo sirven como restricciones de identificación para las funciones de reacción de ambas autoridades de política. Para la estimación de los parámetros del modelo, usamos

técnicas bayesianas, implementadas a través de métodos *Markov-Chain Monte Carlo* (MCMC), y hacemos uso del algoritmo Metropolis-Hastings para aproximarnos a las distribuciones posteriores de los parámetros. Para ello, utilizamos datos de la economía guatemalteca de frecuencia trimestral, a partir del período posterior a la adopción del esquema de metas explícitas de inflación. Es decir, nuestro período de estudio abarca desde el trimestre 2005:1 hasta el trimestre 2012:4. Las estimaciones evidencian que el Banco de Guatemala reaccionó de manera decidida ante desvíos de la inflación con respecto a la meta explícita, y esta reacción fue mucho mayor que la causada ante desvíos del Producto con respecto a su nivel potencial. Por otro lado, las estimaciones evidencian que la autoridad de política fiscal controló los desvíos de la deuda pública respecto de su nivel de largo plazo; sin embargo, también optó por estabilizar la brecha-producto. En ese sentido, encontramos que el Ministerio de Finanzas Públicas ejecutó el gasto público de manera procíclica, lo que puede tener altos costos sobre la economía, ya que exacerba los ciclos económicos. Los resultados encontrados por el lado de la política monetaria de Guatemala son coherentes con la literatura de *Optimal Policy-Mix*. La conclusión principal de estos trabajos es que la política monetaria debe utilizarse de manera decidida para la estabilización de precios y en menor medida, o de manera implícita, en la estabilización de los ciclos económicos. Asimismo, señalan que la política fiscal debe enfocarse en el control del déficit fiscal con el objetivo de mantener la sostenibilidad de la deuda, y de esta manera garantizar la estabilidad macroeconómica.

## Introducción

Durante los últimos años muchos bancos centrales alrededor del mundo han ido migrando de los esquemas de metas monetarias hacia la adopción de esquemas de metas explícitas de inflación, teniendo como objetivo principal mantener la estabilidad de precios. Bajo un esquema de metas sobre agregados monetarios, el banco central busca conseguir a través de alguna meta intermedia –definida sobre algún agregado monetario, como la emisión de dinero– su objetivo final de preservar la estabilidad de precios. En Guatemala se empezó a utilizar un esquema de metas monetarias a partir de 1991, utilizando como meta intermedia a la emisión monetaria. A partir de dicha meta intermedia, la autoridad monetaria establecía metas finales para la inflación. Sin embargo, este esquema dejó de funcionar en Guatemala, y en distintas partes del mundo, debido a la pérdida de la relación entre emisión monetaria e inflación. Es por ello que la autoridad monetaria de Guatemala inició entre los años 1999-2000 un proceso de transición hacia un esquema de metas explícitas de inflación, en el que se especifica una meta única, estableciendo un valor numérico para el nivel de precios de la economía.

Desde el punto de vista teórico, un esquema de metas explícitas de inflación se basa en políticas monetarias creíbles, que permitan que los agentes incluyan en la formación de sus expectativas el comportamiento del banco central, el que trata de seguir una regla clara y explícita, teniendo como instrumento de política a la tasa de interés de corto plazo. En esta misma línea, la autonomía de la política monetaria, entendida como la capacidad de definir un instrumento para alcanzar un objetivo no relacionado con otras variables, ha sido el eje central del buen funcionamiento de los bancos centrales desde finales del siglo pasado (Woodford, 2003). En ese sentido, algunos autores como Clarida et al (1999) y Galí (2000) proponen –además– que la política monetaria por sí sola actuando bajo una regla clara y persiguiendo niveles de inflación cercanos a cero, es la mejor forma de lograr al mismo tiempo dos de los objetivos macroeconómicos más importantes: la estabilidad de precios y el pleno empleo. A diferencia de la política monetaria, las políticas fiscales –a nivel mundial– no han seguido el mismo camino de sistematización basada en reglas y objetivos claros, a

pesar de que desde hace muchos años, autores como Friedman (1948) han demostrado que las políticas fiscales y las monetarias están íntimamente relacionadas.

La importancia de la política monetaria y su interacción con la política fiscal para controlar la inflación y administrar la demanda agregada es el núcleo de todo programa de política económica. Por lo tanto, es necesario analizar de qué manera la política monetaria y fiscal necesitan estar coordinadas para garantizar la estabilidad macroeconómica y morigerar el impacto de los ciclos económicos, y cómo es que ambos tipos de política económica interactúan. Por esta razón es importante analizar la interacción entre diferentes variables macroeconómicas tales como: el gasto público, el presupuesto fiscal, la recaudación tributaria, con la elección de las tasas de interés de corto plazo por parte de la autoridad monetaria. Todas estas variables forman parte de los instrumentos de política con los que cuenta el gobierno para lograr los objetivos de estabilización de los ciclos económicos y de la inflación. En ese sentido, el presente trabajo analiza el rol que ha tenido la política fiscal y monetaria en la estabilización macroeconómica de Guatemala, en el período posterior a la adopción del esquema de metas explícitas de inflación, puesto que es recién a partir de dicho período que la tasa de interés de política monetaria tiene un comportamiento similar al de una regla de Taylor. Para realizar dicho análisis, en el presente documento estimamos los coeficientes de reacción tanto de una regla de política monetaria –a la Taylor–, como de dos reglas de política fiscal estilizadas, las cuales responden a los desvíos de la brecha-producto y al desvío de la deuda pública respecto de su nivel de largo plazo.

El modelo del que partimos nos permitirá analizar la interacción entre la política fiscal y la política monetaria, y el rol que ambas tienen en la estabilización de los ciclos económicos y el control de la inflación. Para dichos propósitos usaremos un modelo de Equilibrio General Dinámico y Estocástico (DSGE), dadas ventajas inherentes sobre otros tipos de modelos macroeconómicos a la hora de analizar los efectos de cambios en las condiciones de política económica.<sup>1</sup> Entre algunas de las ventajas de los

<sup>1</sup> Tales como modelos de Ecuaciones Estructurales, propuestos por la Fundación de Cowless, modelos de Vectores Autorregresivos (VAR), entre otros.



modelos DSGE se encuentran: ser robustos a la crítica de Lucas, ya que parten de un comportamiento optimizador de los agentes. Es decir, las ecuaciones del modelo reducido estarán microfundamentadas. Por otro lado, cabe señalar que existe evidencia empírica, desarrollada en los últimos años que muestra que los modelos DSGE tienen la misma o incluso mejor capacidad que los modelos de forma reducida –por ejemplo modelos de tipo VAR– para realizar pronósticos (Castillo, Monto y Tuesta, 2009). El modelo DSGE utilizado es de tipo nekeynesiano, ya que se incorporan rigideces nominales en los precios, siguiendo el esquema propuesto por Calvo (1983). Este modelo nekeynesiano se basa en el trabajo de Galí y Monacelli (2005), quienes estudian la política monetaria óptima para una economía pequeña y abierta, como la economía de Guatemala. Dado que el objetivo central es estimar los parámetros de interacción de la política monetaria y fiscal, se plantea un modelo DSGE de pequeña escala, en el cual las ecuaciones de la forma reducida sirven como restricciones de identificación para las funciones de reacción de ambas autoridades de política. Esta estrategia es adoptada siguiendo a Lubik y Schorfheide (2007), quienes demostraron que, a pesar de la simplicidad y posible mala especificación de los modelos DSGE de pequeña escala, pueden capturar relaciones empíricas robustas.

El documento se divide en seis secciones. En la segunda sección se realiza una revisión de la literatura relevante, en particular, se hace una revisión de trabajos que hayan analizado la interacción entre la política fiscal y la política monetaria, en un esquema de equilibrio general. En la sección tres se describe el modelo DSGE de tipo nekeynesiano utilizado. En la sección 4 se describe la metodología de estimación utilizada, la cual se basa en técnicas bayesianas, ampliamente usadas por la literatura de modelos macroeconómicos en los últimos años. En la sección cinco se presentan los resultados de las estimaciones bayesianas, se comparan las distribuciones *prior* con las distribuciones posterior, y además se presentan las gráficas de impulso-respuesta obtenidas de la simulación del modelo utilizando como valores para los parámetros, los valores obtenidos mediante la estimación bayesiana. Por último, en la sección seis se presentan las conclusiones de la presente investigación, así como algunas recomendaciones de política. En los anexos se presentan algunas derivaciones más detalladas de las ecuaciones del modelo.

## Revisión de la literatura

En los años ochenta, período caracterizado por altas tasas de inflación en países industrializados y emergentes, el debate sobre la interacción entre las autoridades fiscales y monetarias se centraba en las consecuencias inflacionarias que tenía el financiamiento del déficit fiscal a través de la emisión de dinero. En ese contexto, surgieron teorías como la de Sargent y Wallace (1981), Leeper (1991), y la Teoría Fiscal del Nivel de Precios (FTPL) de Woodford (1995). El análisis de la forma en que interactúan la política monetaria y fiscal, en el marco de modelos intertemporales con expectativas, fue estudiada por primera vez por Sargent y Wallace (1981), quienes demostraron cómo una política fiscal sin disciplina puede llegar a ejercer presión sobre la autoridad monetaria para que esta termine cubriendo parte del déficit fiscal con la creación de dinero. En el modelo construido por dichos autores, se asume que la autoridad fiscal debe satisfacer una restricción presupuestaria intertemporal. Es decir, el valor del déficit de gobierno debe ser igual al valor presente descontado de los superávits futuros para garantizar la solvencia intertemporal del gobierno. En ese contexto, una de las formas de producir superávits es incrementando los ingresos bajo un mecanismo de señoreaje, es decir, aumentando la emisión de dinero, y de esta manera es como se relaciona el déficit fiscal con la tasa de crecimiento del dinero y la inflación.

Si la autoridad fiscal, por medio de la recaudación de impuestos, no mantiene el presupuesto intertemporal equilibrado, la autoridad monetaria probablemente se verá forzada a generar suficiente señoreaje para satisfacer la restricción presupuestaria intertemporal. A esta situación, Sargent y Wallace (1981) la denominaron «dominancia fiscal». Años después Leeper (1991) clasificó la política fiscal y monetaria como activa o pasiva, según su comportamiento. Según este autor, la autoridad monetaria (fiscal) es activa si tiene autonomía para establecer sus políticas sin considerar el comportamiento presente y pasado de las variables controladas por la autoridad fiscal (monetaria), considerada como pasiva. Por el contrario, si la autoridad utiliza una política pasiva, esta se verá limitada por las decisiones óptimas hechas por los consumidores y por las acciones de la autoridad activa. Trabajos posteriores, como el de Woodford (1995), dan nacimiento a lo que se denomina la “Teoría fiscal de los precios” (FTPL, por sus

siglas en inglés). Woodford (1995) propuso otro mecanismo por el cual la política fiscal puede afectar la determinación de nivel de precios, y cómo la interacción entre la política fiscal y monetaria determinan la dinámica del producto infracción. La FTPL de Woodford se basa en el modelo de Sargent y Wallace: sin embargo, existe una diferencia importante: en Sargent y Wallace (1981), la tasa de inflación depende exclusivamente de la tasa de crecimiento del dinero. Por el contrario, en la teoría fiscal de nivel de precios, independientemente de la posición antiinflacionaria que puede tener la autoridad fiscal, el objetivo de la estabilidad de precios no puede ser conseguido si el déficit primario fluctúa de manera impredecible. Y lo que es peor aún, mientras más agresiva sea la autoridad monetaria en estas circunstancias, habrá mayor volatilidad del nivel de precios.

En resumen, hasta los años noventa el debate académico sobre la relación e interacción entre las autoridades monetarias y fiscales se centró en las consecuencias inflacionarias del financiamiento monetario de los déficits fiscales. Los recurrentes episodios de alta inflación —y el financiamiento del gasto público por medio de emisión monetaria— en muchos países en desarrollo, entre los que se encontraban todos los países latinoamericanos, justificaban la relevancia de este debate. En ese escenario, la principal recomendación de política para evitar la alta inflación fue el establecimiento de la independencia de la autoridad monetaria, cuyo principal objetivo es actualmente controlar únicamente la inflación. Muchos países desarrollados y emergentes adoptaron esta recomendación, y establecieron bancos centrales independientes. Asimismo, como se mencionó, hoy en día muchos bancos centrales han adoptado regímenes monetarios basados en metas inflacionarias como la base de su política. Por otro lado, en un gran número de países latinoamericanos, las autoridades fiscales también tomaron medidas para controlar sus déficits, luego de que estos llegaran a niveles exorbitantes en la década de los ochenta. Esto se ha logrado mediante la racionalización del gasto fiscal, el aumento de la recaudación de impuestos y, en menor medida, a través de la adopción de reglas estructurales, que permiten mantener una posición superavitaria en el largo plazo.

De este modo, en muchos países del mundo existe un nuevo ambiente de política, en el cual las autoridades monetarias están comprometidas a controlar la inflación,

mientras que las autoridades fiscales ya no se basan en el impuesto inflación para financiar su déficit y servicios de deuda. En este nuevo contexto, ha surgido un nuevo conjunto de temas a ser debatidos sobre la interacción entre la política fiscal y monetaria. Por esta razón, en la literatura más reciente, la atención sobre la interacción entre la política fiscal y monetaria ya no se basa solamente en cómo la política fiscal puede afectar la determinación del nivel de precios, sino que analiza el desempeño macroeconómico en un sentido más amplio. Por ejemplo, se analiza cómo la coordinación —o la falta de ella— entre la autoridad fiscal y monetaria puede afectar otras variables macroeconómicas importantes como el producto, la inversión, la recaudación tributaria, etc. En la actualidad, la interacción entre la política fiscal y monetaria puede ser estudiada de diversas maneras. Un primer enfoque que ha sido utilizado es la teoría de juegos para analizar los posibles escenarios de estas interacciones, considerando a cada uno de los participantes (banco central y gobierno), como jugadores racionales que interactúan uno en contra del otro.<sup>2</sup>

Por otro lado, un segundo enfoque —el cual será empleado para este trabajo de investigación— es el que utiliza modelos de equilibrio general dinámico. Desde mediados de los años noventa un grupo de teóricos ha venido trabajando en la consideración de los fenómenos fiscales y su interrelación con variables macroeconómicas, en modelos dinámicos de equilibrio general con rigideces nominales, fusionando la literatura de ciclos económicos con la de la tributación óptima dinámica como en Lucas y Stokey (1983). Trabajos notables en esta área incluyen Benigno y Woodford (2004), Schmitt-Grohé y Uribe (2004, 2007), y que fueron extendidos para el caso de economías pequeñas y abiertas por Galí y Monacelli (2005, 2007), Fragetta y Kirsanova (2010), entre otros. La conclusión principal de estos trabajos es que la política monetaria es la que debe utilizarse para la estabilización de precios de manera directa, y que mediante una respuesta decidida a la inflación, logrará conseguir también el objetivo de la estabilización de los ciclos económicos. Asimismo, dichos trabajos han demostrado que la política fiscal debe enfocarse en el control del déficit fiscal y de la deuda de gobierno, es decir, debe garantizar la sostenibilidad de la deuda. Cabe señalar que estas conclusiones asumen que

<sup>2</sup> Para un análisis más profundo de este enfoque ver Dixit y Lambertini (2003).

la política monetaria no enfrenta restricciones tales como tasas de interés ya muy bajas –*zero lower bound*–, o la participación en una unión monetaria.

Por tanto, el consenso actual entre los macroeconomistas sugiere que la política monetaria, en una economía cerrada, o una economía pequeña y abierta con tipos de cambio flexibles, que no está restringida por el *zero lower bound* u otras preocupaciones, debe centrarse en la estabilización del ciclo económico y el control de la inflación mientras que la política fiscal debe enfocarse en el control del déficit o la deuda del gobierno. Los resultados de varios análisis de la política fiscal y monetaria en economías con fricciones en precios implican que los costos de la exclusión de la política fiscal de estabilización del ciclo económico son muy pequeños, por ejemplo en Schmitt-Grohé y Uribe (2004, 2007), Benigno y Woodford (2004). Esto se debe a que la estructura básica de los modelos nekeynesianos implica que la política monetaria domina a la política fiscal como medio de controlar la inflación. La política monetaria tiene algunas ventajas inherentes sobre la política fiscal como una herramienta de gestión de la demanda, cuando el bienestar social se calcula utilizando medidas derivadas de la utilidad de los agentes. Asimismo sus efectos van más allá de la demanda, ya que al alterar los precios relativos, tiene efectos en la oferta, permitiendo suavizar los efectos de *shocks* externos en la economía y las distorsiones causadas por las rigideces de precios a la Calvo. Asimismo, en estos modelos, la política monetaria debe reaccionar agresivamente ante excesos de inflación, pero no tanto ante excesos –o déficits– del producto. No obstante, en el caso de economías pequeñas y abiertas con rigideces en los salarios, además de rigideces en los precios, en las que además se considera una política fiscal más rica, donde se permite variar diversos instrumentos en forma óptima, por ejemplo impuestos distorsionantes como en Fasolo (2010), se encuentra que la política fiscal tiene un papel en la estabilización de los ciclos, pero por medio de impuestos al ingreso procíclicos, e impuestos al consumo contracíclicos. Esto se debe a que en este caso, los impuestos pueden alterar los precios relativos, permitiendo ejercer efectos, tanto en la oferta como en la demanda, contrarios a los de los *shocks* exógenos.

### Modelo teórico: el modelo nekeynesiano

El modelo empleado para la estimación de los efectos de la política fiscal y su interacción con la política monetaria

se basa en un modelo de tipo nekeynesiano, para una economía pequeña y abierta como el de Galí y Monacelli (2005), el cual ha sido modificado siguiendo a Galí y Monacelli (2008) y Fragetta y Kirsanova (2010) para incluir la política fiscal dentro del modelo. La economía mundial está compuesta por un *continuum* de economías pequeñas y abiertas, representadas por el índice  $j \in [0,1]$  donde cada una de ellas es tomadora de precios, y no tiene influencia alguna sobre los precios internacionales. Dentro de cada economía existen tres agentes que interactúan simultáneamente: las familias, las firmas y el gobierno. La función de utilidad de las familias depende positivamente de la canasta agregada de consumo  $C_t$ , compuesta tanto de bienes producidos domésticamente como de bienes producidos foráneamente. Además, la función de utilidad de las familias es creciente en el consumo de bienes públicos  $G_t$ , los cuales son provistos por el gobierno. Dado el tipo de función de utilidad que asumimos, el consumo de bienes públicos no afectará las decisiones de consumo (de bienes privados), trabajo y ahorro de las familias. Por último, el número de horas de trabajo  $N_t$  afectan de manera negativa la utilidad de los agentes que habitan la economía doméstica. El trabajo de las familias es utilizado por las firmas como un factor productivo.

El gobierno compra los bienes públicos consumidos por las familias. Asumimos que todos los bienes públicos provistos por el gobierno son comprados únicamente a productores nacionales. En la literatura, autores como Corsetti y Pesenti (2001), Ganelli (2002) y Pitterle y Steffen (2004) adoptan la misma estrategia de modelación. Por otro lado, Obstfeld y Rogoff (1995) asumen que el gobierno compra también bienes extranjeros, y que lo hace en la misma proporción que las familias de la economía doméstica. Al igual que Fragetta y Kirsanova (2010), asumimos que estas compras del gobierno son financiadas mediante la recaudación de impuestos distorsionantes, desde el punto de vista de la eficiencia, los cuales son cobrados sobre el ingreso que reciben los trabajadores. Incluir impuestos distorsionantes en el modelo es una estrategia que permite justificar – dentro de nuestro modelo DSGE– el hecho empírico de que la política fiscal tiene efectos reales en la economía, al menos en el corto plazo.<sup>3</sup> Los impuestos

<sup>3</sup> Ver Blanchard y Perotti (2002), quienes construyen un modelo VAR estructural, y muestran evidencia de que el gasto público tiene efectos positivos en el producto, en la economía de Estados Unidos.

distorsionantes hacen que los niveles impositivos influyan en las decisiones de los agentes, pues las condiciones de primer orden, de la maximización de utilidad, se verán afectadas por la tasa de impuestos que tienen que pagar sobre sus ingresos laborales, lo cual no ocurre cuando solo se incluyen impuestos de suma fija en el modelo. En la misma línea con lo anterior, se incluyen en el modelo dos reglas endógenas de política fiscal<sup>4</sup> (las cuales se detallan más adelante), las cuales dependen de otras variables del modelo. Las especificaciones de dichas reglas endogenizan el gasto público y la recaudación de impuestos, ya que están retroalimentadas por otras variables de la economía.

Finalmente, en cada economía –doméstica y extranjeras– existe un *continuum* de firmas, las que producen un *continuum* de bienes diferenciados, indexados por  $i \in (0,1)$ . Estas firmas operan en un escenario de competencia monopolística a la Dixit y Stiglitz (1977). Es la diferenciación de los bienes producidos lo que le otorga poder de mercado a las firmas, lo cual se traduce en que estas podrán fijar los precios por encima de su costo marginal. Asimismo, incorporamos en el modelo la rigidez de precios, siguiendo el esquema propuesto por Calvo (1983), en donde se asume que en cada período, solo una fracción de firmas  $1 - \theta$  puede fijar su precio óptimamente, mientras que la fracción restante  $\theta$ , fija su precio, pero no lo hace óptimamente sino que lo fija de tal forma que sea igual al precio agregado del período pasado. Es importante señalar, además, que estamos asumiendo la existencia de mercados financieros internacionales completos. Por tanto, las familias tienen acceso a un conjunto completo de activos contingentes transados internacionalmente. Este supuesto nos lleva a la conclusión de que el consumo doméstico estará relacionado de forma directa con el consumo extranjero, es decir, no existe heterogeneidad en el consumo entre países distintos. A este resultado también se le conoce como distribución eficiente de riesgo.

El modelo se cierra con la inclusión de reglas de política monetaria y fiscal. La regla de política monetaria asume que el banco central modifica su tasa de interés de corto plazo, siguiendo un comportamiento similar al de una regla de

Taylor. Por otro lado, asumimos que la política fiscal tiene dos instrumentos de política: una regla de gasto público, y una regla que delimita el comportamiento de la recaudación tributaria (regla de impuestos). Ambas reglas son usadas por la autoridad fiscal con el objetivo de controlar el nivel de la brecha-producto (rezagado un período),<sup>5</sup> así como los desvíos de la deuda pública respecto de su nivel de largo plazo. Dichas reglas son reglas estándares en la literatura, y capturan la preocupación de los gobiernos por controlar los ciclos económicos, y garantizar la sostenibilidad de la deuda de gobierno. Por último, asumimos que la autoridad fiscal se enfrenta a una restricción presupuestaria, la cual debe ser satisfecha intertemporalmente para garantizar la solvencia del gobierno.

### El comportamiento de las familias

Suponemos que nuestra economía pequeña y abierta al resto del mundo está habitada por un continuo de familias idénticas que viven infinitos períodos. Dichas familias buscan maximizar el esperado del valor presente descontado de su utilidad:

$$\max_{\{C_t, G_t, N_t\}_{t=0}^{\infty}} E_0 \left\{ \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \left( \frac{C_t^{1-\sigma}}{1-\sigma} + \frac{G_t^{1-\sigma}}{1-\sigma} - \frac{N_t^{1+\varphi}}{1+\varphi} \right) \right\} \quad (1)$$

Las variables de la función de utilidad  $C_t$ ,  $G_t$  y  $N_t$  representan el consumo privado agregado, el consumo de bienes públicos y las horas de trabajo, respectivamente. Las familias descuentan los flujos de utilidad futura a la tasa  $\beta \in (0,1)$  que representa el factor de descuento subjetivo de las familias. Por otro lado, el parámetro  $\sigma$  representa la inversa de la elasticidad intertemporal de sustitución del consumo, el parámetro  $\varphi$  es la inversa de la elasticidad de la oferta de trabajo con respecto al salario real, y  $\chi$  es la ponderación relativa que le otorga la familia representativa al consumo de bienes públicos con respecto al de bienes privados. La función de utilidad de las familias depende directamente del índice compuesto de consumo privado  $C_t$ , el cual agrega el consumo total del país "H" (doméstico), es decir, es la suma de todos los bienes (privados) que son consumidos por dichas familias. Estos bienes se dividen en bienes producidos domésticamente  $C_{H,t}$  y bienes producidos foráneamente  $C_{F,t}$ . En este último índice  $C_{F,t}$  están contenidas en el consumo de bienes producidos en los  $j$  países del mundo.

<sup>4</sup> Cabe señalar que, siguiendo a diversos autores como Ravn et al (2007), Fragetta y Kirsanova (2010), Kirsanova, Stehn, y Vines (2005), entre otros, se utiliza una regla de política fiscal estilizada, no microfundada.

<sup>5</sup> Siguiendo a Muscatelli y Tirelli (2004).

La canasta de consumo compuesto de las familias se puede agregar utilizando una función tipo CES, siguiendo a Dixit y Stiglitz (1977):

$$C_t \equiv \left[ (1-\alpha)^{\frac{1}{\eta}} \left( C_{H,t} \right)^{\frac{\eta-1}{\eta}} + \alpha^{\frac{1}{\eta}} \left( C_{F,t} \right)^{\frac{\eta-1}{\eta}} \right]^{\frac{\eta}{\eta-1}} \quad (2)$$

Como se mencionó, el consumo agregado  $C_t$  es la suma tanto de bienes producidos domésticamente como de bienes producidos en el resto del mundo. El parámetro  $\eta$  es la elasticidad de sustitución entre bienes nacionales y bienes extranjeros. Por su parte, el parámetro  $\alpha \in (0,1)$  mide el grado de apertura de la economía doméstica, ya que representa la ponderación que la familia le asigna a los bienes extranjeros (importados) dentro de la canasta de consumo. A mayor valor de  $\alpha$ , mayor apertura de la economía. En ese sentido, la fracción restante,  $1-\alpha$  representa la proporción de bienes producidos domésticamente que es consumida por las familias.

A su vez, el índice de consumo de bienes domésticos ( $C_{H,t}$ ) viene dado por el siguiente agregador:

$$C_{H,t} \equiv \left( \int_0^1 C_{H,t}(i)^{\frac{\varepsilon-1}{\varepsilon}} di \right)^{\frac{\varepsilon}{\varepsilon-1}} \quad (3)$$

El índice  $C_{H,t}$  indica el consumo de bienes nacionales que han sido producidos domésticamente por el país “H” (doméstico), y está representado por una función CES que agrega los  $i \in (0,1)$  bienes que son producidos domésticamente. Dado que estos bienes no son homogéneos, sino que existe cierto grado de diferenciación, el parámetro  $\varepsilon$  denota la elasticidad de sustitución entre los distintos  $i$  bienes producidos dentro de la economía local “H”, y dicha elasticidad debe ser mayor a uno.

Por otro lado, el índice de bienes extranjeros, el cual agrega al total de bienes importados que se consumen en la economía doméstica “H”, está dado por:

$$C_{F,t} \equiv \left( \int_0^1 \left( C_{j,t} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} dj \right)^{\frac{\gamma}{\gamma-1}} \quad (4)$$

La expresión anterior agrega las importaciones del país doméstico (H) que provienen de todos los países (j). Por su parte,  $\gamma$  mide la elasticidad de sustitución entre los bienes extranjeros producidos en diferentes países. Asimismo, se debe cumplir que  $\gamma > 1$ .

En la ecuación (4), la variable  $C_{j,t}$  representa el índice de Bienes Extranjeros (provenientes del país j), el cual agrega a los “i” bienes producidos en el país “j”.

$$C_{j,t} \equiv \left( \int_0^1 C_{j,t}(i)^{\frac{\varepsilon-1}{\varepsilon}} di \right)^{\frac{\varepsilon}{\varepsilon-1}} \quad (5)$$

Donde el parámetro  $\varepsilon$  denota la elasticidad de sustitución entre los bienes “i” del país foráneo “j”.

#### La restricción presupuestaria de las familias

Por otro lado, la maximización de la utilidad (ecuación 1) de las familias está limitada por una restricción presupuestaria, la cual debe satisfacerse en todos los periodos  $t = 0, 1, 2, \dots$ :

$$\int_0^1 P_{H,t}(i) C_{H,t}(i) di + \int_0^1 P_{j,t}(i) C_{j,t}(i) di + E_t \{ Q_{t,t+1} D_{t+1} \} + T_t \leq D_t + (1 - Y_t) W_t N_t \quad (6)$$

Integrando el lado izquierdo de la restricción presupuestaria con respecto a las variables  $i$  (bienes) y  $j$  (países):

$$P_{H,t} C_{H,t} + P_{F,t} C_{F,t} + E_t [Q_{t,t+1} D_{t+1}] + T_t = D_t + (1 - Y_t) W_t N_t \quad (7)$$

$$P_t C_t + E_t [Q_{t,t+1} D_{t+1}] + T_t = D_t + (1 - Y_t) W_t N_t, t = 0, 1, 2, \dots \quad (8)$$

Esta restricción presupuestaria nos dice que el gasto en consumo  $P_t C_t$  más las inversiones en el portafolio financiero -cuyo costo en  $t$  es  $E_t [Q_{t,t+1} D_{t+1}]$  y genera un pago nominal de  $D_{t+1}$  en  $t+1$ , más el pago de impuestos de suma fija  $T_t$ , deben financiarse con los dividendos recibidos del portafolio financiero  $D_t$ , más los ingresos laborales netos de impuestos  $(1 - Y_t) W_t N_t$ .

En la restricción presupuestaria, el gasto de la familia en la canasta de consumo es



$$P_t C_t = P_{H,t} C_{H,t} + P_{F,t} C_{F,t}$$

donde  $P_t = [(1-\alpha)(P_{H,t})^{1-\eta} + \alpha(P_{F,t})^{1-\eta}]^{\frac{1}{1-\eta}}$  es el índice de precios al consumidor (IPC).

Además, podemos observar en la restricción presupuestaria de las familias, que estas pagan un impuesto de tipo *lump-sum*  $T_t$ . Por otro lado, los ingresos de las familias están compuestos por el salario nominal,  $W_t$ , que reciben por su trabajo sobre los cuales se debe pagar un impuesto a la renta representado por  $Y_t$ . Asimismo, las familias reciben ingresos de la tenencia de un portafolio de activos, constituidos por dividendos nominales  $D_t$ . El término  $Q_{t,t+1} = 1/(1+r_t)$  es el deflactor de precios de estado o factor de descuento estocástico, que nos permite obtener el precio actual de los dividendos futuros, y  $r_t$  es la tasa de interés nominal.

Sabemos que las familias se enfrentan a dos decisiones temporales: una decisión intratemporal (en el período  $t$ ), y otra decisión intertemporal ( $\forall t = 0, 1, 2, \dots$ ).

### El problema intratemporal de las familias

Su decisión intratemporal se basa en maximizar su consumo entre los diferentes bienes que componen su canasta, sujeto a su gasto, o análogamente, se podría resolver por el dual:

$$\begin{aligned} & \text{Min} P_{H,t} C_{H,t}(i) + P_{F,t} C_{F,t}(i) \\ & \text{s.a } C_t(i) = \left[ (1-\alpha)^{\frac{1}{\eta}} [C_{H,t}(i)]^{\frac{\eta-1}{\eta}} + \alpha^{\frac{1}{\eta}} [C_{F,t}(i)]^{\frac{\eta-1}{\eta}} \right]^{\frac{\eta}{\eta-1}} \end{aligned}$$

Donde  $C_{H,t}(i)$  es el bien de consumo doméstico y  $C_{F,t}(i)$  es el bien de consumo importado, además la elasticidad de sustitución entre estos bienes es  $\eta$ , y  $\alpha$  es la proporción de bienes importados en la canasta de consumo, por otro lado  $P_{H,t}$  y  $P_{F,t}$  son los precios de los bienes domésticos e importados.

La demanda óptima de los diferentes bienes viene dada por:

$$C_{H,t} = (1-\alpha) \left( \frac{P_{H,t}}{P_t} \right)^{-\eta} C_t \quad (10)$$

$$C_{F,t} = \alpha \left( \frac{P_{F,t}}{P_t} \right)^{-\eta} C_t \quad (11)$$

En la ecuación anterior, el Índice de Precios Domésticos ( $P_{H,t}$ ) representa el índice de precios de los bienes producidos domésticamente:

$$P_{H,t} = \left( \int_0^1 P_{H,t}(i)^{1-\varepsilon} di \right)^{\frac{1}{1-\varepsilon}} \quad (12)$$

Por otro lado, el Índice de precios Importados ( $P_{F,t}$ ) está dado por:

$$P_{F,t} = \left( \int_0^1 P_{j,t}^{1-\gamma} dj \right)^{\frac{1}{1-\gamma}} \quad (13)$$

El cual depende a su vez del índice de precios importados provenientes del país  $j$  ( $P_{j,t}$ ), cuyo agregador a la Dixit y Stiglitz se puede escribir como:

$$P_{j,t} = \left( \int_0^1 P_{j,t}(i)^{1-\varepsilon} di \right)^{\frac{1}{1-\varepsilon}} \quad (14)$$

### El problema intertemporal de las familias

Por su parte, las familias, intertemporalmente, buscan maximizar su función de utilidad esperada descontada (ecuación 1) sujeta a su restricción presupuestaria. De las condiciones de primer orden, podemos obtener dos ecuaciones importantes: la oferta de trabajo, la demanda de bienes de consumo y la sustitución intertemporal dada por la ecuación de Euler.

#### Condiciones de primer orden

$$\text{Oferta de trabajo: } C_t^\sigma N_t^\varphi = \frac{(1-Y_t)W_t}{P_t} \quad (15)$$

$$\text{Ecuación de Euler: } \left[ \frac{C_t}{Q_{t,t+1} C_t} \right] \frac{P_t}{P_{t+1}} \quad (16)$$

que luego de ser log-linearizadas y denotando con minúsculas el logaritmo de las respectivas variables, resultan en

$$\log(1 - \Upsilon_t) + w_t - p_t = \sigma c_t + \varphi n_t \quad (17)$$

$$c_t = E_t c_{t+1} - \frac{1}{\sigma} (-\ln \beta + r_t - E_t \pi_{t+1}) \quad (18)$$

Luego de resolver el problema de los hogares, procedemos a derivar la curva IS neokeynesiana, la cual recoge el comportamiento de la demanda agregada de la economía. A diferencia del modelo neokeynesiano estándar para una economía cerrada, en este modelo de una economía pequeña y abierta, para derivar la curva IS neokeynesiana, necesitamos primero desarrollar algunas identidades que se cumplen en la economía doméstica, las cuales nos servirán para, y haciendo uso de la condición de limpieza de mercado, encontrar una representación para la curva IS, la cual será despejada de tal manera que dependa de los choques de demanda extranjera. En el Anexo A se presentan las derivaciones realizadas para obtener una curva IS *forward looking*, a partir de la ecuación de Euler, la condición de limpieza de mercados, y algunas identidades, tal como lo hacen Gali y Monacelli (2005,2008).

### El comportamiento de las firmas

En la economía doméstica existe un continuo de firmas idénticas indexadas por  $i \in (0,1)$ , las cuales producen bienes diferenciados, lo que les otorga poder de mercado, pudiendo fijar su precio por encima de su costo marginal. Asumimos, que todas las firmas tienen la misma tecnología, de modo que la función de producción de la  $i$ -ésima firma es:

$$Y_t(i) = A_t N_t(i) \quad (19)$$

donde  $a_t = \log(A_t)$  es un *shock* de productividad, que sigue un proceso AR(1).

### Fijación de precios

Siguiendo a Calvo (1983), asumimos que las empresas enfrentan rigideces de precios. Un esquema a la Calvo implica que no todas las firmas podrán fijar óptimamente

un precio nuevo todos los períodos, sino que solo una fracción de ellas,  $1 - \theta$  podrá fijar (óptimamente) un nuevo precio en cada período. Por lo tanto, la proporción  $\theta$  de firmas mantienen fijo su precio en  $t$ . En otras palabras, cada período, cada firma debe fijar (reoptimizar) un nuevo precio  $P_t(i)$  con probabilidad  $1 - \theta$  y esta probabilidad es independiente del tiempo transcurrido desde la última fijación de precios. Por lo tanto,  $1 / (1 - \theta)$  muestra la duración promedio que los precios se mantienen fijos. Por otra parte, además del marco estándar de Calvo asumido para incorporar la existencia de rigideces de precios, en el presente modelo también incluimos un comportamiento *backward looking* en el proceso de fijación de precios, siguiendo a Gali y Gertler (1999), para poder tomar en cuenta la persistencia de la inflación, hecho que ha sido comprobado empíricamente. Esta es una diferencia importante de este modelo con el modelo neokeynesiano estándar, en el cual la inflación solo tiene un comportamiento *forward looking*, basándose en el supuesto de que las firmas ajustan lentamente sus precios y que la decisión de las firmas sobre su precio depende de los costos esperados y demanda futuras.

Para poder modelar la persistencia de la inflación en la economía, asumimos que existen dos tipos de firma en la economía. Mientras que la fracción  $\theta$  de las firmas fijadoras de precios, quienes cambian sus precios en cada período con probabilidad  $1 - \theta$ , se comportan óptimamente como en un modelo a la Calvo estándar, cuando fijan sus precios, la fracción restante ( $\xi$ ), prefiere reajustar sus precios tomando en cuenta un comportamiento *backward looking* (*rule of thumb*); es decir, la fracción ( $\xi$ ) fija su precio en el período  $t$  igual al precio en el período  $t - 1$ . El precio,  $P_{H,t}^b$  el cual es fijado por las firmas *rule of thumb*, puede escribirse como en Gali y Gertler (1999):

$$P_{H,t}^b = P_{H,t-1}^* \frac{P_{H,t-1}}{P_{H,t-2}} \quad (20)$$

donde  $P_{H,t-1}^* = (P_{H,t-1}^f)^{1-\xi} (P_{H,t-1}^b)^\xi$  son los precios agregados elegidos en el período  $t - 1$  por ambos tipos de firmas: las firmas optimizadoras que siguen un comportamiento *forward looking*,  $P_{H,t-1}^f$ —y las firmas *rule of thumb*— que tienen un comportamiento *backward looking*,  $P_{H,t-1}^b$ . Por lo tanto, las firmas *rule of thumb* toman en consideración la tasa de inflación pasada ( $\pi_{H,t-1} = P_{H,t-1} / P_{H,t-2}$ ) como

también el precio agregado  $P_{H,t-1}^*$  ocurrido en el período  $t-1$ , cuando ellos reajustan sus precios en el momento  $t$ .

## Equilibrio

Asumiendo que el mercado de bienes está en equilibrio, obtenemos una curva IS *forward looking* o dinámica para la economía doméstica, similar a la que se encuentra en Gali y Monacelli (2005, 2008). Como se sabe, la curva IS describe el comportamiento óptimo de las familias, y de la demanda agregada. La curva IS log-linearizada en términos de las desviaciones de su estado estacionario puede expresarse como:

$$\hat{y}_t = E_t[\hat{y}_{t+1}] - E_t[\Delta \hat{g}_{t+1}] + \alpha(\varpi - 1)(\rho_{c^*} - 1)\hat{c}_t^* - \frac{1}{\sigma_\alpha}(\hat{r}_t - E_t[\hat{r}_{H,t+1}]) \quad (21)$$

donde  $\sigma_\alpha \equiv \frac{\sigma}{(1-\alpha)+\alpha\varpi}$ , el parámetro  $\varpi \equiv \sigma\gamma + (1-\alpha)(\sigma\eta - 1)$  representa la elasticidad de sustitución entre bienes domésticos y extranjeros,  $\alpha$  mide la proporción de consumo doméstico asignado a bienes importados (grado de apertura) y refleja la elasticidad de sustitución entre los bienes producidos en diferentes países extranjeros.

Todas las variables con el símbolo " $\wedge$ " representan desviaciones con respecto a sus valores de estado estacionario, mientras que las variables que hacen referencia a las economías extranjeras, se denotan con un asterisco. En ese sentido, las variables endógenas se definen de la siguiente manera: Producto  $\hat{y} = \ln(Y_t / \bar{Y}) = y_t - \bar{y}$ , donde  $\bar{Y}$  denota el valor de estado estacionario de  $y_t$ , el gasto público  $\hat{g}_t = -\ln(1 - G_t / Y_t)$ , la tasa de interés nominal  $\hat{r}_t$  y la inflación doméstica  $\pi_{H,t} = \ln(P_{H,t} - P_{H,t-1})$ . Se usa la inflación doméstica en lugar de la inflación del IPC, sustituyendo el componente de importaciones de la inflación del IPC con la ayuda de la condición de distribución eficiente de riesgo. Los precios domésticos,  $P_{H,t}$  son representados por el deflactor del PBI. Por último, la IS dinámica depende también de la variable  $\hat{c}_t = y_t - g_t$ , la cual representa el consumo mundial (exógeno para la economía doméstica), el cual sigue un proceso AR(1).

Asimismo, es posible derivar una representación alternativa de la IS dinámica, reescribiendo la ecuación anterior en términos de la brecha-producto:

$$\tilde{y}_t = E_t\{\tilde{y}_{t+1}\} - E_t\{\Delta \tilde{g}_{t+1}\} - \frac{1}{\sigma_\alpha}(\tilde{r}_t - E_t\{\pi_{H,t+1}\}) \quad (22)$$

donde  $\tilde{y}_t = \hat{y}_t - \hat{y}_t^n$ , y  $\tilde{r}_t = \hat{r}_t - \hat{r}_t^n$ . Asimismo, se cumple que:  $\tilde{g}_{t+1} = g_{t+1}$  y  $\pi_{H,t+1} = \pi_{H,t+1}$  dado que el nivel natural de ambas variables  $\hat{g}_{t+1}^n = \pi_{H,t+1}^n = 0$ . Las variables  $\hat{y}_t^n$  y  $\hat{r}_t^n$  representan el producto natural y la tasa de interés natural, respectivamente. Estos son los niveles de equilibrio del Producto y la tasa de interés en ausencia de rigideces nominales:

$$\hat{y}_t^n = \frac{(1+\varphi)}{(\sigma_\alpha + \varphi)} \hat{a}_t - \frac{(\sigma - \sigma_\alpha)}{(\sigma_\alpha + \varphi)} \hat{c}_t^* \quad (23)$$

$$\hat{r}_t^n = \sigma_\alpha (E_t\{\hat{y}_{t+1}^n\} - \hat{y}_t^n) + \sigma_\alpha \alpha (\varpi - 1) (\rho_{c^*} - 1) \hat{c}_t^* \quad (24)$$

donde  $\hat{a}_t$  el logaritmo del proceso tecnológico  $A_t$

## Curva de Phillips

Asimismo, el hecho de que en la economía coexistan firmas *backward looking* y firmas *forward looking*, nos permite obtener una curva de Phillips "híbrida", la cual luego de ser log-linearizada en términos de las desviaciones de su estado estacionario, puede ser escrita como:

$$\hat{\pi}_{H,t} = \lambda^b \hat{\pi}_{H,t-1} + \lambda^f E_t\{\hat{\pi}_{H,t+1}\} + \kappa \hat{m}c_t + \varepsilon_t^\pi \quad (25)$$

$$\hat{m}c_t = (\sigma_\alpha + \varphi)(\hat{y}_t - \hat{y}_t^n) - \sigma_\alpha \hat{g}_t + \hat{\tau}_t \quad (26)$$

Donde  $\lambda^b = \frac{\zeta}{\theta + \zeta(1-\theta(1-\beta))}$ ,  $\lambda^f = \frac{\beta\theta}{\theta + \zeta(1-\theta(1-\beta))}$  y  $\kappa = \frac{(1-\beta\theta)(1-\theta)(1-\zeta)}{\theta + \zeta(1-\theta(1-\beta))}$ . Por su parte, la variable  $\hat{m}c_t$  representa el costo marginal real y  $\tau_t = -\ln(1 - Y_t / Y_t)$  es la tasa de impuestos en su forma log-linearizada. En la curva de Phillips híbrida (25), el término  $\varepsilon_t^\pi$  representa un *shock* en los costos de producción, el cual asumimos que es independiente e idénticamente distribuido (*i.i.d.*).

De acuerdo a la ecuación (27), el gasto de gobierno, los impuestos, así como también la brecha-producto, afectan directamente el costo marginal real y, por lo tanto, afectan indirectamente a la inflación doméstica. La pendiente de la curva de Phillips,  $\kappa$  muestra la sensibilidad de la inflación doméstica respecto a cambios en el costo marginal real.

Además del costo marginal real actual, la inflación esperada futura y la inflación pasada (que reflejan la inercia de la inflación), también entran en la ecuación de la inflación doméstica actual. Los parámetros  $\lambda^b$  y  $\lambda^f$  dependen de tres parámetros estructurales del modelo  $\zeta$ ,  $\beta$  y  $\theta$ .

Por otro lado, si la fracción de firmas que no reoptimiza cada período su precio,  $\zeta$ , es igual a cero, se obtiene una curva de Phillips *forward looking*; sin embargo, si la fracción  $\zeta$  es diferente de cero, obtendremos una curva de Phillips “híbrida”, como la de la ecuación (25). A mayor proporción de firmas fijadoras de precios “*rule of thumb*”, mayor será la ponderación de la inflación pasada (inercia de la inflación). Por otra parte, cabe señalar que un aumento en el número de firmas *rule of thumb* y un alto grado de rigidez en los precios, reducen la sensibilidad de la inflación doméstica actual al costo marginal real actual.

### La regla de política monetaria

Para cerrar el modelo, es necesario caracterizar el comportamiento de la autoridad de política monetaria mediante una regla. El comportamiento de la autoridad monetaria, siguiendo a Smets y Wouters (2003), es modelado mediante una regla de política monetaria a la Taylor, que determina el comportamiento que tiene la autoridad monetaria frente a los desvíos de la inflación y de la brecha del producto.

$$\hat{r}_t = \rho_r (\hat{r}_{t-1} - \hat{r}_t^n) + (1 - \rho_r) \left[ r_\pi (\hat{\pi}_{H,t}) + r_y (\hat{y}_t - \hat{y}_t^n) \right] + \hat{r}_t^n + \varepsilon_t^r \quad (27)$$

En la ecuación anterior,  $\hat{r}_t^n$  representa el nivel natural de la tasa de interés nominal. Dado que existe evidencia empíricamente que ha mostrado que la tasa de interés de política monetaria no presenta muchos cambios entre un período y otro, incorporamos un parámetro de persistencia,  $\rho_r \in (0, 1)$ , el cual representa el grado de inercia de la tasa de interés de política monetaria. Asimismo, asumimos que la regla de Taylor se ve afectada por un *shock* de tasa de interés  $\varepsilon_t^r \sim iid$ , el cual se interpreta como la parte no sistemática de la política monetaria.

Es importante destacar que dos parámetros importantes de la regla de Taylor son  $r_\pi$  y  $r_y$  los cuales representan las preferencias del banco central por controlar la inflación y la brecha del producto, respectivamente. Se asume que ambos

coeficientes  $r_\pi$  y  $r_y$  son no negativos, y son elegidos por la autoridad monetaria, según las preferencias de esta. Dado que el objetivo principal del banco central es mantener la estabilidad de precios, se debe cumplir que:  $r_\pi > r_y$  y además que  $r_\pi > 1$ . A esta última condición se le conoce como el “principio de Taylor”, el cual nos dice que el banco central sube más que proporcionalmente su tasa de interés ante un incremento de la inflación en 1%.

### Las reglas de política fiscal

Asumimos que la autoridad de política fiscal sigue un comportamiento basado en dos reglas. Estas son reglas estilizadas y buscan hacer prevalecer la estabilidad macroeconómica, y por ello busca alcanzar dos objetivos principales: controlar la brecha-producto y mantener la sostenibilidad de la deuda de gobierno. Siguiendo a Muscatelli y Tirelli (2004), consideremos que la función de reacción de la política fiscal toma en cuenta las respuestas rezagadas de la política fiscal a la actividad económica. Al igual que la regla de Taylor, incorporamos un parámetro de inercia dentro de las reglas fiscales, que ayudan a explicar mejor el comportamiento observado de la política fiscal empíricamente.

$$\hat{g}_t = \rho_g \hat{g}_{t-1} + (1 - \rho_g) \left[ g_y (\hat{y}_{t-1} - \hat{y}_{t-1}^n) + g_b \hat{b}_t \right] + \varepsilon_t^g \quad (28)$$

$$\hat{\tau}_t = \rho_\tau \hat{\tau}_{t-1} + (1 - \rho_\tau) \left[ \tau_y (\hat{y}_{t-1} - \hat{y}_{t-1}^n) + \tau_b \hat{b}_t \right] + \varepsilon_t^\tau \quad (29)$$

La primera representa una regla cuyo instrumento es el gasto público, mientras que la segunda es una regla cuyo instrumento es el nivel de recaudación o impuestos. Los parámetros  $\rho_g$  y  $\rho_\tau$  representan el grado de inercia de la política fiscal. Por su parte, los parámetros  $g_y$  y  $\tau_y$  representan la sensibilidad del Gasto Público y la sensibilidad de la tasa de Impuestos a los valores pasados de la brecha-producto. Los parámetros  $g_b$  y  $\tau_b$  corresponden a coeficientes de reacción respecto al *stock* de deuda no observable. Por otro lado,  $\varepsilon_t^g$  y  $\varepsilon_t^\tau$  son *shocks i.i.d.* de gasto público y de impuestos, los cuales representan los componentes no sistemáticos de política fiscal discrecional o las desviaciones discrecionales exógenas de las reglas fiscales. De acuerdo al gasto público y a las reglas fiscales descritas anteriormente, la autoridad fiscal tiene dos objetivos: la estabilización del producto y la estabilización de la deuda. Cabe señalar que la magnitud de la sensibilidad del gasto y de los impuestos con respecto a la deuda y la brecha-producto cambia dependiendo del grado de suavizamiento fiscal.

### Restricción presupuestaria del gobierno

Finalmente, el modelo es completado con una restricción de solvencia de gobierno. Siguiendo a Kirsanova y Fragetta (2010), el gasto público que realiza la autoridad de política fiscal enfrenta una restricción de solvencia, la cual debe cumplirse en cada período:

$$B_{t+1} = (1+r) \left( B_t \frac{P_{H,t-1}}{P_{H,t}} + G_t - Y_t Y_t \right) \quad (30)$$

Y luego de ser log-linearizada se expresa como:

$$\hat{b}_{t+1} = \hat{b}_t + \frac{1}{\beta} \left[ \hat{b} - \hat{\pi}_{H,t} + (1-\beta)(\hat{\tau}_t - \hat{y}_t) + \frac{\bar{C}}{\bar{B}}(\hat{g}_t - \hat{\tau}_t) \right] \quad (31)$$

Donde  $b_t = \ln(B_t / P_{H,t-1})$ ,  $B_t = \frac{Deuda_t}{P_{H,t-1}}$  es el *stock* nominal de deuda,  $\bar{B}$  es la deuda como porcentaje de PIB en su nivel de estado estacionario, y  $\bar{C}$  es el consumo como porcentaje del PBI en su nivel de estado estacionario o de largo plazo.

### Forma reducida del modelo

Como en Galí y Monacelli (2005), podemos concluir que la representación canónica o reducida de la economía, luego de la log-linearización, consta de las siguientes ecuaciones (21), (23), (24), (25), (26), (27), (28), (29) y (31), las cuales incluyen una curva IS dinámica y una curva de Phillips híbrida; asimismo tenemos una regla de Política Monetaria a la Taylor, dos reglas de Política Fiscal, y una Restricción de Solvencia del Gobierno.

Consideramos cinco variables observables en el modelo formulado: el producto, inflación, la tasa de interés nominal, los impuestos, y el gasto público como porcentaje del PBI. Por otro lado, las variables no observables del modelo son el *stock* de la deuda doméstica, la tasa natural del producto y la tasa natural de interés nominal. Finalmente, el comportamiento estocástico del modelo está dado por seis *shocks* exógenos: *shock* de productividad, *shock* de producción mundial, *shock* de costos, *shock* de tasa de interés, *shock* de impuestos y *shock* de gasto. Dado que el número de *shocks* es mayor que el número de variables observables que usamos para la estimación, no incurrimos en el problema de singularidad estocástica. En la siguiente sección se explica con mayor detalle el procedimiento empleado para la estimación de los parámetros del modelo DSGE formulado.

### Metodología econométrica: estimación bayesiana

En el presente trabajo empleamos técnicas bayesianas para evaluar y estimar el modelo DSGE propuesto, metodología adoptada en modelos de este tipo, desde los trabajos seminales de DeJong, Ingram y Whiteman (2000), Schorfheide (2000), y que en la actualidad es ampliamente usada en la literatura. Asimismo, entre algunos estudios un poco más recientes encontramos a Schorfheide (2005), quien usa métodos bayesianos para comparar el ajuste de modelos DSGE de consumo, Smets y Wouters (2003), quienes aplican técnicas bayesianas a un modelo DSGE que describe la economía de la Eurozona. Por otro lado, Lubik y Schorfheide (2006) estiman modelos DSGE para una economía pequeña y cerrada. Finalmente, Lubik y Schorfheide (2005), Smets y Wouters (2005) estiman modelos para dos países usando datos de Estados Unidos y la Eurozona.

A continuación mencionamos solo algunas de las ventajas de este método, respecto a las otras técnicas empleadas por la literatura. La primera ventaja de la estimación bayesiana es que se ajusta al modelo DSGE completo, lo cual nos permite beneficiarnos de las ventajas del enfoque de equilibrio general (Rabanal y Rubio-Ramírez, 2005), a diferencia de la estimación por el Método Generalizado de Momentos (GMM) que se basa en una relación de equilibrio en particular, como la ecuación de Euler por ejemplo. En segundo lugar, la estimación bayesiana nos permite usar una distribución a priori (para cada parámetro), la cual proporciona información adicional en el proceso de estimación.

### Inferencia bayesiana

La principal diferencia entre la estadística clásica y la estadística bayesiana se encuentra en la forma de tratar los parámetros desconocidos que se quieren estimar. Mientras la estadística clásica considera a los parámetros como fijos y desconocidos, la estadística bayesiana interpreta los parámetros como variables aleatorias cuya función de distribución es analizada utilizando el teorema de Bayes (Koop: 2003). La característica principal de la inferencia bayesiana es el uso de una distribución *a posteriori*. Se parte de una densidad asociada a una distribución *prior*  $\pi(\theta)$  para obtener una densidad *a posteriori*  $\pi(\theta|y)$  de la variable aleatoria  $\theta$ , dado el conjunto de datos (Estévez et al, 2011). Cabe señalar que la ventaja de utilizar una distribución *prior* es que esta contiene información de



los parámetros fuera de la data; es decir, se formula sin necesidad de recurrir a la observación de los datos o a sus estadísticos, sino que se plantea en base a la información previa que el investigador tiene acerca de los parámetros.

Utilizando el teorema de Bayes, podemos construir la densidad a posteriori de la siguiente manera:

$$\pi(\theta | y) = \frac{L(\theta | y)\pi(\theta)}{\int L(\theta | y)\pi(\theta)d\theta} \propto L(y | \theta)\pi(\theta)$$

Donde  $\pi(\theta | y)$  es la densidad *a posteriori* de  $\theta$  dado el vector de datos  $y$ . De acuerdo a la regla de Bayes, la distribución posterior de los parámetros es proporcional al producto de la distribución *prior* (de los parámetros), es decir  $\pi(\theta)$ , con la función de verosimilitud de los datos  $L(y | \theta)$ .

Estévez et al (2011) afirman que surge un problema –en la ecuación 32– cuando se tiene que calcular la distribución *a posteriori*  $\pi(\theta | y)$ . Dichos autores se preguntan cómo obtener muestras de esta distribución, cuando no se tiene una forma cerrada o una distribución conocida. En este caso se recurre a los métodos *Markov-Chain Monte Carlo* (Cadenas de Markov Montecarlo, MCMC), para generar muestras de la distribución *a posteriori* mediante la simulación de variables obtenidas a partir de las densidades marginales o condicionales completas. En particular, se hace uso del algoritmo Metropolis Hastings.

### Estimación bayesiana de un modelo DSGE

La estimación bayesiana es un procedimiento que se implementa a través de métodos *Markov-Chain Monte Carlo* (MCMC), el cual nos permitirá obtener una distribución posterior de los parámetros del modelo DSGE. En general, el proceso de solución y estimación del modelo DSGE se realiza en varios pasos, pero puede resumirse en cuatro. Luego de haber resuelto el modelo de equilibrio general, tomamos las ecuaciones principales –en su forma log-linearizada– y 1) Planteamos la representación espacio-estado del modelo, separando las variables observables de las no observables, 2) obtenemos la función de verosimilitud asociada al modelo, 3) empleamos el filtro de Kalman (método de 2 etapas: predicción y *updating*) para evaluar la

verosimilitud, finalmente 4) usamos el algoritmo *Metropolis-Hastings*, desarrollado por Metropolis (1953) y generalizado por Hastings (1970), que es un procedimiento basado en los métodos *Markov-Chain Monte Carlo* (MCMC), mediante el cual se puede estimar los parámetros del modelo a partir de la generación de muestras aleatorias y aproximándonos a las distribuciones *a posteriori*.

### Representación espacio-estado

Para aproximarnos a la densidad a posteriori de los parámetros del modelo, es necesario calcular primero la función de verosimilitud del modelo. Para ello haremos uso del filtro de Kalman, para lo cual es necesario encontrar la representación espacio-estado del modelo. Una representación de espacio-estado es una forma de representar un sistema de ecuaciones en diferencias, mediante dos ecuaciones: una ecuación de medida y una ecuación de transición

Luego de haber log-linearizado las condiciones de equilibrio del modelo DSGE, la solución de las ecuaciones en diferencias de expectativas racionales resultantes nos conduce a una representación de espacio-estado de la siguiente forma:

$$\Gamma_0(\theta)S_t = \Gamma_1(\theta)S_{t-1} + \Gamma_\varepsilon(\theta)\varepsilon_t + \Gamma_\eta(\theta)\eta_t \quad (33)$$

Donde:

$\Theta$  : vector de coeficientes estructurales

$\varepsilon_t$  : vector de innovaciones en los procesos exógenos

$\eta_t$  : vector de errores de proyección

Luego de haber log-linearizado las condiciones de equilibrio del modelo DSGE, la solución de las ecuaciones en diferencias de expectativas racionales resultantes nos conduce a una representación de la ecuación de transición, de la siguiente forma:

$$S_t = \Phi_1(\theta)S_{t-1} + \Phi_\varepsilon(\theta)\varepsilon_t \quad (34)$$

Por otro lado la Ecuación de Medida nos muestra la relación entre el vector de las variables del modelo,  $S_t$ , que contiene tanto *shocks* exógenos como también variables de estado no observables endógenas del modelo, con el vector de variables observables,  $y_t$ , que representa variables como el producto, la inflación, la tasa de interés nominal.

$$y_t = A(\theta) + BS_t \quad (35)$$

Finalmente se obtiene un vector de datos  $Y_t$ , con el que se calcula la función de verosimilitud  $L(\theta|Y^T)$ , que será evaluada con el filtro de Kalman para un  $\theta$  dado.

### Algoritmo Metropolis-Hastings

Este algoritmo se basa en los métodos *Markov-Chain Monte Carlo* (MCMC), mediante el cual se puede estimar los parámetros del modelo a partir de la generación de muestras aleatorias y aproximándonos a las distribuciones a posteriori. En particular, el procedimiento para calcular la distribución posterior consta de dos etapas. En la primera etapa se encuentra la moda de la distribución, y la matriz hessiana evaluada en la moda mediante un procedimiento de maximización estándar. En la segunda etapa se generan valores aleatorios de la posterior utilizando el algoritmo de Metropolis-Hastings. El procedimiento de este algoritmo es el de generar, apoyado en valores pasados, una secuencia de valores aleatorios.<sup>6</sup> Siguiendo a Caputo, Liendo y Medina (2006), la secuencia de pasos viene dada por:

**Paso 1.** Se inicia el proceso con un valor inicial para los parámetros  $\theta^0$  y se obtiene el producto de la función de verosimilitud con el valor inicial:

$$L(\theta^0|Y^T)p(\theta^0)$$

**Paso 2.** Entonces se genera un valor aleatorio  $\theta^1$ , de la forma  $\theta^1 = \theta^0 + v^1$ , donde  $v^1$  tiene distribución multivariada normal. Seguidamente para  $\theta^1$  se debe calcular el producto de la Función de Verosimilitud con la *prior* de esta.

En este paso encontramos un nuevo valor aleatorio que puede ser aceptado o rechazado con una probabilidad de  $R$  y  $(1-R)$ , respectivamente.

$$R = \min \left\{ 1, \frac{L(\theta^1|Y^T)p(\theta^1)}{L(\theta^0|Y^T)p(\theta^0)} \right\}$$

Si el valor es aceptado generaremos otro valor para luego evaluarlo, si no fuera aceptado descartamos este y volvemos a generar uno nuevo a partir del valor inicial, para luego evaluarlo.

### Datos

Estimamos el modelo DSGE utilizando datos trimestrales de la economía guatemalteca para el período 2005:1-2012:4.

<sup>6</sup> Es por ello que se está dentro de la familia de los modelos de Cadenas de Markov Monte Carlo.

La fuente principal de información para las series del PBI real, el deflactor del PBI, la tasa de interés nominal de corto plazo, el gasto total de gobierno (no financiero), y los ingresos tributarios totales del gobierno central, son las estadísticas del Banco de Guatemala. La tasa de interés nominal de corto plazo equivale a la tasa de interés de política monetaria. El gasto no financiero de gobierno comprende a egresos de naturaleza periódica, que pueden ser destinados a los pagos por concepto de remuneración a los empleados del sector público, las compras de bienes y servicios hechas por el Estado, los gastos de defensa, la inversión bruta de capital, etc. Por su parte, los ingresos tributarios del gobierno central consideran a todo impuesto pagado por los contribuyentes a esta instancia del gobierno. A la serie del PBI real le aplicamos logaritmos, le extraemos el componente estacional usando el método Census X12, y le quitamos la tendencia. A las otras variables se les debe hacer un *demeaning* y se les debe quitar el componente estacional, según sea el caso.

### Estimación del modelo

#### Calibración de parámetros del modelo

En términos generales, la calibración consiste en asignar valores—consentido económico—a los parámetros profundos del modelo, para que este coincida con ciertas características de largo plazo de los datos. Cabe señalar que estos valores no deben ser asignados *ad-hoc* por el investigador, sino que deben estar sustentados por evidencia microeconómica, cuentas nacionales, estadísticos de la data agregada nacional, así como otros estudios macroeconómicos. En el modelo nekeynesiano formulado para evaluar la interacción entre la política fiscal y monetaria, el grupo de parámetros calibrados se detalla en la Tabla 1. Siguiendo otros estudios, al factor de descuento relevante para las familias  $\beta$  se le asigna un valor de 0.99, lo cual implica una tasa de interés anual de equilibrio de 4%. Asimismo, siguiendo a Lubik & Schorfheide (2007), calibramos la elasticidad de sustitución entre bienes domésticos y extranjeros,  $\eta$ , como 1. De la misma manera, asignamos un valor igual a 1 a la elasticidad de sustitución entre bienes producidos en diferentes países del resto del mundo  $\gamma$ . Por otro lado, a la proporción de bienes importados en la canasta agregada de consumo,  $\alpha$ , se le asigna un valor igual a 0.20, siguiendo el estudio realizado para Guatemala por Morán y Pérez (2013). Finalmente, calibramos dos parámetros adicionales, que están incluidos en la restricción presupuestaria que enfrenta la autoridad fiscal. Primero, al parámetro que representa el ratio de consumo privado sobre PBI de largo plazo o estado estacionario,  $C$ ,

le asignamos un valor igual a 0,84. Para obtener este valor, simplemente se calculó un promedio simple del consumo privado como porcentaje del PBI durante el periodo de estudio (2005:1-2012:4), utilizando las series de la economía guatemalteca. Análogamente, al parámetro *stock* de deuda de estado estacionario ( $\bar{B}$ ) se le asigna un valor de 0.41, tomando un promedio de la deuda de gobierno doméstica durante el periodo de estudio.

Tabla 1. **Parámetros calibrados**

Símbolo	Parámetro	Valor
$\beta$	Factor de descuento de las familias	0.99
$\alpha$	Proporción de Bienes importados en la canasta agregada de consumo	0.20
$\eta$	Elasticidad de sustitución entre bienes domésticos y extranjeros	1.00
$\gamma$	Elasticidad de sustitución entre bienes producidos en dif. países $j$	1.00
$\bar{C}$	Ratio consumo privado/PBI de largo plazo o estado estacionario	0.84
$\bar{B}$	Ratio <i>stock</i> de deuda anual/PBI de largo plazo o estado estacionario	0.41

### Elección de *priors*

En esta sección se especifican las distribuciones *prior* de los parámetros del modelo, los cuales son reportados en la Tabla 2.

La elección de las distribuciones *a priori* de los parámetros se hace tomando en cuenta otros estudios empíricos realizados, ya que dicho conocimiento –no incluido en los datos– forma parte de las creencias del investigador. En el caso de Guatemala son pocos los estudios empíricos que desarrollan modelos DSGE, sin embargo, tomamos en cuenta las especificaciones de dos estudios importantes realizados recientemente, Castillo Maldonado (2012), así como Morán y Pérez (2013). Asimismo, otras fuentes de consulta son Caputo, Liendo y Medina (2006), así como Castillo, Montoro y Tuesta (2006), quienes estiman por modelos DSGE para países de Sudamérica. Asimismo, los *prior* no incluidos en los estudios anteriores son extraídos de estudios realizados en otros países de América Latina y en Europa. Cabe mencionar que para aquellos *prior* de los que no se disponga de mucha información, se les asignará una desviación estándar mayor, debido a que existe mayor incertidumbre.

En el caso de los parámetros estructurales  $\zeta$  y  $\theta$ , y los parámetros de persistencia del modelo:  $\rho_r$ ,  $\rho_g$ ,  $\rho_\tau$ ,  $\rho_a$ ,  $\rho_{c*}$ , se trata de parámetros que según la teoría deberían estar entre 0 y 1. Por ello empleamos una distribución beta, ya que tiene soporte en ese rango.

En términos generales podemos afirmar que para los parámetros  $\sigma$  y  $\varphi$ , se podría tener cualquier valor positivo. Por ello en ambos casos se utilizó como densidad a priori una distribución gamma, cuyo dominio está en el intervalo  $(0, \infty)$ . No obstante, la literatura económica sugiere que se usen *priors*, de tal manera que ambas elasticidades sean menores a 1, de manera que los resultados sean consistentes con la teoría microeconómica. En ese sentido, siguiendo a Fragetta y Kirsanova (2010), le asignamos como media *prior* los siguientes valores:  $\varphi = 2.0$  y  $\sigma = 3$ . Para los *prior* de los parámetros referentes al grado de rigidez de precios de la economía  $\theta$  y el grado de indexación de estos  $\zeta$ , tomamos valores similares a los de Morán y Pérez (2013).

Por otro lado, para los parámetros referentes a la regla de Taylor del Banco de Guatemala, utilizamos valores similares a los usados recientemente por Castillo Maldonado (2012), así como por Morán y Pérez (2013), quienes formulan sus *priors* en base a estudios para la economía de Guatemala que hacen uso de diversas metodologías econométricas. Para las reglas de política fiscal no se cuenta con mucha información para la economía de Guatemala, razón por la cual se asignan valores similares a los usados por Fragetta y Kirsanova (2010), así como Lubik y Schorfheide (2007).<sup>7</sup> Cabe señalar que la media *prior* que usamos tanto para  $\tau_y$  como para  $g_y$  está centrada alrededor de cero, para permitir que los datos nos brinden información, acerca del carácter de la política fiscal, es decir, si estos son positivos, significaría que la política fiscal en Guatemala fue procíclica, y esto habría exacerbado los ciclos económicos; mientras que si resultan negativos, ello denotaría que la política fiscal fue contracíclica.

<sup>7</sup> Castillo Maldonado (2012) sólo considera un parámetro similar al de nuestra regla de gasto público, en la ecuación que describe en comportamiento del gasto fiscal en su modelo: el grado de persistencia del mismo.

Tabla 2. Descripción de los parámetros del modelo

Parámetro	Descripción	Densidad
$\sigma$	Inv.Elast.Intertemporal de susti. del consumo	Gamma
$\varphi$	Inv.Elast. de oferta de trabajo	Gamma
$\zeta$	Grado de indexación de precios	Beta
$\theta$	Grado de rigidez de precios	Beta
$\rho_r$	Grado de suaviza. de la tasa de interés	Beta
$r_y$	Coefficiente de regla de Taylor a la brecha	Gamma
$r_\pi$	Coefficiente de regla de Taylor a la inflación	Normal
$\rho_g$	Grado de suaviza. del gasto público	Beta
$g_y$	Coefficiente de regla de gasto a la brecha	Normal
$g_b$	Coefficiente de regla de gasto a la deuda	Normal
$\rho_\tau$	Grado de suaviza. de la tasa de impuestos	Beta
$\tau_y$	Coefficiente de Regla de impuestos a la brecha	Normal
$\tau_b$	Coefficiente de Regla de impuestos a la deuda	Normal
$\sigma_\alpha$	Desv.Est. del <i>shock</i> de productividad	Gamma Inv
$\sigma_\pi$	Desv.Est. del <i>shock</i> de costos ( <i>mark up</i> )	Gamma Inv
$\sigma_{c^*}$	Desv.Est. del <i>shock</i> de consumo mundial	Gamma Inv
$\sigma_r$	Desv.Est. del <i>shock</i> de pol. monetaria	Gamma Inv
$\sigma_g$	Desv.Est. del <i>shock</i> de gasto público	Gamma Inv
$\sigma_\tau$	Desv.Est. del <i>shock</i> de impuestos	Gamma Inv
$\rho_a$	Coefficiente del proceso AR del <i>shock</i> de product.	Beta
$\rho_{c^*}$	Coefficiente del proceso AR del <i>shock</i> de cons. mundial	Beta

## Resultados de la estimación bayesiana

Los parámetros estimados se muestran a continuación. La estimación por medio del algoritmo Metropolis-Hastings se realizó mediante 200,000 simulaciones, número que de acuerdo a los diagnósticos univariados y multivariados realizados, es suficiente para garantizar la convergencia del mismo.

Tabla 3. Estimación bayesiana del modelo

Parámetro	Prior Media	Posterior Media	Intervalo de Confianza 90%		Densidad Prior	Posterior Desviación st
$\theta$	0.500	0.4978	0.3340	0.6656	Beta	0.100
$\varphi$	2.000	2.4818	1.7468	3.2333	Normal	0.500
$\sigma$	3.000	1.6841	1.5524	1.8219	Normal	0.750
$\rho_r$	0.700	0.7106	0.5323	0.8931	Beta	0.100
$r_\pi$	1.800	1.6175	1.3898	1.8617	Gamma	0.150
$r_y$	0.300	0.4124	0.3182	0.7597	Gamma	0.200
$\rho_g$	0.700	0.7441	0.5307	0.9465	Beta	0.150
$g_y$	0.000	0.0047	-0.080	0.080	Normal	0.050
$\rho_\tau$	0.500	0.5970	0.3786	0.8291	Beta	0.150
$\tau_y$	0.000	0.0048	-0.080	0.0724	Normal	0.050
$g_b$	-0.030	-0.0105	-0.0362	0.0160	Normal	0.020
$\tau_b$	0.030	0.0250	0.0113	0.0403	Normal	0.010
$\zeta$	0.700	0.7136	0.5524	0.8668	Beta	0.100
$\rho_\alpha$	0.800	0.8110	0.6842	0.9587	Beta	0.100
$\rho_{c^*}$	0.800	0.9033	0.8586	0.9470	Beta	0.100
$\sigma_\alpha$	1.000	0.2385	0.1691	0.3045	Inv.gamma	4.000
$\sigma_{c^*}$	5.000	3.3108	1.7250	4.8000	Inv.gamma	4.000
$\sigma_\pi$	0.600	0.2881	0.2163	0.3501	Inv.gamma	4.000
$\sigma_r$	0.4000	0.1746	0.0968	0.2560	Inv.gamma	4.000
$\sigma_g$	2.000	0.3199	0.2585	0.3697	Inv.gamma	4.000
$\sigma_\tau$	1.000	0.1542	0.1227	0.1813	Inv.gamma	4.000

## Las estimaciones

Los parámetros estimados muestran que el banco central ha reaccionado agresivamente ante desviaciones de la inflación, y moderadamente con respecto a la brecha-producto, durante el período de estudio, tal como lo recomienda la literatura teórica de *Optimal Policy Mix*. Esto se demuestra dado que las estimaciones obtenidas a través de métodos bayesianos, nos proporcionan una estimación de  $r_\pi = 1.62$  y  $r_y = 0.41$ . Estos resultados tienen coincidencia con las estimaciones obtenidas por Morán y Pérez (2013). Asimismo, es importante señalar que los datos sí aportan información para la estimación de estos parámetros de la regla de política monetaria. Asimismo, al igual que Morán y Pérez (2013), encontramos que la tasa de interés de política monetaria tiene un alto grado de persistencia, dado que el parámetro  $\rho_r = 0.716$ . Es importante mencionar que el alto valor del grado de suavizamiento de la tasa de interés reduce la sensibilidad de la tasa de interés nominal tanto a la inflación como a la brecha-producto contemporánea.

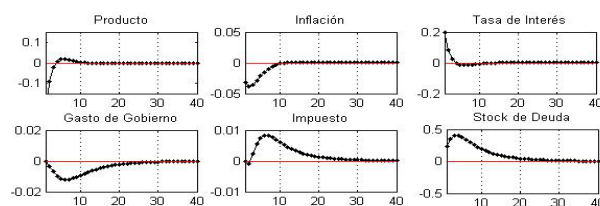
Por el lado de la política fiscal, las estimaciones muestran que existe un alto coeficiente de persistencia tanto en el gasto público como en el nivel de impuestos,  $\rho_g = 0.74$  y  $\rho_r = 0.71$ . El alto grado de inercia de la política fiscal conlleva a la disminución de la sensibilidad del gasto público y los impuestos con respecto a la brecha del producto y a la deuda. Las estimaciones reportadas en la tabla anterior muestran que el gasto público reaccionó de manera inversa ante cambios en la deuda del gobierno,  $g_b = -0.0105$ . Esto implica que ante aumentos en el nivel de deuda, la autoridad fiscal tuvo que limitar, de alguna u otra manera, su gasto público, contrayéndolo. Asimismo, los resultados muestran que el gasto público en Guatemala se comporta en la misma dirección que la actividad económica ( $g_y = 0.0047$ ), lo cual nos lleva a concluir que el gasto público es ejecutado de manera procíclica, lo cual trae grandes costos para lograr la estabilidad macroeconómica del país. Por el lado de la recaudación tributaria, esta tiene un comportamiento procíclico respecto al nivel del producto, ya que  $\tau_y = 0.0048$ . Era lógico esperar este resultado puesto que dicho comportamiento implica que ante aumentos en el PBI, la recaudación tributaria aumentará. Por último, la recaudación tributaria en Guatemala se movió en la misma dirección que el nivel de deuda de gobierno, puesto que  $\tau_b = 0.0250$ , lo cual implica que ante un incremento del nivel de deuda pública, se tuvo que incrementar la recaudación de impuestos, para no atentar contra la sostenibilidad de la deuda.

## Impulso-respuesta bayesianos

En esta sección se presentan los gráficos de impulso-respuesta de las simulaciones realizadas, utilizando como valor para los parámetros a los valores obtenidos mediante la estimación bayesiana, explicadas en la subsección anterior. Estos gráficos describen la reacción de las variables del modelo ante choques exógenos.

### Shock de política monetaria

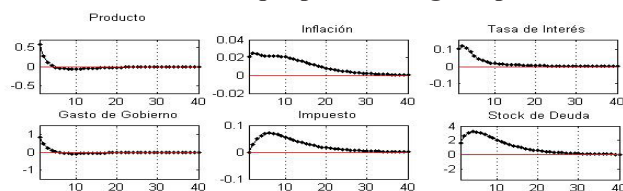
Gráfico 1. Un choque a la tasa de interés de política monetaria



En el gráfico anterior observamos los efectos provocados por un incremento temporal y no sistemático en la tasa de interés de política del Banco de Guatemala. Podemos observar que ante un choque positivo de política monetaria, se produce una reducción tanto de la actividad económica como de la inflación. Asimismo, este incremento de la tasa de interés aumenta el stock de deuda doméstica. Ante este escenario, y con la finalidad de estabilizar el nivel de deuda pública, el gobierno sigue una política contractiva, reduciendo el gasto público e incrementando la recaudación tributaria. Asimismo, un menor gasto de gobierno y una mayor tasa de impuestos, ayudan a estabilizar la inflación, a través de una reducción del costo marginal de las firmas.

### Shock de gasto público

Gráfico 2. Un choque positivo de gasto público



Un choque positivo de gasto público produce un incremento directo en el producto de la economía y en la inflación doméstica. Es decir, se cumplen los efectos

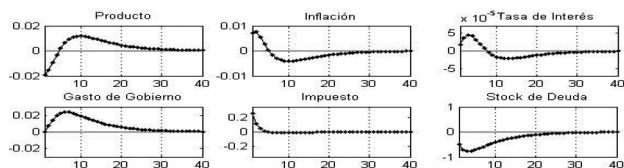


keynesianos tradicionales.<sup>8</sup> No obstante, es importante considerar los efectos que tiene un incremento del gasto público, en las demás variables del modelo.

A pesar de que un aumento del gasto de gobierno podría generar una disminución en la inflación a través del costo marginal, este efecto es contrarrestado por las presiones inflacionarias que genera el aumento de la actividad económica. Cabe señalar que el aumento de la inflación tiene persistencia, pues si la inflación tarda en regresar a su nivel de estado estacionario. Como consecuencia del aumento del producto y el aumento de la inflación, la autoridad monetaria se ve en la necesidad de aumentar la tasa de interés de corto plazo. Asimismo, el aumento de la tasa de interés como consecuencia de un aumento del gasto público, eleva el nivel de la deuda doméstica, la cual debe ser estabilizada por el gobierno mediante el incremento de la recaudación tributaria. En resumen, un aumento del gasto de gobierno viene acompañado de una política monetaria contractiva, y a su vez por un incremento de impuestos. Como balance total de todos estos efectos, la literatura de “*Optimal Policy Mix*” sugiere que las familias no experimentan una mejora en su bienestar considerable.

### Shock de impuestos

Gráfico 3. Un choque positivo en la recaudación tributaria



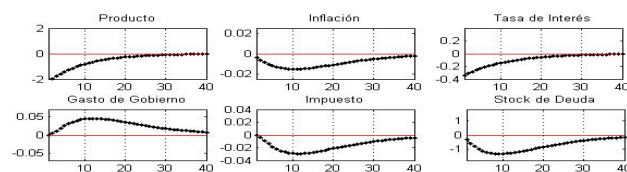
El efecto de un choque positivo en los impuestos es contractivo e inflacionario. La inflación aumenta debido al aumento en el costo marginal que enfrentan las firmas productoras. Ante la subida de la tasa de inflación, la autoridad monetaria se ve obligada a aumentar su tasa de interés de corto plazo.

Por otro lado, el aumento de la recaudación tributaria genera una disminución en la deuda de gobierno, como se puede apreciar en el gráfico anterior, este efecto es mayor que el efecto del incremento de la tasa de interés en el nivel actual de deuda de gobierno.

<sup>8</sup> Este resultado coincide con lo encontrado por Blanchard y Perotti (2002).

### Shock de demanda externa (consumo mundial)

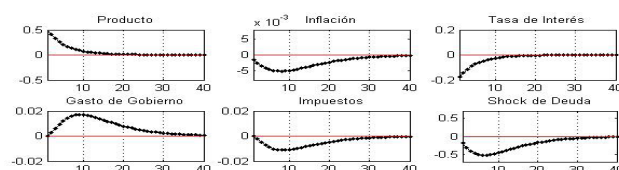
Gráfico 4. Un choque de demanda externa



Un *shock* de demanda mundial produce tanto una caída en el producto potencial  $y_t^n$ , como en la tasa de interés natural  $r_t^n$ . La caída en la tasa de interés natural genera, en consecuencia, una reducción en la tasa de interés nominal de la economía. Debido a dicha reducción de la tasa de interés nominal, el *stock* de deuda que mantiene el gobierno se reduce, lo cual le da la posibilidad al gobierno de realizar una política fiscal expansiva, aumentando el gasto público y reduciendo los impuestos. Como resultado de esta política fiscal expansionista, el costo marginal de las firmas se ve afectado y, en consecuencia, también el nivel de la inflación. Debido a que existen presiones deflacionarias, la autoridad de política monetaria mantiene su tasa de interés en un nivel bajo.

### Shock de productividad

Gráfico 5. Un choque de productividad

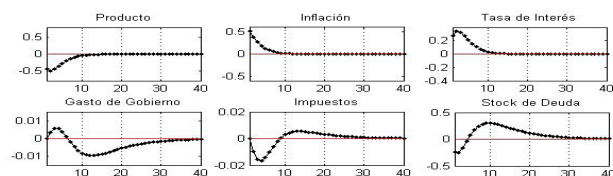


Ante un choque positivo de productividad, el producto natural de la economía  $y_t^n$  aumenta, mientras que la tasa de interés natural  $r_t^n$  decrece. En ese sentido, la caída en la tasa de interés natural produce una caída en la tasa de interés nominal o tasa de política monetaria. La caída en la tasa de interés nominal produce una reducción en la tasa de interés real, lo cual estimula la actividad económica, tal como se puede apreciar en el Gráfico (6), puesto que el producto aumenta. Al mismo tiempo, se produce una contracción del *stock* de deuda doméstica, debido a la reducción de la tasa de interés. La contracción de la deuda motiva al gobierno a realizar una política fiscal expansiva,

aumentando el gasto público, y una eventual caída en la tasa de impuestos, lo cual genera a su vez una reducción en el costo marginal de las firmas domésticas, generando así una reducción en la inflación.

### Shock de costos (mark-up)

Gráfico 6. Un choque positivo de costos de producción



Un choque positivo en los costos de producción de las firmas (*'cost push shock'*) tiene un impacto directo en la inflación, ocasionando que esta aumente. Ante el aumento de la inflación, la autoridad monetaria decidirá aumentar su tasa de interés de política monetaria para atenuar el efecto de la subida de precios. A pesar de que la tasa de interés nominal ha aumentado, el *stock* de deuda de gobierno disminuye, pues el incremento –inicial– de la inflación, hace que esta se reduzca en los primeros cinco trimestres. Con la finalidad de estabilizar la brecha-producto y el *stock* de deuda de gobierno, la autoridad fiscal decide realizar una política fiscal expansiva, aumentando el gasto público y reduciendo los impuestos. Sin embargo, estas respuestas no son estadísticamente significativas.

### Conclusiones

El presente trabajo tiene como objetivos estudiar la interacción entre la política monetaria y fiscal en la estabilización de los ciclos económicos, controlando la brecha-producto, la inflación y el nivel de deuda del gobierno, en la economía guatemalteca. En ese sentido, este trabajo busca estimar los parámetros de reacción de una regla de política monetaria –a la Taylor–, y dos reglas de política fiscal estilizadas, las cuales responden a los desvíos de la brecha-producto y al desvío de la deuda pública respecto de su nivel de largo plazo. Dadas las estimaciones realizadas, podemos concluir que fue la autoridad monetaria de Guatemala la que tuvo un rol activo en la estabilización de la inflación, y la estimación del parámetro de preferencia por los desvíos de la inflación de  $r_{\pi} = 1.62$ , coherente con el principio de Taylor que establece que dicho parámetro debe ser positivo y mayor a 1. Asimismo,

se concluye que el Banco de Guatemala ha intervenido en la estabilización del producto, pero en forma muy leve, pues la estimación realizada proporciona un valor de  $r_y = 0.41$ , nivel que es consistente con las recomendaciones de la literatura teórica. En ambos casos es posible afinar los coeficientes de reacción, calculando las políticas óptimas con modelos DSGE más elaborados. Por otro lado, las estimaciones reportadas muestran que el gasto público reaccionó de manera inversa ante cambios en la deuda del gobierno,  $g_b = -0.0105$ . Esto implica que ante aumentos en el nivel de deuda, la autoridad fiscal tuvo que limitar, de alguna u otra manera, el nivel del gasto público, contrayéndolo. Asimismo, las estimaciones muestran que el gasto público en Guatemala se comporta en la misma dirección que la actividad económica ( $g_y = 0.0047$ ), con lo cual se puede concluir que el gasto público es ejecutado de manera procíclica, lo cual genera mayor volatilidad en los ciclos económicos. Por el lado de la recaudación tributaria, esta tiene un comportamiento procíclico respecto al nivel del producto, ya que  $\tau_y = 0.0048$ . Este comportamiento es lógico puesto que ello implica que ante aumentos en el PBI, la recaudación tributaria aumentará. Por último, la recaudación tributaria en Guatemala se movió en la misma dirección que el nivel de deuda de gobierno, puesto que  $\tau_b = 0.0250$ , lo cual implica que ante un incremento del nivel de deuda pública, se tuvo que incrementar la recaudación de impuestos, para no atender contra la sostenibilidad de la deuda.

Por último, cabe señalar que en el presente estudio no se incorporan rigideces en los salarios que bien podrían sugerir un mayor rol para la autoridad fiscal en la estabilización de los ciclos, pero por medio de la política impositiva, por ejemplo una política de impuestos a los ingresos procíclica. Asimismo, se podría incluir en futuros trabajos una proporción de agentes con restricciones financieras, para asignarle un mayor rol a los efectos de la política fiscal en el producto.

### Referencias bibliográficas

1. An, S. y Schorfheide, F. (2007). Bayesian Analysis of DSGE Models. *Econometric Reviews*, 26(2), 113-172.
2. Baxter, M. y King, R. G. (1993). “Fiscal policy in general equilibrium”, *American Economic Review* 83 (3), 315-34.
3. Benigno, P. and M. Woodford (2003). “Optimal

Monetary and Fiscal Policy: a Linear-Quadratic Approach", mimeo.

4. Benigno P. y Woodford, M. (2004). "Optimal monetary and fiscal policy: a linear quadratic approach", In: NBER Macroeconomics annual 2003, 271-233.
5. Bennett, H. y Loayza, N. (2000). "Policy Biases when the Monetary and Fiscal Authorities have Different Objectives", Working Papers Central Bank of Chile 66, Central Bank of Chile.
6. Bi, H. (2011). "Sovereign Risk Premia, Fiscal Limits and Fiscal Policy", Working Paper Bank of Canada 2011-10, March, Ottawa.
7. BIS (2012). "Fiscal policy, public debt and monetary policy in emerging market economies", number 67 in BIS Papers, Bank for International Settlements.
8. Blanchard, O. y Perotti, R. (2002). An empirical characterization of the dynamic effects of changes in government spending and taxes on output.
9. Branch, W. A., Davig, T. y McGough, B. (2008). "Monetary-Fiscal policy interactions under implementable monetary policy rules", Journal of Money, Credit and Banking 40 (5), 1095- 1102.
10. Buti, M., Roeger W. and in.t Veld (2001). "Stabilizing Output and Inflation in EMU: Policy Conflicts and Cooperation under the Stability Pact", Journal of Common Market Studies.
11. Calvo, G. A. (1983). Staggered Prices in a Utility Maximizing Framework. Journal of Monetary Economics.
12. Canzoneri, M., Cumby, R. y Diba, B. (2010). "The interaction between monetary and fiscal policy", in B. M. Friedman y M. Woodford, eds., Handbook of Monetary Economics, Vol. 3 of Handbook of Monetary Economics, Elsevier, chapter 17, pp. 935-999.
13. Castillo Maldonado, C. (2012). Un Modelo Macroeconómico para Guatemala estimado por métodos Bayesianos. Serie de Documentos de Trabajo del Banco de Guatemala, Documento de Trabajo No. 124.
14. Castillo, P. y Montoro, C. y Tuesta, V. (2006). "An Estimated Stochastic General Equilibrium Model with Partial Dollarization: A Bayesian Approach", Working Papers Central Bank of Chile 381, Central Bank of Chile.
15. Cerdá, R. y Gonzalez, H. y Lagos, L. (2006). "Is fiscal policy effective? Evidence for an emerging economy: Chile 1833-2000", Applied Economics Letters, Taylor and Francis Journals, vol. 13(9), pages 575-580.
16. Christiano y Eichenbaum, M. y Evans, C. (1994). "The effects of monetary policy shocks: evidence from the Flow of Funds", Working Paper Series, Macroeconomic Issues 94-2, Federal Reserve Bank of Chicago.
17. Christiano, L. J. y Fitzgerald, T. J. (2000). "Understanding the fiscal theory of the price level", Economic Review, Federal Reserve Bank of Cleveland, issue Q II, pages 2-38.
18. Chung, H., Davig, T. y Leeper, E. (2004). "Monetary and fiscal policy switching", Journal of Money, Credit and Banking, Blackwell Publishing, vol. 39(4), pages 809-842, 06.
19. Cochrane, J. H. (2001). "Long-term debt and optimal policy in the fiscal theory of the price level", Econometrica 69 (1), 69-116.
20. Corsetti, Giancarlo and Paolo Pesenti (2001). "Welfare and Macroeconomics Interdependence", Quarterly Journal of Economics, 116, issue 2, 421-446.
21. Davig, T. y Leeper, E. M. (2009). "Monetary-fiscal policy interactions and fiscal stimulus", NBER Working Papers 15133, National Bureau of Economic Research, Inc.
22. Davig, T., Leeper, E. M. y Walker, T. B. (2010a). "Inflation and the fiscal limit", European Economic Review, 55(1), 31-47.
23. Davig, T., Leeper, E. M. y Walker, T. B. (2010b). "Unfunded liabilities and uncertain fiscal financing", Journal of Monetary Economics, 57(5), 600-619.
24. De Jong, Ingram, B; Whiteman, C. (2000) "A Bayesian approach to dynamic macroeconomics", Journal of Econometrics 98: 203-223.

25. Del Negro, M. y Schorfheide, F. (2005). "Monetary policy analysis with potentially misspecified models", Working Papers 06-4, Federal Reserve Bank of Philadelphia.
26. Del Negro, M. y Schorfheide, F. (2004). "A DSGE-VAR for the Euro Area" Computing in Economics and Finance 2004- 79, Society for Computational Economics.
27. Del Negro, M. y Schorfheide, F. (2008). "Forming priors for DSGE models (and how it affects the assessment of nominal rigidities)", Staff Reports 320, Federal Reserve Bank of New York.
28. Dixit, A. y Lambertini, L. (2003). "Interactions of commitment and discretion in monetary and fiscal policies", American Economic Review 93 (5), 1522-1542.
29. Dixit, A. K. and J. E. Stiglitz (1977). "Monopolistic Competition and Optimum Product Diversity," American Economic Review, 67(3).
30. Estévez, G., Sáez, F. (2011). Estimation of general equilibrium model in dynamic economies using Markov Chain Monte Carlo Methods. Banco Central de Venezuela, Serie Documentos de Trabajo [No. 129]
31. Fasolo, Angelo M. (2010). "Optimal Monetary and Fiscal Policy for Small Open and Emerging Economies". Ph. D. Dissertation, Duke University.
32. Favero, C. A. (2004). "Comments on fiscal and monetary policy interactions: Empirical evidence on optimal policy using a structural new-keynesian model", Journal of Macroeconomics 26 (2), 281-285.
33. Fernández-Villaverde, J.; Rubio-Ramírez, J. F. (2004). "Comparing dynamic equilibrium models to data: a Bayesian approach", Journal of Econometrics 123(1): 153-187.
34. Fernández-Villaverde, J.; Rubio-Ramírez, J. (2006). "Solving DSGE models with perturbation methods and a change of variables", Journal of Economic Dynamics and Control 30(12): 2559-2531.
35. Fragetta, M. y Kirsanova, T. (2010). "Strategic Monetary and Fiscal Policy Interactions: An Empirical Investigation". European Economic Review, Elsevier, vol. 54(7), pages 855-879, October.
36. Friedman, Milton (1948). "A monetary and fiscal framework for economic stability", American Economic Review 38(2), 245-264.
37. Galí, J. y Gertler, M. (1999). Inflation Dynamics: A Structural Econometric Analysis. Journal of Monetary Economics, 44(2), 195-222.
38. Galí, J. y Monacelli, T. (2005). Monetary Policy and Exchange Rate Volatility in a Small Open Economy. Review of Economic Studies, 72(3), 707-734.
39. Galí, J. y Monacelli, T. (2008). "Optimal monetary and fiscal policy in a currency union". Journal of International Economics, 76, 116-132.
40. Galí, J. y Perotti, R. (2003). "Fiscal Policy and Monetary Integration in Europe", Economic Policy, 18(37), 533-572.
41. Ganelli, Giovanni (2002). "Home Bias in Government Spending and Quasi-Neutrality of Fiscal Shocks", working paper.
42. Hamilton, J. D. (1994). Time Series Analysis. Princeton University Press, Princeton, New Jersey.
43. Hastings, W. (1970). Monte Carlo sampling methods using Markov Chains and their applications, Biometrika 57(1): 97.109.
44. Kirsanova, T., Leith, C. y Wren-Lewis, S. (2009). "Monetary and fiscal policy interaction: The current consensus assignment in the light of recent developments", Economic Journal 119 (541), F482-F496.
45. Kirsanova, T., Stehn, S. J. y Vines, D. (2005). "The interactions between fiscal policy and monetary policy", Oxford Review of Economic Policy 21 (4), 532-564.
46. Leeper, E. M. (1991). "Equilibria under "active" and "passive" monetary and fiscal policies", Journal of Monetary Economics 27 (1), 129-147.
47. Leeper, E. M. (2010). "Monetary science, fiscal alchemy", NBER Working Papers 16510, National Bureau of Economic Research, Inc.
48. Leeper, E. M. (2013). "Fiscal limits and monetary po-



- licy", Central Bank Review, Research and Monetary Policy Department, Central Bank of the Republic of Turkey, vol. 13(2), pages 33-58.
49. Leeper, E. M., Traum, N. y Walker, T. B. (2011). "Clearing up the fiscal multiplier morass", NBER Working Paper No. 17444, September.
50. Leeper, E. M. y Walker, T. B. (2011). "Perceptions and misperceptions of fiscal inflation", mimeo. University of Indiana, June.
51. Loewy, M. (1988). Reganomics and Reputation Revisited, *Economic Inquiry*. Vol. XXVI (April): 253-263.
52. Lubik, T. A. y Schorfheide, F. (2005). A Bayesian Look at New Open Economy Macroeconomics. In *NBER Macroeconomics Annual 2005* (M. Gertler y K. Rogoff, Eds.). Vol. 20, MIT Press, pp.313-366.
53. Lubik, T. A. y Schorfheide, F. (2007). Do Central Banks Respond to Exchange Rate Movements? A Structural Investigation. *Journal of Monetary Economics*, 54(4), 1069-1087.
54. Lubik, T. A. y Schorfheide, F. (2005). "A Bayesian Look at New Open Economy Macroeconomics", Economics Working Paper Archive 521, The Johns Hopkins University, Department of Economics.
55. Lucas, R. Jr. (1976). "Econometric policy evaluation: A critique", *Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy*, Elsevier, vol. 1(1), pages 19-46, January.
56. Lucas, R. E. y Stokey, N. (1983). "Optimal Fiscal and Monetary Policy in an economy without capital". *Journal of Monetary Economics* 12, 55-93.
57. Keynes, J. (1936): *Teoría general de la ocupación, el interés y el dinero*. Versión en español del Fondo de Cultura Económica, México, 1970.
58. Kydland, F. y Prescott, E. (1982). "Time to Build and Aggregate Fluctuations", *Econometrica*, Econometric Society, vol. 50(6), pages 1345-70, November.
59. Kirsanova, T., y Fragetta, M. (2007). "Strategic Monetary and Fiscal Policy Interactions: An Empirical Investigation", Discussion Papers 0706, Exeter University, Department of Economics.
60. Koop, G. (2003). *Bayesian Econometrics*. Wiley, Chichester.
61. Mancini-Grifoli, T. (2007). *Dynare User Guide: An Introduction to the Solution and Estimation of DSGE Models*.
62. Mélitz, J., (2000). "Some Cross-Country Evidence about Fiscal Policy Behaviour and Consequences for EMU", mimeo.
63. Mendoza, W. (2007). "¿Puede una expansión fiscal ser contractiva? La efectividad de la política fiscal y la sostenibilidad de la deuda pública", Documentos de Trabajo 2007-255, Departamento de Economía - Pontificia Universidad Católica del Perú.
64. Mendoza, W. y Melgarejo, K. (2008). "La efectividad de la política fiscal en el Perú: 1980-2006", Documentos de Trabajo 2008-262, Departamento de Economía - Pontificia Universidad Católica del Perú.
65. Montoro, C. y Moreno, E. (2008). "Reglas fiscales y la volatilidad del producto", *Revista Estudios Económicos* (15), 65-92.
66. Morán S. H. y Pérez M. F. (2013). Credibilidad de un Banco Central y acceso al mercado financiero en un modelo de Equilibrio General con remesas endógenas: Una estimación bayesiana para Guatemala. Serie de Documentos de Trabajo del Banco de Guatemala, Documento de trabajo No. 129.
67. Muscatelli, A., P. Tirelli y C. Trecroci (2001). "Monetary and Fiscal Policy Interactions over the Cycle: Some Empirical Evidence", Cambridge University Press, Cambridge, UK.
68. Muscatelli, A., P. Tirelli y C. Trecroci (2003), "Fiscal and monetary policy interactions: Empirical evidence and optimal policy using a structural New- Keynesian model", *Journal of Macroeconomics*, Elsevier, vol. 26(2), pages 257-280, June.
69. Nordhaus, W. (1994). "Policy Games: Coordination and Independence in Monetary and Fiscal Policies". *Brooking Papers on Economic Activity* 2: 139-215.
70. Obstfeld, Maurice and Kenneth Rogoff (1995). "Exchange Rate Dynamics Redux," *Journal of Political Economy*, 103, 3, 624-660.



71. Perotti, R. (2004). Estimating the effects of fiscal policy in OECD countries.
72. Pitterle, Ingo and Dirk Steffen (2004). "Spillover Effects of Fiscal Policy under Flexible Exchange Rates", working paper.
73. Quispe Misaico, Z. (2000). "Política monetaria en una economía con dolarización parcial: el caso del Perú", Revista Estudios Económicos (6).
74. Rabanal, P. y Rubio-Ramírez, J. F. (2005). Comparing New Keynesian Models of the Business Cycle: A Bayesian Approach. Journal of Monetary Economics, 52(6), 1151-1166.
75. Rossini, R., Quispe, Z. y Loyola, J. (2012). "Fiscal policy considerations in the design of monetary policy in Peru".
76. Sargent, T. J. y Wallace, N. (1981). "Some unpleasant monetarist arithmetic", Federal Reserve Bank of Minneapolis Quarterly Review 5 (3 Fall), 1-17.
77. Schmitt-Grohe, S. and Uribe, M. (2004). "Optimal Fiscal and Monetary Policy Under Sticky Prices", Journal of Economic Theory, 114(2), 198-230.
78. Schmitt-Grohe, S. and Uribe, M. (2007). "Optimal Simple And Implementable Monetary and Fiscal Rules", Journal of Monetary Economics, 54, September 2007, 1702-1725.
79. Schorfheide, Frank (2005). "Learning and Monetary Policy Shifts", Computational Economics, 20.
80. Schorfheide, Frank (2000). "Loss Function-Based Evaluation of DSGE Models", Journal of Applied Econometrics.
81. Schorfheide, F. (2011). "Estimation and Evaluation of DSGE Models: Progress and Challenges", NBER Working Papers 16781, National Bureau of Economic Research, Inc.
82. Sims, C. A. (2003). "Implications of rational inattention", Journal of Monetary Economics 50 (3), 665-690.
83. Smets, F.; Wouters, R. (2003a). Shocks and frictions in US business cycles: a Bayesian DSGE approach. Mimeo. European Central Bank, Frankfurt, 58 pages.
84. Smets, F. y Wouters, R. (2003b). "An Estimated Dynamic Stochastic General Equilibrium Model of the Euro Area". Journal of the European Economic Association, 1(5), 1123-1175.
85. Smets, F. y Wouters, R. (2007). Shocks and Frictions in US Business Cycles: A Bayesian DSGE Approach. American Economic Review, 97(3), 586-606.
86. Taylor, J. B. (2000). "Reassessing Discretionary Fiscal Policy", Journal of Economic Perspectives, American Economic Association, vol. 14(3), pages 21- 36, Summer.
87. Von Hagen, J., Hughes Hallett, Strauch, R., (2001). "Budgetary Consolidation in EMU". Economic Papers No. 148. March 2001. European Commission. Brussels.
88. Woodford (1995). "The Fiscal Theory of the Price Level".
89. Woodford M. (2003). "Interest and Prices: Foundations of a Theory of Monetary Policy", Princeton University Press.
90. Wyplosz, C., (1999). "Economic Policy Coordination in EMU: Strategies and Institutions", ZEI Policy Paper B11.

## Anexos

### Anexo A: Identidades del modelo

#### 1. Términos de intercambio bilaterales

$$S_{j,t} = \frac{P_{j,t}}{P_{H,t}} \quad (1a)$$

Donde  $S_{j,t}$  representa los términos de intercambio entre el país "j" y la economía doméstica "H". Es decir,  $S_{j,t}$  es el precio de los bienes del país "j" en términos de bienes domésticos.

#### 2. Términos de intercambio multilaterales

$$S_t = \left( \int_0^1 S_{j,t}^{1-\gamma} dj \right)^{\frac{1}{1-\gamma}} \quad (2a)$$

Análogamente, podemos representar los términos de intercambio por la siguiente ecuación:

$$S_t \equiv \frac{P_{F,t}}{P_{H,t}} \quad (3a)$$

La ecuación anterior en términos log-lineales se expresa como:

$$\begin{aligned} s_t &= p_{F,t} - p_{H,t} \\ p_{F,t} &= s_t + p_{H,t} \end{aligned} \quad (4a)$$

De la definición del índice de precios al consumidor (IPC):

$$P_t \equiv \left[ (1-\alpha) P_{H,t}^{1-\eta} + (\alpha) P_{F,t}^{1-\eta} \right]^{\frac{1}{1-\eta}}$$

La ecuación anterior en términos log-lineales:

$$p_t \equiv (1-\alpha) p_{H,t} + \alpha p_{F,t}$$

Reemplazando  $p_{F,t}$  en la ecuación anterior:

$$p_t = (1-\alpha) p_{H,t} + \alpha (s_t + p_{H,t})$$

Simplificando términos, tenemos:

$$p_t = p_{H,t} + \alpha s_t$$

Por otro lado, sabemos que la inflación agregada (IPC) se expresa en términos log-lineales como:

$$\pi_t = p_t - p_{t-1}$$

Análogamente, la inflación doméstica  $\pi_{H,t}$  puede expresarse como:

$$\pi_{H,t} \equiv p_{H,t} - p_{H,t-1}$$

$$\pi_t = (p_{H,t} + \alpha s_t) - (p_{H,t-1} + \alpha s_{t-1})$$

$$\pi_t = \pi_{H,t} + \alpha (s_t - s_{t-1})$$

Se tiene que la relación entre la inflación doméstica ( $\pi_{H,t}$ ) y la inflación IPC ( $\pi_t$ ) es proporcional a la variación de los términos de intercambio, con un coeficiente de proporcionalidad dado por el parámetro de apertura comercial de la economía  $\alpha$ .

$$\pi_t = \pi_{H,t} + \alpha \Delta s_t$$

### 3. Tipo de cambio nominal

Sea  $\varepsilon_{jt}$  el tipo de cambio nominal bilateral, es decir  $\varepsilon_{jt}$  representa el precio de la moneda del país j-ésimo en términos de la moneda nacional.

Sea  $P_{jt}^j$

Precio del bien i proveniente del país j en términos de la moneda del país j

### 4. Ley de un solo precio (se cumple $\forall t$ )

Asumimos que se cumple la ley de un solo precio, para todo bien  $i \in [0,1]$  en cada país  $j \in [0,1]$  y en todo momento del tiempo t.

$$P_{jit} = \varepsilon_{jt} P_{jt}^j \quad (10a)$$

Precio del bien i proveniente del país j en moneda doméstica. Además, se cumple que:

$$P_{j,t} = \left[ \int_0^1 \left[ \varepsilon_{jt} P_{jt}^j(i) \right]^{1-\varepsilon} di \right]^{\frac{1}{1-\varepsilon}}$$

$$\text{Entonces:} \quad P_{jit} = \varepsilon_{jt} P_{jt}^j \quad (11a)$$

Asimismo, de la definición del precio de bienes extranjeros:

$$P_{F,t} = \left[ \int_0^1 P_{j,t}^{1-\gamma} dj \right]^{\frac{1}{1-\gamma}}$$

$$P_{F,t} = \left[ \int_0^1 (\varepsilon_{jt} P_{jt}^j)^{1-\gamma} dj \right]^{\frac{1}{1-\gamma}}$$

La forma log-lineal de la ecuación anterior está dada por:

$$p_{F,t} = e_t + p^* \quad (12a)$$

Reemplazamos (12a) en (4a). La log-linearización de la condición de la ley de un solo precio alrededor del estado estacionario nos da la siguiente expresión para el tipo de cambio nominal  $e_t$

$$s_t = e_t + p^* - p_{H,t} \quad (13a)$$

### 5. Tipo de cambio real bilateral

$$Q_{j,t} \equiv \frac{\varepsilon_{jt} P_{jt}^j}{P_t} \quad (13.1a)$$

La variable  $Q_{j,t}$  es el tipo de cambio real bilateral entre el país "j" y el país doméstico (H). Por otro lado,  $P_t$  y  $P_{jt}^j$  es el IPC del país "H" y del país "j", respectivamente.

Log-lineal:

$$q_{j,t} = e_{jt} + p_{jt}^j - p_t \quad (14a)$$

#### 6. Tipo de cambio real multilateral (log-lineal)

$$q_t \equiv \int_0^1 q_{jt} dj = \int_0^1 (e_{jt} + p_{jt}^j - p_t) dj \quad (15a)$$

$$q_t = e_t + p^* - p_t \quad (16a)$$

usando (13a) en (16a)

$$q_t = s_t + p_{H,t} - p_t \quad (17a)$$

reemplazamos (7a) en (17a)

$$q_t = (1 - \alpha) s_t \quad (18a)$$

#### Reparto de riesgos (risk sharing) internacional

Dado que las familias son idénticas entre los diferentes países, el factor de descuento estocástico será el mismo para el país doméstico "H" como para el país extranjero "j".

De la Ecuación de Euler

$$C_t^{-\sigma} = \beta E_t \left\{ Q_t^{-1} (C_{t+1})^{-\sigma} \frac{P_t}{P_{t+1}} \right\} \quad (19a)$$

$$1 = \beta E_t \left\{ Q_t^{-1} \left( \frac{C_{t+1}}{C_t} \right)^{-\sigma} \frac{P_t}{P_{t+1}} \right\}$$

La ecuación de Euler para el país j-esimo ( $\forall j$ )

$$1 = \beta E_t \left\{ Q_t^{-1} \left( \frac{C_{t+1}}{C_t} \right)^{-\sigma} \frac{\varepsilon_{jt} P_{jt}^j}{\varepsilon_{jt+1} P_{jt+1}^j} \right\} \quad (20a)$$

Reemplazando la ecuación (19) en la ecuación (20), obtenemos:

$$C_t = E_t \left\{ \frac{C_{t+1}}{C_{t+1}^j Q_{jt+1}^{1/\sigma}} \right\} C_t^j Q_t^{\sigma} \quad (21a)$$

$$C_t = \nu_j C_t^j Q_{jt}^{1/\sigma}$$

Donde  $\nu_j$  es una constante que generalmente dependerá de las condiciones iniciales con respecto a la posición de

activos netos iniciales del país "j". De aquí en adelante, y sin pérdida de generalidad, se asume condiciones iniciales simétricas, es decir, tenencia de activos foráneos netos igual a cero. De ello, se desprende que  $\nu_j = \nu = 1$  para todos los países  $j \in (0, 1)$ . La representación de la ecuación (21a) en su forma log-lineal viene dada por:

$$c_t = c_t^j + \frac{1}{\sigma} q_{jt} \quad (22a)$$

Pero, sabemos que el consumo mundial  $c_t^*$ :

$$c_t^* = \int_0^1 c_t^j dj$$

Integrando la ecuación (22a) con respecto a "j", y reemplazando en la ecuación (22a):

$$c_t = c_t^* + \frac{1}{\sigma} q_t \quad (23a)$$

Reemplazamos la ecuación (18a) en la expresión anterior (23a):

#### Relación entre consumo doméstico, consumo mundial y términos de intercambio:

$$c_t = c_t^* + \frac{1}{\sigma} (1 - \alpha) s_t \quad (24a)$$

La ecuación anterior refleja el impacto que tienen los términos de intercambio y el consumo mundial en el consumo doméstico.

#### 7. Paridad descubierta de tasa de interés (UIP)

Para derivar una expresión para la UIP, asumimos ahora que las familias domésticas pueden invertir tanto en activos domésticos como foráneos, es decir,  $B_t$  y  $B_t^*$ , respectivamente. En este caso, la restricción presupuestaria de las familias se escribe como:

$$P_t C_t + Q_t B_{t+1} + Q_t^* \varepsilon_{t+1} B_{t+1}^* = B_t + \varepsilon_t B_t^* + W_t N_t + T_t$$

Derivando con respecto a cada uno de estos activos, obtenemos las siguientes condiciones de primer orden:

$$(\partial B_t) \quad 1 = \beta E_t \left\{ Q_t^{-1} \left( \frac{C_{t+1}}{C_t} \right)^{-\sigma} \frac{P_t}{P_{t+1}} \right\} \quad (25a)$$

$$(\partial B_t^*) \quad 1 = \beta E_t \left\{ Q_t^{*-1} \left( \frac{C_{t+1}}{C_t} \right)^{-\sigma} \frac{\varepsilon_{t+1} P_t}{\varepsilon_t P_{t+1}} \right\} \quad (26a)$$

Dividiendo (25a) entre (26a) y simplificando algunos términos, obtenemos:

$$\frac{Q_t^*}{Q_t} = E_t \left( \frac{\varepsilon_{t+1}}{\varepsilon_t} \right) \quad (27a)$$

Expresamos la ecuación anterior, en términos log lineales:

$$-r_t^* + r_t = E_t \{ \varepsilon_{t+1} - \varepsilon_t \} = E_t (\Delta e_t)$$

Despejando convenientemente la ecuación, obtenemos la Paridad de tasas de interés no cubierta (log-lineal)

$$r_t = r_t^* + E_t (\Delta e_t) \quad (28a)$$

La ecuación anterior nos dice que el diferencial entre la tasa de interés doméstica y la internacional es simplemente la expectativa de devaluación.

Por otro lado, de la ecuación (13a), tenemos que:

$$E_t(s_{t+1}) - s_t = E_t(e_{t+1}) - e_t + E_t(\rho_{t+1}^*) + \rho^* - E(P_{H,t}) + \rho_{H,t}$$

$$E_t(s_{t+1}) - s_t = E_t \Delta e_{t+1} + E_t(\pi_{t+1}^*) - E(\pi_{H,t+1})$$

Despejando  $S_t$

$$s_t = -E_t \Delta e_{t+1} - E_t(\pi_{t+1}^*) + E(\pi_{H,t+1}) + E_t(s_{t+1})$$

Reemplazando la ecuación (28) en la expresión anterior, obtenemos la siguiente ecuación en diferencia estocástica:

$$s_t = (r_t^* - E_t \pi_{t+1}^*) - (r_t - E_t \pi_{H,t+1}) + E_t(s_{t+1}) \quad (29a)$$

Iterando (29a) <sup>9</sup> para el siguiente período y reemplazando en 29

$$s_t = E_t \left\{ \sum_{k=0}^{\infty} \left[ (r_{t+k}^* - \pi_{t+k}^*) - (r_{t+k} - \pi_{H,t+k}) \right] \right\} \quad (30a)$$

En la expresión anterior, podemos ver que los términos de intercambio  $S_t$  son una función del diferencial, presente y futuro, de las tasas de interés reales.

<sup>9</sup> Además, asumiendo que  $\lim_{T \rightarrow \infty} E_t \{s_T\} = 0$

## Anexo B: Derivación de la IS neokeynesiana

### Equilibrio en el mercado de bienes

$$Y_t(i) = C_{H,t}(i) + \int_0^1 C_{H,t}^j(i) dj + G_t(i) \quad (31a)$$

Donde  $Y_t(i)$  representa la suma de todos los bienes-privados y públicos- producidos domésticamente.  $C_{H,t}(i)$  representa los bienes producidos domésticamente que son consumidos por las familias de la economía nacional.  $C_{H,t}^j(i)$  representa los bienes producidos domésticamente que se exportan a los j países del resto del mundo. Por último,  $G_t(i)$  representa los bienes públicos producidos domésticamente que son comprados por el gobierno y son consumidos por las familias nacionales.

Sabemos que:

$$G_t(i) = \kappa_i Y_t(i) \quad (31.1a)$$

Del problema intratemporal de las familias, derivamos que la demanda óptima de bienes producidos domésticamente es:

$$C_{H,t}(i) = \left( \frac{P_{H,t}(i)}{P_{H,t}} \right)^{-\varepsilon} C_{H,t} \quad (32a)$$

$$C_{H,t} = (1 - \alpha) \left( \frac{P_{H,t}}{P_t} \right)^{-\eta} C_t \quad (33a)$$

Asimismo:

$$C_{H,t}^j(i) = \left( \frac{P_{H,t}(i)}{P_{H,t}} \right)^{-\varepsilon} C_{H,t}^j \quad (34a)$$

$$C_{H,t}^j = \left( \frac{P_{H,t}}{\varepsilon_{jt} P_{F,t}^j} \right)^{-\gamma} C_{F,t}^j \quad (35a)$$

$$C_{F,t}^j = \alpha \left( \frac{P_{F,t}^j}{P_t^j} \right)^{-\eta} C_t^j \quad (36a)$$

Reemplazamos la ecuación (33a) en (32a)

$$C_{H,t}(i) = (1 - \alpha) \left( \frac{P_{H,t}(i)}{P_{H,t}} \right)^{-\varepsilon} \left( \frac{P_{H,t}}{P_t} \right)^{-\eta} C_t \quad (37a)$$

luego reemplazamos (36a) en (35a) y luego esto en (34a)

$$C_{H,t}^j(i) = \left( \frac{P_{H,t}(i)}{P_{H,t}} \right)^{-\varepsilon} \left( \frac{P_{H,t}}{\varepsilon_{jt} P_{F,t}^j} \right)^{-\gamma} \alpha \left( \frac{P_{F,t}^j}{P_t^j} \right) C_t^j \quad (38a)$$

Luego reemplazamos (37a) y (38a) en la ecuación (31a), además aplicando (31.1a), obtenemos una expresión modificada para la condición de equilibrio en el mercado de bienes.

$$Y_t(i) = \frac{1}{1-\kappa_t} \left( \frac{P_{H,t}(i)}{P_{H,t}} \right)^{-\varepsilon} \left[ (1-\alpha) \left( \frac{P_{H,t}}{P_t} \right)^{-\eta} C_t + \alpha \int_0^1 \left( \frac{P_{H,t}}{\varepsilon_{jt} P_{F,t}^j} \right)^{-\gamma} \left( \frac{P_{F,t}^j}{P_t^j} \right) C_t^j dj \right] \quad (39a)$$

Asimismo, sabemos que por definición, se cumple que:

$$Y_t \equiv \left( \int_0^1 Y_t(i)^{\frac{\varepsilon-1}{\varepsilon}} di \right)^{\frac{\varepsilon}{\varepsilon-1}} \quad (40a)$$

Reemplazamos la ecuación (39a) en (40a):

$$Y_t = \frac{1}{1-\kappa_t} \left( \frac{P_{H,t}}{P_{H,t}} \right)^{-\eta} \left[ (1-\alpha) C_t + \alpha \int_0^1 \left( \frac{\varepsilon_{jt} P_{F,t}^j}{P_{H,t}} \right)^{\gamma-\eta} Q_{jt}^{\eta} C_t^j dj \right] \quad (41a)$$

Análogamente, tenemos que por definición:

$$S_t^j = \frac{\varepsilon_{jt} P_{F,t}^j}{P_{jt}} \quad (42a)$$

$$C_t^j = C_t Q_{jt}^{\frac{1}{\sigma}} \quad (42.1a)$$

Reemplazamos (21a) en (41a)

$$Y_t = \frac{1}{1-\kappa_t} \left( \frac{P_{H,t}}{P_{H,t}} \right)^{-\eta} (1-\alpha) + C_t \frac{1}{1-\kappa_t} \left( \frac{P_{H,t}}{P_{H,t}} \right)^{-\eta} \alpha \int_0^1 (S_t^j S_{jt})^{\gamma-\eta} Q_{jt}^{\frac{\eta}{\sigma}} dj \quad (43a)$$

Siguiendo a Galí y Monacelli (2005), asumimos que  $\eta = 1$

$$P_t = P_{H,t}^{1-\alpha} P_{F,t}^{\alpha} \quad (44a)$$

luego reemplazamos la ecuación (44a) en (43a)

$$Y_t = C_t \frac{1}{1-\kappa_t} \left( \frac{P_{H,t}}{P_{H,t}^{1-\alpha} P_{F,t}^{\alpha}} \right)^{-\eta} (1-\alpha) + C_t \frac{1}{1-\kappa_t} \left( \frac{P_{H,t}}{P_{H,t}^{1-\alpha} P_{F,t}^{\alpha}} \right)^{-\eta} \alpha \int_0^1 (S_t^j S_{jt})^{\gamma-\eta} Q_{jt}^{\frac{\eta}{\sigma}} dj \quad (45a)$$

$$Y_t = \frac{1}{1-\kappa_t} C_t S_t^{\eta\alpha} (1-\alpha) + \frac{1}{1-\kappa_t} C_t S_t^{\eta\alpha} \alpha \int_0^1 (S_t^j S_{jt})^{\gamma-\eta} Q_{jt}^{\frac{\eta}{\sigma}} dj \quad (46a)$$

Log-linearizado respecto al estado estacionario, donde además se debe cumplir que:

$$\bar{Y} = \bar{C} \bar{S}^{\eta\alpha} \quad (47a)$$

Asimismo:

$$\int_0^1 s_t^j dj \equiv 0$$

Obtenemos la siguiente expresión para el producto, en su forma log-lineal:

$$y_t = c_t + \alpha \gamma s_t + \left( \eta - \frac{1}{\sigma} \right) q_t + g_t \quad (48a)$$

Reemplazando la ecuación (18a) en (48a), tenemos:

$$y_t = c_t + \frac{\alpha \omega}{\sigma} s_t + g_t \quad (49a)$$

donde el parámetro  $\omega = \gamma \sigma + (\eta \sigma - 1)(1 - \alpha)$

Además, se debe cumplir que  $\omega > 0$

La ecuación (49a) debe cumplirse, análogamente, para todos los países j:

$$y_t^j = c_t^j + \frac{\alpha \omega}{\sigma} s_t^j + g_t^j \quad (50a)$$

Agregando todos los países j, obtenemos:

$$y_t^* = c_t^* + g_t^* \quad (51a)$$

Reemplazando la ecuación (24a) en (49a)

$$y_t = c_t^* + \frac{(1-\alpha)}{\sigma} s_t + \frac{\alpha \omega}{\sigma} s_t + g_t \quad (52a)$$

despejamos  $c_t^*$  de la ecuación (51a) y reemplazándola en (52a)

$$y_t = y_t^* - g_t^* + \frac{1}{\sigma_{\alpha}} s_t + g_t \quad (53a)$$

donde  $\sigma_{\alpha} = \sigma(1 - \alpha + \alpha \omega)$

Por último, reemplazamos la ecuación (49a) en la ecuación de Euler en su forma log-lineal, y obtenemos una expresión para la curva IS neokeynesiana o *forward looking*, la cual depende también de la variación porcentual de los términos de intercambio.

$$y_t = E_t(y_{t+1}) - \frac{\alpha \omega}{\sigma} E_t \Delta s_{t+1} - E_t \Delta g_{t+1} - \frac{1}{\sigma} (i_t - E_t \pi_{H,t+1} - \rho) \quad (54a)$$

Iteramos la ecuación (9a) un período adelante y reemplazando en la ecuación (54a)

$$y_t = E_t(y_{t+1}) - \frac{\alpha \Theta}{\sigma} E_t \Delta s_{t+1} - E_t \Delta g_{t+1} - \frac{1}{\sigma} (i_t - E_t \pi_{H,t+1} - \rho) \quad (55a)$$

donde  $\Theta = \omega - 1$

despejando  $s_t$  de (53a) hallamos  $\Delta s_{t+1} = s_{t+1} - s_t$  y reemplazamos en (55a)

$$y_t = E_t y_{t+1} - \frac{1}{\sigma_{\alpha}} (i_t - E_t \pi_{H,t+1}) + \alpha \Theta E_t \Delta y_{t+1}^* + \alpha \Theta E_t \Delta g_{t+1}^* - E_t \Delta g_{t+1}$$

La expresión anterior es una forma alternativa de representar la curva IS neokeynesiana, para hacer que esta



ya no dependa de los términos de intercambio, sino que ahora depende de la variación en la producción del resto del mundo  $\Delta y_t^*$ . Esta forma alternativa de representar la IS es de gran ayuda, pues asumimos que el producto mundial sigue un proceso autorregresivo de orden (1). Luego, usando (51a) obtenemos finalmente, la expresión de la IS dinámica que usamos para la estimación del modelo:

$$y_t = E_t y_{t+1} - \frac{1}{\sigma_\alpha} (i_t - E_t \pi_{H,t+1}) + \alpha \Theta (\rho_{c^*} - 1) c_t^* - E_t \Delta g_{t+1} \quad 61$$

### Anexo C: Comparación de las densidades posteriores y a priori

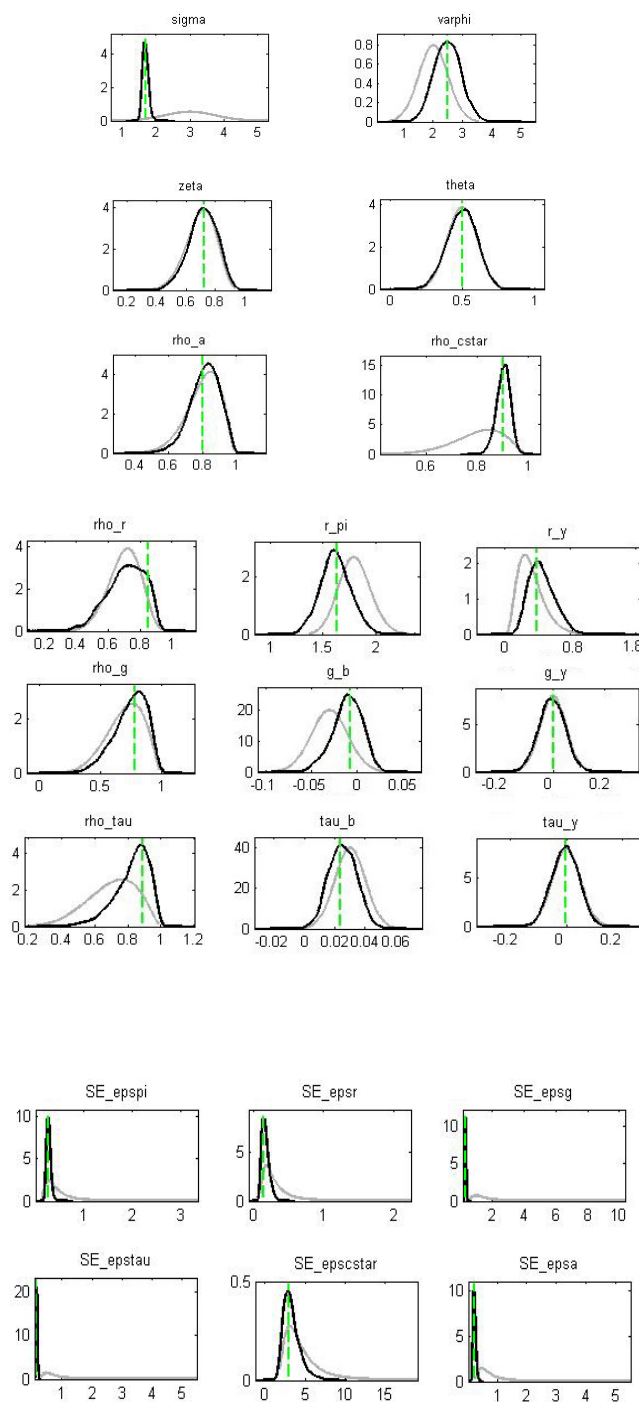
Los gráficos que se presentan a continuación son los resultados de las estimaciones realizadas utilizando técnicas bayesianas. La línea vertical representa la moda de la densidad posterior calculada numéricamente. La densidad posterior está representada por las líneas más oscuras, mientras que las densidades a priori están representadas por las líneas más claras.

La teoría estadística sugiere que no es recomendable que la densidad posterior sea demasiado diferente a la distribución a priori utilizada, pues esto reflejaría que el investigador tenía escasos conocimientos acerca de dicho parámetro. No obstante, la literatura tampoco recomienda que la densidad posterior sea muy parecida a la densidad a priori, ya que esto significaría que los datos no están aportando a la estimación, puesto que se está imponiendo la distribución a priori. Lo ideal es que los datos ayuden a mejorar las estimaciones obtenidas. En ese sentido, cabe señalar que si se cuentan con pocos datos, es probable que estos, aporten poco.

En los gráficos obtenidos se puede apreciar que para algunos parámetros, tales como  $\xi$  y  $\theta$ , los datos no han aportado información adicional a la proporcionada a través de la distribución a priori.

Por otro lado, para parámetros tales como los de la regla de Taylor la moda de la distribución posterior está alejada de la moda de la distribución a priori, y además la varianza es menor, lo cual se refleja en que las líneas oscuras son más altas y estrechas. Para dichos parámetros, podemos afirmar que los datos han aportado información relevante, mejorando la densidad a priori.

Gráfico 7. Comparación entre distribuciones a priori y posteriores



# Ahorro y tierra. El efecto de las tasas de interés sobre la productividad agrícola agregada

*Jorge Alejandro Álvarez García-Tuñón*

## Resumen

El PIB por trabajador del 5% de países más ricos es 34 veces el del 5% de países más pobres, pero este mismo múltiplo llega a 78 cuando solo se considera al sector agrícola. Los países más ricos están caracterizados por tener unidades agrícolas más grandes con un uso intensivo de maquinaria y bienes intermedios de producción. En contraste, economías menos desarrolladas tienen una cantidad importante de unidades agrícolas pequeñas con rendimientos bajos. Este trabajo sugiere que las bajas tasas de interés a las que tienen acceso los agricultores pueden explicar parte de la variación tanto en el tamaño de las unidades agrícolas como en el uso de bienes intermedios de producción. Esto se debe a que la tierra tiene una función dicotómica: es un medio de producción y un medio de ahorro. Evidencia microeconómica reciente que muestra ahorros agrícolas con retornos negativos sugiere que esta segunda función puede ser más prominente en economías en desarrollo. Motivado por dicha observación, este trabajo construye un modelo donde bajas tasas de interés sobre ahorros generan una distribución ineficiente de la tierra, lo que a su vez induce diferencias en productividad agrícola agregada. Evidencia empírica es presentada para evaluar las predicciones del modelo.

## 1. Introducción

La mayor parte de la variación transversal en el producto interno bruto (PIB) per cápita entre países se debe a diferencias en la Productividad Total de los Factores

(PTF).<sup>1</sup> La investigación sobre este tema es extensa y ecléctica; sin embargo, una observación empírica ha recibido una renovada atención recientemente. Mientras que el PIB por trabajador en el 5% de países más ricos es 34 veces el del 5% de países más pobres, este múltiplo se eleva a 78 cuando solamente se considera la producción del sector agrícola.<sup>2</sup> Más asombroso aún es el hecho que a pesar de que países en desarrollo tienden a tener una productividad mucho más baja en el sector agrícola, sus economías dirigen una mayor proporción de los recursos hacia ese sector.<sup>3</sup> Esto no se debe necesariamente a una falta de acceso a mejores tecnologías agregadas. Al contrario, dentro de un país, hay una brecha de productividad entre el sector agrícola y otros sectores que ronda un factor de 10, sugiriendo que los recursos dentro de un país podrían ser transferidos hacia la tecnología existente en otros sectores.<sup>4</sup> Incluso dentro del sector agrícola encontramos gran heterogeneidad dentro de la productividad de agricultores individuales, donde algunos productores grandes producen mucho más eficientemente utilizando

<sup>1</sup> Klenow y Rodríguez-Claire (1997) y Hall y Jones (1999) argumentan que el capital físico y humano pueden explicar menos del 50% de la variación.

<sup>2</sup> La importancia de las diferencias en productividad agrícola fue por primera vez enfatizada por Kuznets (1971), y más recientemente confirmada utilizando una muestra de mayor tamaño por Caselli (2005) y Restuccia, Yang, y Zhu (2008).

<sup>3</sup> Cai (2012) argumenta que la porción de la fuerza laboral dedicada a la agricultura varía de 85% en algunos países de menores ingresos hasta menos de 2% en algunos países desarrollados.

<sup>4</sup> Gollin, Parente y Rogerson (2004).

maquinaria y mejores insumos de producción para su tierra. Dentro de una perspectiva de contabilidad de crecimiento, parece haber demasiados agricultores pequeños en países en desarrollo. Los macroeconomistas miden estas diferencias en la distribución de productividades individuales como diferencias agregadas en la PTF. Sin embargo, ¿por qué los agricultores más pobres no venden sus tierras y trabajo a los sectores más productivos? ¿Por qué encontramos persistencia en la producción agrícola pequeña, no mecanizada, y de insumos bajos? ¿Por qué los agricultores más pobres persisten como agricultores? Este trabajo argumentará que el subdesarrollo financiero puede jugar un papel importante en el origen y persistencia de las diferencias en la PTF agrícola. Se planteará, simulará y evaluará un modelo en el que la existencia de una masa de agricultores pequeños persiste, no solo por falta de oportunidad o educación, sino por la falta de acceso a una tecnología de ahorro efectiva.

La piedra angular de este mecanismo es el hecho que la tierra no es solo un medio de producción, sino también un medio de ahorro. En una economía con limitaciones institucionales, donde problemas de información y agencia impiden la emisión de otro tipo de activos (acciones, bonos privados, etc.), los agricultores más pobres tienen un número limitado de opciones para ahorrar el excedente de su producto. De hecho, la mayoría de los dos mil millones de personas viviendo con menos de \$2 al día no tienen siquiera acceso a la banca comercial, y en la mayoría de países las opciones de ahorro e inversión se limitan a *cuentas de ahorro con tasas de interés bajas* (frecuentemente por debajo de la inflación), algunas formas de capital físico, y tierra.<sup>5</sup> Como consecuencia, los agricultores –incluso no teniendo capacidad de obtener grandes rendimientos en sus cosechas– pueden decidir aferrarse a la tierra como medio de ahorro para el futuro. Este trabajo desarrollará un modelo de equilibrio general para ilustrar cómo el subdesarrollo financiero por sí mismo –y bajas tasas de interés en medios de ahorro en particular– resulta en la asignación ineficiente de la tierra y la subinversión en la misma, lo cual causa eventualmente una depresión en la PTF del sector agrícola. El resto de la investigación se organiza de la siguiente forma. El capítulo 2 discute cómo el mecanismo propuesto está relacionado con investigaciones recientes acerca de inversiones y diferencias de productividad agrícola entre países, así como la brecha de productividad entre

sectores. El capítulo 3 presenta un modelo de equilibrio competitivo que propone el subdesarrollo financiero como fuente de la distribución ineficiente de la tierra, la subinversión, y la baja PTF agrícola. El capítulo 4 computa simulaciones basadas en el modelo para ilustrar la mecánica del mismo. El capítulo 5 presenta evidencia empírica entre países para evaluar la teoría. Finalmente, el capítulo 6 concluye y sugiere rutas para investigación futura.

## 2. Conexión con la investigación existente

Este trabajo está cercanamente relacionado con investigación reciente sobre las brechas de productividad entre el sector agrícola y el resto de la economía. Gollin, Parente, y Rogerson (2004) describen la variación de estas brechas entre países y resaltan el rol que juegan la falta de medición de la productividad en el hogar en crear estas brechas. Herrendorf y Schoellman (2011), por su parte, analizan datos agrícolas de EE. UU. y concluyen que la brecha puede ser explicada por diferencias en capital humano. En una línea similar, Lagakos y Waugh (2012) enfatizan el rol de niveles mínimos de subsistencia, al producir estos una fricción en la autoselección de trabajadores heterogéneos entre sectores. En esta última teoría, los trabajadores pobres que son improductivos en el sector agrícola pueden no obstante autoseleccionarse a ese sector si son lo suficientemente pobres, por el hecho de satisfacer necesidades mínimas de consumo. Sin embargo, a pesar de que diferencias en capital humano, problemas de medición, y mecanismos de selección explican parte de la brecha intersectorial de productividad, se reconoce que estos factores no pueden explicar toda la variación existente. Gollin, Lagakos y Waugh (2012), por ejemplo, encuentran que, incluso después de controlar por diferencias en capital humano entre sectores, las diferencias de costo de vivienda en áreas rurales,<sup>6</sup> y horas de trabajo, persisten brechas de productividad intersectorial residuales en el sector agrícola. Por otra parte, y más cercano al razonamiento de este trabajo, Restuccia, Yang and Zhu (2008), así como Restuccia y Adamopoulos (2013), resaltan el papel de los insumos intermedios de producción en incrementar la productividad de las unidades agrícolas. Estos encuentran que diferencias en barreras a las importaciones pueden tener un impacto de magnitud en el uso de maquinaria e insumos intermedios de producción y, por tanto, afectan

<sup>5</sup> Demigurre-Kunt y Klapper (2012).

<sup>6</sup> Como es el caso en Ravallion, Chen, y Sangraula (2009).

la productividad agrícola agregada.<sup>7</sup> En adición, Donovan (2011, 2013) explica cómo, incluso sin distorsiones en los precios de importación de insumos intermedios de producción, diferencias en el uso de estos pueden ocurrir como resultado de la distribución de la riqueza en sí misma. Él observa que los niveles mínimos de subsistencia pueden promover aversión al riesgo entre los agricultores más pobres, lo cual reduce sus inversiones en maquinaria y bienes intermedios de producción. Este último mecanismo estará presente en el modelo a desarrollarse.

Trabajo reciente ha resaltado también la importancia que tiene la distribución de la tierra para explicar la variación en la PTF agrícola. Un impactante hecho motiva esta investigación: la unidad agrícola promedio en el 20% de países más ricos es 34 veces el del 20% más pobres.<sup>8</sup> Si unidades agrícolas más grandes son productivas, esto por sí mismo puede tener efectos significativos en las medidas convencionales de productividad agregada. Vollrath (2010), por ejemplo, encuentra que una distribución desigual de la tierra, controlando por el tamaño de la unidad agrícola promedio, puede tener un efecto negativo en productividad. Además, Vollrath (2009) encuentra que la mala asignación de tierra puede explicar el 80% de la variación de la PTF agrícola. Siguiendo una similar línea de pensamiento, Adamopoulos and Restuccia (2013) enfatizan el rol de las políticas agrarias para explicar la mala asignación de la tierra y, por tanto, diferencias en productividad. Ellos encuentran que un modelo con tecnologías que manifiestan retornos decrecientes a escala solo puede explicar alrededor del 25% de la variación en el tamaño de unidades agrícolas, y que políticas como reglamentar techos al tamaño de unidades agrícolas pueden tener un efecto significativo sobre la productividad agregada. Sin embargo, cabe resaltar que la persistencia en la asignación ineficiente de la tierra no puede ser enteramente ocasionada por fallos institucionales o históricos, ya que esta asignación persiste incluso cuando se mejora el ambiente institucional. Udry (2010), por ejemplo, argumenta que mejoras en la implementación de los derechos de propiedad en África no han resultado en mejoras significativas en productividad agrícola. Por

lo tanto, una teoría que explique por qué la asignación ineficiente de la tierra persiste más allá de limitaciones regulatorias, parece ser fundamental para el entendimiento de las diferencias en productividad agrícola entre países.

Finalmente, el subdesarrollo financiero como posible causa de la asignación ineficiente de la tierra está motivado por investigación microeconómica en áreas rurales. Esta documenta las limitadas tasas de rendimiento sobre ahorros disponibles en economías en desarrollo. Rosenzweig y Wolpin (1993), por ejemplo, demuestran que los granjeros en India usan bueyes como medio preventivo de ahorro como consecuencia de la pobre oferta de opciones disponibles. Más recientemente, evidencia provista por Anagol, Etang, y Karlan (2013) sugiere que la falta de opciones de ahorro puede ser extraordinariamente severa en algunos países. Ellos muestran cómo granjeros rurales de India deciden invertir en vacas y búfalos, incluso cuando estos proveen retornos negativos.<sup>9</sup> Similarmente, Dupas y Robinson (2012) presentan evidencia sobre tasas de interés negativas en cuentas de ahorro en Kenia. El modelo a desarrollarse sugiere que, con la ausencia de mecanismos confiables para la salvaguardia y el ahorro de la riqueza, el papel de la tierra como mecanismo de ahorro se hace más prominente, lo que perjudica su papel como medio de producción.

### 3. Desarrollo del modelo teórico

Este capítulo presenta un modelo teórico simple para estudiar cómo bajas tasas de interés sobre ahorros y deficiencias en el sector financiero pueden causar una asignación ineficiente de la tierra, bajos niveles de inversión, y en última instancia una baja productividad agrícola agregada. En este contexto, la tierra tiene una función dicotómica. Por un lado, esta sirve como mecanismo de ahorro que provee una alternativa a cuentas de ahorro convencionales o la acumulación de efectivo. Por otro, la tierra es un medio de producción. La interacción de estas dos funciones induce una asignación ineficiente de la tierra debido a que los agentes agrícolas se aferran a la tierra sin invertir en ella, bajando así la productividad agregada. En adición, al proveer una explicación alternativa para las diferencias en la distribución de la tierra, el modelo difiere de modelos macroeconómicos

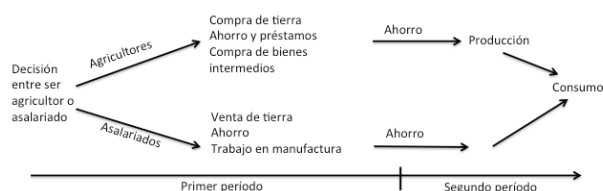
<sup>7</sup> Evidencia reciente por parte de Anderson y Nelgen (2013) sugiere que las barreras al comercio se han reducido sustancialmente en años recientes, lo que aumenta la importancia de explicar diferencias de productividad más allá de estos factores.

<sup>8</sup> Restuccia (2011).

<sup>9</sup> Ellos encuentran retornos negativos de -6% y -13% para ahorros en vacas y búfalos incluso cuando la mano de obra se toma como gratuita. Cuando este costo se incluye utilizando salarios de mercado, los retornos son -64% y -39%.

tradicionales con agentes heterogéneos que asumen una variación en la productividad idiosincrática de los agentes económicos. En contraste, este modelo muestra cómo, incluso con agentes igualmente capaces, diferencias en el acceso a servicios financieros confiables –y de ahorro en particular– pueden generar resultados similares. Se considera una economía pequeña y abierta donde los bienes se comercian en mercados internacionales, y por lo tanto los precios agrícolas son exógenos. La gráfica 1 ilustra la temporalidad del modelo. En el primer período, cada agente económico decide si se convierte en agricultor o trabajador en el sector manufacturero. En este mismo período, los agentes comercian las parcelas de tierra en el mercado local y compran bienes intermedios de producción (ej. fertilizante, maquinaria, etc.) de los mercados internacionales. En el segundo período, la producción, venta, y consumo de los productos ocurren. Es importante resaltar que en esta economía la tierra solo puede ser comprada para su uso en producción agrícola y por lo tanto los mercados de renta de tierra para producción no son considerados. En otras palabras, ya sea por deficiencias en derechos de propiedad, fricciones de información, o altos costos de transacción, agricultores pequeños no pueden rentar su tierra a grandes agricultores con mayor capacidad financiera. El modelo se describe formalmente a continuación.

Gráfica 1: Temporalidad del modelo



### 3.1 Agentes económicos y preferencias

Hay un continuo de agentes con masa unitaria, donde cada agente tiene preferencias idénticas sobre bienes agrícolas y manufactureros. Siguiendo las preferencias utilizadas en el área de cambio estructural y modelos de dualidad sectorial, los agentes tienen preferencias *no homotéticas* al tener un nivel mínimo de subsistencia de  $\bar{a}$  bienes agrícolas. La falta de homoteticidad en la función de utilidad implica que la proporción de consumo en bienes agrícolas es decreciente en la riqueza.<sup>10</sup> En concreto, las preferencias están dadas por:

$$U(c) = \alpha \log(c_a^i - \bar{a}) + (1 - \alpha) \log(c_m^i)$$

<sup>10</sup> Ejemplos del uso de este tipo de preferencias pueden ser encontrado en Laitner (2000), Kongsamut, Rebelo y Xie (2001), Gollin, Parente, y Rogerson (2007), Donovan (2011, 2012), Cai (2012), entre otros.

donde  $c_a^i$  y  $c_m^i$  son el consumo de bienes agrícolas y manufactureros por los agricultores ( $i=f$ ) y los trabajadores manufactureros ( $i=m$ ), respectivamente.

### 3.2 Distribución inicial de los bienes

Cada agente está dotado inicialmente con la misma cantidad de tierra  $\bar{l}$ , pero distintos bienes de manufactura  $\bar{m}$  en el primer período, donde  $\bar{m}$  es aleatoriamente seleccionado de una distribución con función probabilística de densidad  $\phi_o(\bar{m})$  y soporte  $[\underline{m}, \bar{m}]$ <sup>11</sup>. En adición, cada agente posee una unidad indivisible de trabajo que pueden gastar ya sea como agricultores ( $F=1$ ), o trabajadores en el sector manufacturero ( $F=0$ ), lo cual implica ganar un salario exógeno dado por  $\omega$ .<sup>12</sup>

### 3.3 Tecnología

#### 3.3.1 Producción agrícola

Un agente que decide dedicarse a la agricultura tiene acceso a una tecnología de producción cuya forma funcional está dada por:

$$f(x, l, z) = A[\theta(xz)^{\rho} + (1 - \theta)(l)^{\rho}]^{\frac{\gamma}{\rho}}$$

donde  $x$  se refiere a los bienes intermedios de producción (ej. fertilizante),  $l$  es la tierra utilizada en producción,  $\theta$  captura la importancia relativa de los bienes intermedios en el proceso de producción, y  $\rho$  determina la elasticidad de sustitución.<sup>13</sup> Además,  $\gamma$  determina el grado de rendimientos decrecientes a escala, y  $A$  es un factor agregado de productividad sectorial. En el modelo, una unidad de trabajo por parte del agente es requerida para tener acceso a esta tecnología y dedicarse a la agricultura. Debido a que estamos interesados en como los propietarios de tierra realizan decisiones acerca del tamaño óptimo de su unidad agrícola (en términos de tierra) y la intensidad de los bienes intermedios de producción que se utilizan, se evita modelar la escogencia

<sup>11</sup>  $\underline{m} > 0$

<sup>12</sup> Debido a que estamos interesados en la dinámica de la distribución de la tierra en el sector agrícola, se evita modelar el sector manufacturero de forma explícita.

<sup>13</sup> Se utiliza una forma funcional con elasticidad de sustitución constante siguiendo la metodología de Adamopoulos y Restuccia (2013), los cuales también estudian la variación de productividades agrícolas entre países. Esto es conveniente dado que unidades agrícolas con diferente uso de bienes intermedios de producción están sujetas a distintos niveles de riesgo.



óptima de trabajadores dentro de cada unidad agrícola.<sup>14</sup>

Crucialmente,  $z$  es un choque de productividad aleatorio<sup>15</sup> con una función de densidad de probabilidad  $h_z(z)$ , y soporte  $[z, \bar{z}]$  donde  $E(z) > 0$ .<sup>16</sup> Este choque afecta la productividad de los bienes intermedios de producción para un agricultor en particular. En otras palabras, el modelo implica que el uso de bienes intermedios de producción incrementa el retorno esperado de la producción agrícola, pero también exacerba el riesgo. Esta última característica de la función de producción está motivada por evidencia empírica provista por investigación microeconómica acerca del uso de bienes intermedios de producción, y fertilizante en particular, por parte de los agricultores. En concreto, el uso de fertilizante no parece reducir la varianza de los retornos (Taxler et al (1995)) y probablemente lo incrementa (Just y Pope (1979)), lo cual es consistente con la función de producción escogida. Además, evidencia reciente sugiere que la selección de fertilizante y otros bienes intermedios son sensibles al riesgo con la presencia de mercados incompletos. Karlan et al (2012), por ejemplo, estudian los factores que afectan el uso de fertilizante y otros insumos intermedios en Ghana y concluyen que la exposición de los agricultores a riesgo sin la protección de seguros es una determinante clave para el bajo uso de estos bienes intermedios. En un experimento, estos investigadores ofrecen un seguro a los agricultores y encuentran que cuando el seguro reduce el riesgo presente, los agricultores gastan más en fertilizantes, químicos y otros insumos. Similarmente, Zerfu y Larson (2010) analizan un panel de datos de Etiopía y encuentran efectos negativos de mercados de seguros incompletos e incerteza acerca de los rendimientos esperados –dado por falta de

educación o debilidad en las instituciones encargadas de difundir la información sobre el uso de bienes intermedios de producción– sobre el uso de fertilizante. En conjunto, esta evidencia resalta la sensibilidad que tiene el uso de bienes intermedios de producción ante el riesgo, y por tanto motivan la introducción de una función de producción que asocia la volatilidad del rendimiento agrícola al nivel de  $x$ .

### 3.3.2 Mecanismos de ahorro y crédito

En el primer período, los agentes pueden ahorrar ( $s$ ) o prestar ( $b$ ) de las instituciones financieras disponibles. Debido a que el objetivo de este modelo es analizar la conexión entre las tasas de interés y la productividad agrícola agregada, y no los orígenes de las primeras, este trabajo adopta una estrategia de “forma reducida” para modelar los mercados financieros. En particular, los agentes tienen acceso a distintas tecnologías de ahorro dependiendo de su nivel de riqueza. Un agente dotado de bienes  $\hat{m}$  tiene acceso a una tecnología de ahorro que retorna  $r_s(\hat{m})$  sin ninguna exposición al riesgo en el segundo período. El análisis en este trabajo se limita al caso donde  $r_s(\hat{m})$  es una función monótonica creciente, lo que refleja las diferencias en las tasas de retorno disponibles para agentes en distintas partes de la distribución de riqueza. En particular, en un ambiente donde hay poca penetración de la banca comercial y debilidades institucionales previenen el funcionamiento óptimo de mercados financieros, los agentes económicos más ricos pueden tener acceso a retornos más altos sobre sus ahorros. Los agentes también pueden prestar recursos para invertir en tierra y en bienes intermedios de producción en el primer período con una tasa de interés  $r_b$ , donde  $r_b > r_s(\hat{m})$  para todos los valores posibles de  $\hat{m}$ . Por lo tanto, a pesar de que los agentes tienen una acceso diferenciado a tasas de retorno sobre ahorros, estos tienen el acceso a la misma tasa de interés sobre préstamos. Cabe aclarar que los resultados del análisis a continuación no son contingentes a esta última restricción.

### 3.4 Equilibrio competitivo

Una vez definidos los componentes del modelo, se procede ahora a definir el equilibrio competitivo de una economía abierta donde los precios de los bienes manufactureros (tomado como precio base unitario), agrícolas ( $p_a$ ), y bienes intermedios de producción ( $p_x$ ) están dados por los precios internacionales. Dado que los agentes

<sup>14</sup> También restringimos las opciones del agente entre ser agricultor a tiempo completo o trabajador manufacturero a tiempo completo. Esto ignora los efectos de “salarios nutricionales” descritos por Mirrlees (1975), Stiglitz (1976), Bliss y Stern (1978), entre otros (ver Deaton (2003) para un resumen reciente de los modelos de salarios nutricionales). En dicho mecanismo, tener una parcela de tierra permite al trabajador laborar en otros sectores al producir lo suficiente para satisfacer el requisito mínimo de subsistencia. En el modelo presentado aquí, sin embargo, esto no alteraría los resultados y solo magnificaría los efectos del mecanismo de ahorro en tierra.

<sup>15</sup> Dado que esta es una pequeña economía abierta, el análisis no cambiaría si consideramos una combinación de choques agregados e idiosincráticos.

<sup>16</sup> Con la presencia de requisitos mínimos de subsistencia y utilidad logarítmica,  $z$  debe ser lo suficientemente alta como para inducir a algunos agentes a convertirse en agricultores.

difieren solamente en términos de su riqueza inicial de bienes manufactureros  $\hat{m}$ , las decisiones y precios de equilibrio en esta economía se definen a continuación como funciones de esta variable. Así, dada la distribución inicial de riqueza, la tecnología de ahorro y préstamos disponibles  $r_s(\hat{m}), r_b$ , el salario del sector manufacturero  $\omega$ , y los precios internacionales  $p_a, p_x$ , el *equilibrio competitivo* está caracterizado por un precio por unidad de tierra  $p_l$ , y funciones de decisión, inversión y consumo para cada trabajador  $F(\hat{m}), c_a^n(\hat{m}), c_m^n(\hat{m}), c_a^f(\hat{m}), c_m^f(\hat{m}), s(\hat{m}), l(\hat{m}), x(\hat{m}), b(\hat{m})$  que satisfagan las siguientes condiciones:

1. Dados los precios, las funciones  $F(\hat{m}), c_a^n(\hat{m}), c_m^n(\hat{m}), c_a^f(\hat{m}), c_m^f(\hat{m}), s(\hat{m}), l(\hat{m}), x(\hat{m}), b(\hat{m})$  deben resolver el problema de optimización del agente en el primer periodo. Este está dado por:

$$\max_{x, l, s, F \in \{0,1\}} F * E \left( \max_{c_a^f, c_m^f} \alpha \log(c_a^f - \bar{a}) + (1 - \alpha) \log(c_m^f) \right) \\ + (1 - F) \left( \max_{c_a^n, c_m^n} \alpha \log(c_a^n - \bar{a}) + (1 - \alpha) \log(c_m^n) \right)$$

sueto a las restricciones presupuestarias,

$$\begin{aligned} s + p_x x + p_l l &= \hat{m} + p_l \hat{l} + b \\ c_m^f + p_a c_a^f &= p_a f(x, l, z) + r_s(\hat{m})s - br_b \\ c_m^n + p_a c_a^n &= r_s(\hat{m})(w + \hat{m} + p_l \hat{l}) \\ b &\geq 0 \\ s &\geq 0 \end{aligned}$$

2. Las funciones de inversión en tierra,  $l(\hat{m})$ , satisfacen la condición de mercado donde la oferta equivale a la demanda de tierra en el primer periodo. Esta condición es

$$\int \phi_o(\hat{m}) l(\hat{m}) d\hat{m} = \int \phi_o(\hat{m}) \hat{l} d\hat{m} \equiv L$$

### 3.5 El problema del agente

Esta sección procede a analizar la solución del equilibrio competitivo ya definido. Para resolver el problema de

consumo, inversión y decisión ocupacional del agente se procede por inducción retroactiva. Primero se describe cómo los agentes deciden cuánto consumir de cada tipo de bien, dados los recursos disponibles después de que la producción agrícola haya ocurrido y los pagos a deudas existentes hayan sido realizados. Después, se analiza la decisión óptima de inversión en tierra y bienes intermedios de producción por parte de un agricultor. Por último, se analiza la decisión ocupacional de los agentes entre trabajar como agricultores o en el sector manufacturero.

#### 3.5.1 El problema del consumidor y la aversión al riesgo

Se considera entonces el problema en el segundo periodo, una vez la producción agrícola ha ocurrido pero antes de que las decisiones de consumo se realicen. Para simplificar la ilustración del argumento, se define una variable  $y$  que equivale a la suma de la producción agrícola, salarios, y retornos sobre los ahorros que están disponibles a un agente en el segundo periodo después de haber realizado pagos referentes a la deuda adquirida en el primer periodo. En otras palabras,  $y$  refleja los recursos disponibles para consumo en el segundo periodo. Para agentes con recursos ex-post suficientes para satisfacer el requisito mínimo de subsistencia ( $y > p_a \bar{a}$ ),<sup>17</sup> su utilidad es maximizada por las siguientes funciones de consumo,

$$\begin{aligned} c_a^i &= \bar{a} + \frac{\alpha}{p_a} (y - p_a \bar{a}) \\ c_m^i &= (1 - \alpha) (y - p_a \bar{a}) \end{aligned}$$

En palabras, los agentes gastan todos sus recursos en bienes agrícolas hasta satisfacer el nivel mínimo de subsistencia y distribuyen el resto entre los dos tipos de bienes acorde al parámetro  $\alpha$ . En el análisis siguiente, es útil definir la *función de utilidad indirecta*  $U(y)$ .

$$U(y) = \phi - \alpha \log(p_a) + \log(y - p_a \bar{a})$$

donde

$$\phi \equiv \alpha \log(\alpha) + (1 - \alpha) \log(1 - \alpha)$$

<sup>17</sup> Se asume que  $\omega > p_a \bar{a}$ , de tal forma que todos los agentes económicos puedan satisfacer el requisito mínimo de subsistencia.

Nótese que debido a la presencia de un nivel mínimo de subsistencia en los bienes agrícolas, los agentes exhiben una aversión relativa al riesgo (ARR) decreciente con respecto al nivel de riqueza en el segundo período.

$$ARR(y) = -y \frac{U''(y)}{U'(y)} = \frac{y}{y - p_a \bar{a}}$$

Si no existiese el nivel mínimo de subsistencia ( $\bar{a} = 0$ ), la función de utilidad adoptaría la forma Cobb-Douglas y la aversión relativa al riesgo sería constante y por tanto independiente del nivel de riqueza. Sin embargo, con un nivel mínimo de subsistencia ( $\bar{a} > 0$ ), la aversión relativa al riesgo es decreciente, lo que implica que los agentes más ricos son más tolerantes al riesgo de inversión. Para clarificar este último concepto, el efecto del riesgo en la toma de decisiones de los agricultores puede ser descompuesta realizando una expansión de Taylor a la función de utilidad indirecta:

$$E(U(y)) \approx \log(E(y - p_a \bar{a})) - \frac{Var(y)}{2(E(y - p_a \bar{a}))^2}$$

La aversión a la varianza de los ingresos implícita en las preferencias se puede ver claramente reflejada en el signo negativo del segundo término de la expansión. Más importante aún, el término cuadrático en el denominador indica que esta aversión se reduce con la riqueza. Los más ricos son, por virtud de su riqueza, más tolerantes a los riesgos de inversión. Esta relación entre la riqueza y las actitudes de los agentes hacia el riesgo es crítica para la mecánica del modelo por dos razones. La primera es que esto implica que los ricos son los que pueden tolerar el riesgo que conlleva el uso de maquinaria y bienes intermedios de producción, lo que en última instancia produce una correlación positiva entre el tamaño de las unidades agrícolas y la productividad por cada unidad. La segunda es que la certeza y seguridad del ingreso que provee un trabajo asalariado en el sector manufacturero es más atractiva para los agentes más pobres, debido a la incrementada aversión de estos al riesgo de las actividades agrícolas. Cabe resaltar que la ARR decreciente no solo es un resultado teórico del modelo sino una observación empírica ya observada en investigación microeconómica. Ogaki y Zhang (2001), por ejemplo, presentan evidencia de agricultores en India y Pakistán que confirman este patrón de comportamiento.

### 3.5.2 El problema del agricultor y las decisiones de inversión

Esta sección se enfoca en los agentes que han decidido ser agricultores. Una vez tomada esta decisión, su problema se reduce a la escogencia óptima de ahorros, préstamos, extensión de tierra, y bienes intermedios de producción para maximizar la utilidad esperada en el segundo período. La exposición de este problema puede ser simplificada utilizando la expresión para la función de utilidad indirecta derivada anteriormente, escribiendo la utilidad del segundo período en términos de los recursos disponibles ex-post  $y^f$ . Siguiendo esta estrategia, y combinando las dos restricciones presupuestarias, se llega a la formulación siguiente del problema del agricultor.

$$\max_{x,l} E(\log(y^f(x, l, z, \hat{m}, p_l) - p_a \bar{a}))$$

sujeto a las restricciones presupuestarias,

$$y^f(x, l, z, \hat{m}, p_l) = p_a f(x, l, z) + r_s(\hat{m})(\hat{m} + p_l \hat{l} + b - p_x x - p_l l) - b r_b$$

$$b \geq 0$$

$$\hat{m} + p_l \hat{l} + b - p_x x - p_l l \geq 0$$

En palabras, el agricultor debe decidir la cantidad óptima de bienes intermedios de producción y tierra, tomando en cuenta los beneficios, riesgos y costos de estas decisiones. Derivando las condiciones de primer orden de este problema, se puede comenzar a entrever los costos

$$x : E\left(\frac{p_a [\theta(xz)^\rho + (1-\theta)(l)^\rho]^{\frac{2}{\rho}-1} \gamma \theta z^\rho x^{\rho-1}}{y^f(x, l, z, \hat{m}, p_l) - p_a \bar{a}}\right) = \quad (1)$$

$$r_s(\hat{m}) p_x E\left(\frac{1}{y^f(x, l, z, \hat{m}, p_l) - p_a \bar{a}}\right) + p_x \lambda_s$$

$$l : E\left(\frac{p_a [\theta(xz)^\rho + (1-\theta)(l)^\rho]^{\frac{2}{\rho}-1} \gamma (1-\theta) l^{\rho-1}}{y^f(x, l, z, \hat{m}, p_l) - p_a \bar{a}}\right) = \quad (2)$$

$$r_s(\hat{m}) p_l E\left(\frac{1}{y^f(x, l, z, \hat{m}, p_l) - p_a \bar{a}}\right) + p_l \lambda_s$$

$$b : (r_s(\hat{m}) - r_b) E\left(\frac{1}{y^f(x, l, z, \hat{m}, p_l) - p_a \bar{a}}\right) = -\lambda_b - \lambda_s \quad (3)$$

Una variable clave para el análisis es la productividad de las unidades agrícolas manejadas por agentes con distintos niveles de riqueza. Esta está determinada por la intensidad en el uso de bienes intermedios de producción por unidad de tierra, así que es fundamental analizar los factores que afectan esta decisión. Combinando las ecuaciones (1) y (2), la siguiente expresión determina el nivel óptimo de

uso de bienes intermedios de producción por unidad de tierra.

$$\frac{x}{l} = \left( \frac{\theta}{(1-\theta)p_x} \right)^{\frac{1}{1-\rho}} * \left( \frac{E(g(x, l, z, \hat{m}, p_l))}{E(g(x, l, z, \hat{m}, p_l)z^\rho)} \right)^{\frac{1}{1-\rho}(1-\frac{2}{\rho})}. \quad (4)$$

$$g(x, l, z, \hat{m}, p_l) = \frac{[\theta(xz)^\rho + (1-\theta)(l)^\rho]^{\frac{\gamma}{\rho}-1}}{y^f(x, l, z, \hat{m}, p_l) - p_a \bar{a}}$$

La ecuación (4) muestra cómo la variación en el uso de bienes intermedios de producción está determinada por dos componentes. El primero refleja los efectos de los precios relativos en la decisión, lo cual es consistente con otras investigaciones sobre el tema. Restuccia, Yang y Zhu (2008), por ejemplo, interpretan  $p_x$  como distorsiones de precios inducidos por políticas públicas. En su teoría, la regulación existente en algunas economías emergentes encarecen el precio de bienes intermedios de producción con respecto al valor de la tierra, lo que mitiga su uso. El segundo término es nuevo y refleja la aversión al riesgo inducida por el requisito mínimo de subsistencia presente en las preferencias. Dado que la tierra es una inversión riesgosa y el uso de bienes intermedios puede incrementar este riesgo, los agricultores toman esto en consideración al seleccionar la fracción óptima de bienes intermedios por unidad de tierra. Una segunda variable de interés es el tamaño óptimo de las unidades agrícolas (i. e. la demanda de tierra) escogida por agricultores con distintos niveles de riqueza. Cuanta tierra es utilizada por cada agricultor depende de si el agricultor es lo suficientemente rico como para autofinanciar la compra de tierra e insumos o si necesita recurrir a préstamos para operar. Por lo tanto, se procede ahora a derivar la demanda de tierra para agentes con distintas escogencias óptimas de préstamo y ahorros.

El primer paso es notar que los agentes ahorran o piden préstamos en el modelo, pero no hacen ambas al mismo tiempo.<sup>18</sup> Intuitivamente, dado que la tasa de retorno de ahorro es menor a la tasa de interés del préstamo, nadie que está dispuesto a prestar por una tasa de interés alta estaría dispuesto a invertir estos recursos por un retorno más bajo. Consecuentemente, dependiendo del nivel de riqueza inicial, los agricultores pueden adoptar tres

comportamientos posibles. Los agricultores más ricos ( $\lambda_s = 0, \lambda_b > 0$ ) toman parte de su riqueza y la colocan en la cuenta de ahorro a la que tienen acceso; además, estos producen con una tasa marginal de retorno que equivale al retorno de esta cuenta de ahorro. Su demanda por tierra está por tanto directamente afectada por la tasa de retorno de ahorro, como se puede ver al combinar las ecuaciones (2) y (3).

$$l^r = \left( \gamma(1-\theta) \frac{p_a}{p_l} \right)^{\frac{1}{1-\rho}} \left( \frac{1}{r_s(\hat{m})} \right)^{\frac{1}{1-\rho}} \left( \frac{E(g(x, l, z, \hat{m}, p_l))}{E(\frac{1}{y(x, l, z, \hat{m}, p_l) - p_a \bar{a}})} \right)^{\frac{1}{1-\rho}} \quad (5)$$

En contraste, los agricultores más pobres ( $\lambda_s > 0, \lambda_b = 0$ ) necesitan ahorrar para financiar la compra de bienes intermedios para la producción agrícola. Estos agentes operan con una mezcla de tierra y bienes intermedios tales que la utilidad marginal de una unidad invertida en tierra equivale a la utilidad sacrificada por la reducción de consumo en el segundo período cuando se tenga que pagar la deuda. Esta intuición se refleja en la siguiente expresión de demanda de tierra para los agricultores más pobres, la cual tiene una forma similar a la de los ricos pero toma en cuenta el costo de oportunidad de tomar el préstamo –y no de ahorrar– como factor en la ecuación.

$$l^p = \left( \gamma(1-\theta) \frac{p_a}{p_l} \right)^{\frac{1}{1-\rho}} \left( \frac{1}{r_b} \right)^{\frac{1}{1-\rho}} \left( \frac{E(g(x, l, z, \hat{m}, p_l))}{E(\frac{1}{y(x, l, z, \hat{m}, p_l) - p_a \bar{a}})} \right)^{\frac{1}{1-\rho}} \quad (6)$$

Finalmente, los agentes que se encuentran en el medio de estos dos grupos ( $\lambda_s = 0, \lambda_b = 0$ ) encuentran las tasas de interés demasiado altas como para pedir un préstamo y las tasas de retorno sobre sus ahorros muy bajas como para competir con el retorno que pueden obtener invirtiendo en sus propias tierras. Como resultado, estos agentes producen, pero lo hacen sin recurrir al sistema financiero. El tamaño de su unidad agrícola  $l^m$  se encuentra como resultado en medio de la unidades agrícolas de los dos extremos anteriormente descritos

$$l^p < \left( \gamma(1-\theta) \frac{p_a}{p_l} \right)^{\frac{1}{1-\rho}} \left( \frac{1}{r_b} \right)^{\frac{1}{1-\rho}} \left( \frac{E(g(x, l, z, \hat{m}, p_l))}{E(\frac{1}{y(x, l, z, \hat{m}, p_l) - p_a \bar{a}}) r_b - \lambda_b} \right)^{\frac{1}{1-\rho}} = \\ l^m = \left( \gamma(1-\theta) \frac{p_a}{p_l} \right)^{\frac{1}{1-\rho}} \left( \frac{1}{r_s(\hat{m})} \right)^{\frac{1}{1-\rho}} \left( \frac{E(g(x, l, z, \hat{m}, p_l))}{E(\frac{1}{y(x, l, z, \hat{m}, p_l) - p_a \bar{a}}) + \frac{\lambda_s}{r_s(\hat{m})}} \right)^{\frac{1}{1-\rho}} < l^r$$

Este análisis resalta cómo los agricultores escogen entre los costos y beneficios del ahorro, los préstamos y sus patrones de inversión. Mientras que las decisiones de los

<sup>18</sup> Para derivar este resultado, considérese la ecuación 3. Debido a que los agentes deben consumir por arriba del mínimo de subsistencia,  $y(x, l, z, \hat{m}, p_l) > p_a \bar{a}$ , y  $r_s(\hat{m}) - r_b < 0$ , no puede ser el caso de que los dos multiplicadores de Lagrange sean cero. Por lo tanto, los agentes deben ser ahorradores o prestamistas, pero no ambos.

agricultores más pobres son afectadas por la tasa sobre préstamos a la que tienen acceso, este no es el caso para los agricultores más ricos. Además, como es el caso con el uso de bienes intermedios por unidad de tierra, la decisión del tamaño óptimo de la unidad de operación agrícola puede descomponerse también en tres componentes: 1) el efecto del precio relativo de la tierra con respecto a los bienes de consumo. 2) el costo de oportunidad de adquirir préstamos o ahorrar, y 3) el término del riesgo implicado por inversiones agrícolas. Como antes, este último término depende del nivel inicial de riqueza del agricultor, lo cual es importante analizar. En el modelo, los individuos más ricos están dispuestos a tomar más riesgos; por lo tanto, estos demandan más tierra e invierten más en bienes intermedios de producción. Un corolario de este resultado es que una hectárea de tierra es más productiva cuando forma parte de una unidad agrícola grande, las cuales son únicamente poseídas por agricultores ricos. La distribución de la tierra resultante del modelo tiene dos implicaciones. Por un lado, las unidades agrícolas más grandes son más productivas. Por el otro, debido a que la producción agrícola es riesgosa y por tanto menos valiosa para los agricultores pobres, estos serán los primeros en dejar la producción agrícola y salir hacia la estabilidad provista por el sector manufacturero.

### 3.5.3 Decisión ocupacional

Como último paso en la solución del modelo por inducción retroactiva, se considera la decisión ocupacional del agente. El trabajar como agricultor independiente o salir hacia el otro sector depende de cómo se compara la utilidad de trabajar en el sector manufacturero con la utilidad esperada de dedicarse a la producción agrícola, tomando en cuenta las decisiones óptimas de préstamos, ahorro, e inversiones anteriormente derivadas. La decisión es entonces dada por una función  $F(\hat{m})$ , donde  $F \in \{0,1\}$  es la cantidad de trabajo dedicado a la agricultura, y

$$F(\hat{m}) = \begin{cases} 1 & E(\log(y^f(x(\hat{m}), l(\hat{m}), z, \hat{m}, p_t) - p_a \bar{a})) > \log(y^n(\hat{m}, p_t) - p_a \bar{a}) \\ 0 & \text{en caso contrario} \end{cases}$$

Como se argumentó, las unidades agrícolas poseídas por agentes más ricos son más productivas y –como resultado de la ARR decreciente en riqueza– la agricultura es más valiosa para estos agentes. Por lo tanto, la decisión de convertirse en agricultor está determinada por un punto límite  $\bar{c}$  tal que  $F(\hat{m}) = 1$  para todo  $\hat{m} > \bar{c}$  y cero en el caso contrario. La clave de este mecanismo es que el

número de agricultores en la economía –y por lo tanto el tamaño promedio de tierra– es una función de la diferencia entre las utilidades esperadas en los dos sectores. Esta diferencia es en sí el resultado de la mecánica del sector agrícola, la opción alternativa ofrecida por los salarios en el sector manufacturero, y el nivel de desarrollo del sistema financiero reflejado en las tasas de interés en cuentas de ahorro disponibles. Es importante resaltar el papel que juega la tasa sobre ahorros en esta economía. Tomando como fijos el salario manufacturero, los precios, y los parámetros de la función de producción, una reducción en la tasa sobre ahorros reduce los beneficios de trabajar en el sector manufacturero (ya que  $y^n(\hat{m}, p_t) = r_s(\hat{m})(\omega + \hat{m} + p_t \bar{l})$ , lo que hace al sector agrícola más atractivo. Consecuentemente, una reducción en la tasa de ahorros disponible incrementa el número de (pequeños) agricultores y reduce el tamaño promedio de las unidades agrícolas. Este mecanismo, en última instancia, es el que produce una depresión en la productividad agrícola agregada.

### 4. Solución y simulación numérica del modelo

Para ilustrar los efectos de la tasa de interés sobre ahorros en la distribución de la tierra y la productividad agrícola agregada, se computa un ejemplo numérico. Este ejercicio no pretende proveer predicciones cuantitativas exactas, sino ilustrar las predicciones cualitativas del mecanismo discutido anteriormente. Como resultado, y dada la naturaleza abstracta y reducida del modelo, no se procede a una calibración formal del mismo sino a la escogencia de parámetros apropiados que ilustren la mecánica del modelo. Para la función de producción y preferencias, uso parámetros utilizados por Adamopoulos y Restuccia (2013), quienes calibran una función de productividad usando datos del censo agropecuario de EE. UU. y utilizan esta función para analizar diferencias internacionales en productividad agrícola. En particular, se escogen  $\theta = .89$ ,  $\gamma = .54$ , y  $\rho = 24$  para replicar las proporciones observadas de tierra y capital con respecto a producción, así como la razón de capital agrícola por unidad de tierra. Debido a que  $x$  es interpretado como capital agrícola en su modelo, esta parametrización exagera el rol de los bienes intermedios de producción en el modelo desarrollado anteriormente pero retiene las propiedades cualitativas asociadas con los retornos decrecientes a escala y la complementariedad de la tierra y los bienes intermedios en la producción.



Similarmente, los parámetros  $\bar{\alpha} = .035$  y  $\alpha = .01$  –los cuales son calibrados para replicar el porcentaje de empleo agrícola en un ambiente distinto– también son utilizados para ilustrar propiedades cualitativas. Este análisis se abstiene de modelar explícitamente los efectos de precios internacionales y de PTF para aislar el mecanismo en cuestión, y por lo tanto se utilizan  $p_a = 1, p_x = 1$  y  $A = I$ . Finalmente, con fines de simplificar la ilustración del mecanismo, el choque de productividad  $z$  puede tomar dos valores,  $\{\bar{z} - \delta_z, \bar{z} + \delta_z\}$ , con igual probabilidad, donde  $\bar{z} = 1$  y  $\delta_z$  son escogidos ad hoc de tal forma que el riesgo de invertir en tierra sea lo suficientemente bajo para que algunos agentes se unan a la agricultura pero lo suficientemente alto para que algunos agentes trabajen en el sector manufacturero dados los otros parámetros del modelo.<sup>19</sup>

En la siguiente sección, estadísticas de productividad agrícola agregada son computadas para economías con distintos niveles de desarrollo financiero. Después los mecanismos, a través de los cuales las diferencias en productividad agregada surgen, son analizados.

#### 4.1 Simulaciones en equilibrio competitivo

Se considera una economía donde la riqueza está distribuida uniformemente, pero la mitad más rica de la población tiene acceso a una mejor tasa sobre ahorros que la mitad más pobre. En concreto, la mediana de la distribución inicial de los bienes manufactureros  $\tilde{m}$  es tal que  $r_s(\tilde{m}) = r_s^r$  para todo  $\tilde{m} \geq \tilde{m}$  y  $r_s(\tilde{m}) = r_s^p = r_s^r - \delta_r$  para todo  $\tilde{m} < \tilde{m}$ . Intuitivamente,  $\delta_r$  refleja el nivel de subdesarrollo de las opciones de ahorro disponibles para la parte más pobre de la población. Debido a que no se tiene información detallada acerca de las tasas sobre ahorros y préstamos para la parte más pobre de la población, los valores  $r_s^r = 6\%$  y  $r_s^p = 10\%$  son ingresados ad hoc al modelo con valores razonables dados los datos disponibles.<sup>20</sup> La

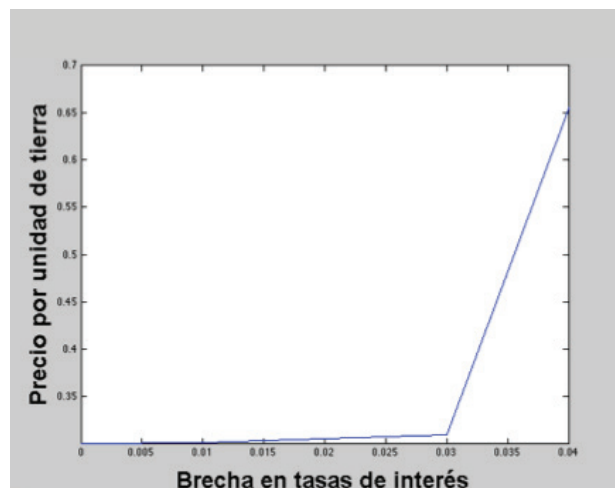
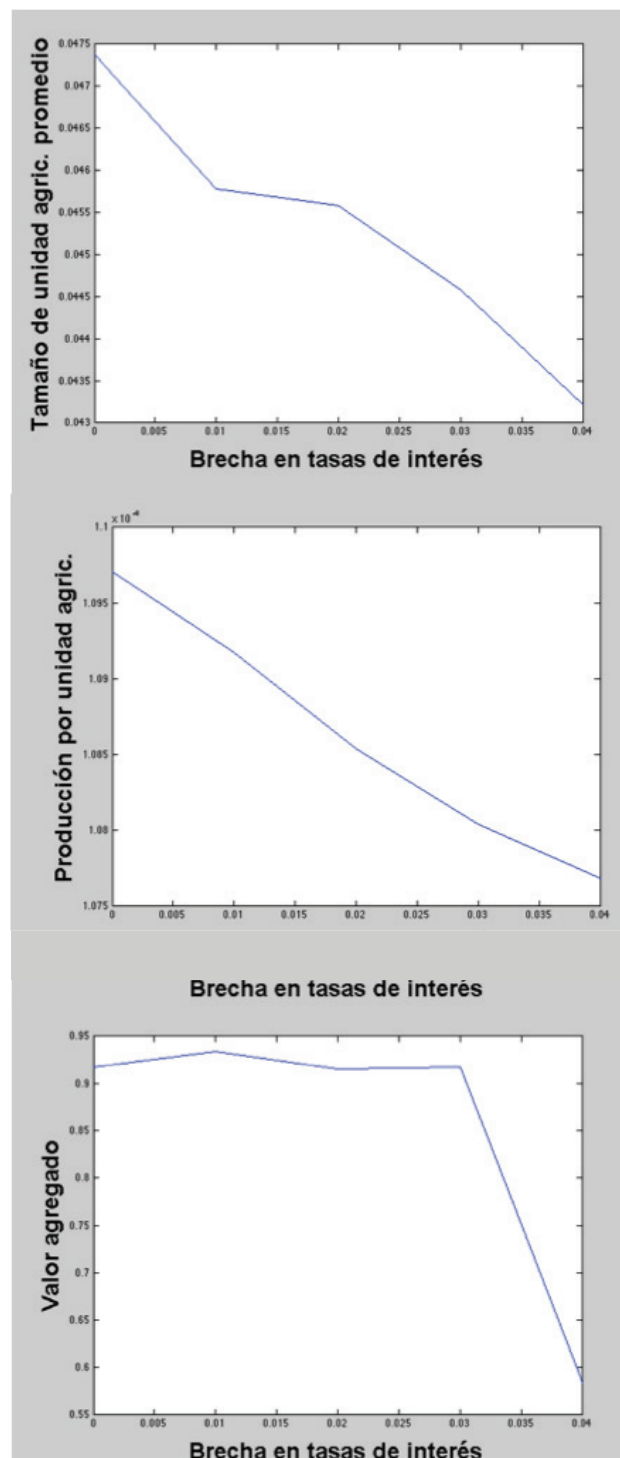
gráfica 2 presenta estadísticas agregadas de los distintos equilibrios cuando se aumenta la brecha de tasas de interés  $\delta_r$ . De esta forma, la tasa de retorno de instrumentos de ahorro disponibles para los pobres disminuye de izquierda a derecha mientras nos movemos hacia un sistema financiero menos desarrollado. Varias características de esta gráfica son reveladoras. Como primer punto, la reducción de la tasa disponible sobre ahorros induce una caída en el tamaño promedio de las unidades agrícolas. Esto ocurre porque la caída en dicha tasa disminuye los beneficios de vender la dotación de tierra y trabajar como asalariado en el sector manufacturero. Como resultado, agentes anteriormente indiferentes son motivados a permanecer como agricultores por la reducción de la tasa, lo que aumenta el número total de agricultores y reduce el tamaño de las unidades agrícolas. Como segundo punto, el precio de la tierra incrementa como resultado de la demanda incrementada de tierra. Este resultado proviene de modelar la tierra solamente como medio de producción agrícola. El subdesarrollo financiero, en este caso, causa un aumento en el número de agricultores, lo que aumenta los precios. No obstante, cabe aclarar que este fenómeno no estaría presente en un modelo donde otro sector menos desarrollado en economías emergentes compitiera por las mismas unidades de tierra, y no cambiaría las otras predicciones del modelo. Debido a que estamos interesados en aislar la dinámica de la distribución de tierra y productividad agrícola en esta investigación, se evita modelar más explícitamente al sector manufacturero sin afectar de ninguna forma los resultados cualitativos del modelo.

Finalmente, y como punto más importante, las bajas tasas de interés sobre ahorro disponible producen una depresión en la productividad agrícola agregada. Esto ocurre porque más agentes con pocos recursos se dedican a la agricultura cuando existe menos acceso a instrumentos de ahorro con tasas más altas de interés. Como consecuencia de tener más agricultores con poco poder adquisitivo, el producto agregado por unidad agrícola cae y el valor agregado del sector agrícola se reduce. Este razonamiento produce el resultado principal de esta sección: que la depresión en las tasas sobre ahorros producen una de distribución de tierra improductiva. En otras palabras, cuando agricultores pobres no están integrados a un sistema financiero desarrollado, estos utilizan la tierra como medio de ahorro y deprimen así la productividad agregada del sector agrícola.

<sup>19</sup> En el modelo, si no hay riesgo, todos los agentes escogerían ser agricultores dado que esto ofrecería un retorno más alto. Similarmente, si hay demasiado riesgo, nadie sería agricultor. El valor  $\delta_z = .25$  se escoge para ilustrar el caso donde hay tanto agricultores como trabajadores asalariados en el sector manufacturero dados los otros parámetros del modelo.

<sup>20</sup> En los datos, la brecha promedio entre las tasas de ahorro y préstamos es 4.4%.

Gráfica 2: Resultados de equilibrio para economías con distinto grado de desarrollo financiero



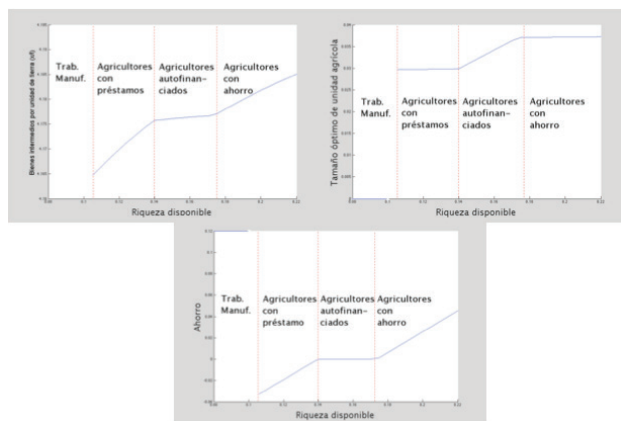
Nota: Equilibrios para diferentes tasas de interés sobre ahorros. Las dotaciones de los bienes de manufactura son uniformes. Los parámetros utilizados para la simulación son  $\theta = .89, \gamma = .54, \rho = .24, A = 1, \bar{a} = .0035, \alpha = .01, L = .035, p_a = 1, p_x = 1, z = 1, \delta_z = .25, \omega = \bar{a}p_a, \eta_b = 1.1, r_s^r = 1.06$ .

#### 4.2 Comportamiento de los agentes individuales

Los resultados de equilibrio competitivo mostrados son causados por el comportamiento diferenciado de agentes con distintos niveles de riqueza. Para clarificar la conexión entre el comportamiento de agentes individuales y los resultados agregados de equilibrio computados, a continuación se fija el precio de la tierra y se analizan las decisiones de agentes individuales. La gráfica 3 muestra el nivel óptimo de tierra, bienes intermedios de producción, ahorro y préstamos para agentes con distintos niveles de riqueza, tomando como fijas las tasas de interés sobre ahorros y préstamos ( $r_b, r_s(\hat{m}) = r_s$ ). Se pueden observar *cuatro tipos de comportamiento* dependiendo de la dotación inicial de riqueza: *trabajo en manufactura, agricultura con préstamos, agricultura autofinanciada, y agricultura con ahorro*. En los niveles más bajos de la distribución de riqueza, los agentes más pobres son más aversos al riesgo de inversiones agrícolas y tienen menos recursos para invertir en bienes intermedios de producción para sus tierras. Estos agentes encuentran que los beneficios de vender sus tierras, trabajar en el otro sector y ahorrar los ingresos de estas operaciones resultan mayores que los beneficios de ser agricultor.

$U(y^n(\hat{m}, p_i)) > E(U(y^f(x(\hat{m}), l(\hat{m}), z, \hat{m}, p_i)))$ . En adición, la decisión de unirse al sector manufacturero está afectada por la tasa sobre ahorros disponible. Esto es porque la tasa sobre ahorros afecta el valor de vender la tierra y trabajar en el sector manufacturero. Un agente que deja la agricultura tiene  $y^n(\hat{m}, p_i) = r_s * (\hat{m} + p_i * \hat{l})$  recursos disponibles para el consumo en el segundo período; por lo tanto, una caída en la tasa sobre ahorros hace la opción de dejar la agricultura menos atractiva. Al movernos de un sistema financiero desarrollado a uno menos desarrollado, hay un desplazamiento hacia la izquierda del primer corte de la gráfica 3, ya que un agente anteriormente indiferente ahora encuentra menos valor en vender su tierra. Como resultado, más agentes se vuelven agricultores cuando se reducen las tasas sobre los ahorros disponibles para los más pobres. Es este mecanismo el que está detrás de la baja en el tamaño de la unidad agrícola promedio en equilibrio ya ilustrada en la gráfica 2.

Gráfica 3: Comportamiento de las unidades agrícolas por nivel de riqueza disponible



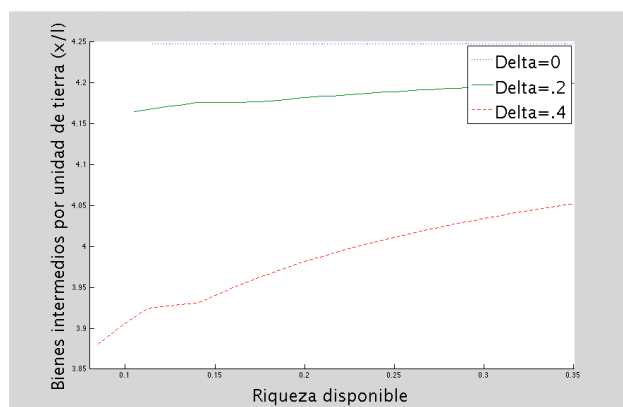
Nota: El tamaño óptimo de la unidad agrícola ( $l$ ), el uso de bienes intermedios de producción ( $x/l$ ), y el ahorro ( $s$ ) son presentados. Los parámetros utilizados son  $\theta = .89, \gamma = .54, \rho = .24, A = 1, \bar{a} = .0035, \alpha = .01, L = .035, p_a = 1, p_x = 1, z = 1, \delta_z = .25, \omega = \bar{a}p_a, \eta_b = 1.1, r_s^r = 1$ .

Enfocándonos ahora en agentes con ligeramente más poder adquisitivo en la gráfica 3, podemos observar que estos comienzan a tolerar el riesgo de inversiones agrícolas, pero necesitan de préstamos para poder producir. Asimismo, mientras se incrementa la riqueza,

los agentes dejan eventualmente de pedir préstamos y el caso medio de agricultores autofinanciados aparece. Un agente con un nivel de riqueza dentro de este rango halla las tasas de interés sobre préstamos demasiado caras y encuentra mejores retornos en inversiones dentro de su propia unidad agrícola que en los instrumentos de ahorro disponibles. Como resultado, este agente medio no ahorra ni presta, sino que financia su producción de su propio bolsillo. Finalmente, los agentes más ricos tienen suficiente poder adquisitivo para la producción agrícola y contar con un excedente para el ahorro. Estos también invierten más en bienes intermedios de producción, y son por lo tanto los que dirigen las unidades agrícolas más productivas. En adición, la gráfica 3 muestra que el uso de tierra y bienes intermedios son crecientes con respecto a la de los recursos disponibles dentro de los cuatro tipos de comportamiento mencionados. Esto es el reflejo de la aversión relativa al riesgo decreciente inducida por el requisito mínimo de subsistencia que puede ser inferido en el último término de las ecuaciones (4), (5), y (6). Con el propósito de clarificar la mecánica a través de la cual el riesgo afecta las decisiones de inversión de los agricultores la gráfica 4 presenta la proporción óptima de bienes intermedios por unidad de tierra ( $x/l$ ) para agricultores con distintos niveles de riqueza, tomando el precio de la tierra como fijo. Cada línea representa la decisión óptima de los agricultores para distintas transformaciones de la distribución de riesgo  $h_z(z)$  que aumentan la varianza pero preservan la media (en este caso, distintos valores de  $\delta_z$ ). Con ausencia de riesgo ( $\delta_z = 0$ ), el último término de la ecuación 4 desaparece, y el uso de bienes intermedios de producción es independiente del nivel de riqueza como lo muestra la línea horizontal en la gráfica 4. Cuando el riesgo aumenta, este término se vuelve relevante y reduce la demanda de bienes intermedios de producción, lo cual se refleja en la gráfica como un desplazamiento hacia abajo de las curvas. Por otra parte, debido a que el nivel mínimo de subsistencia induce ARR decreciente con respecto a riqueza, las diferencias en el uso de los bienes intermedios de producción son mucho mayores mientras nos acercamos al nivel mínimo de subsistencia a la izquierda de la gráfica. Este es precisamente el principal conductor de las diferencias de productividad entre unidades agrícolas grandes y pequeñas dentro de cada tipo de comportamiento descrito. Es por esto que, dentro de cada categoría de agricultor, el uso de bienes intermedios y la productividad por unidad agrícola es creciente con la riqueza. Este efecto del riesgo, por lo tanto, explica la

pendiente positiva de las curvas para cada grupo del gráfico 3. También revela por qué al movernos de un sistema financiero desarrollado hacia uno subdesarrollado, como ilustra el gráfico 2, el tamaño promedio de las unidades agrícolas causa una caída en la productividad. Los agricultores más pobres son más sensibles al riesgo y por tanto menos productivos; como consecuencia, las bajas tasas de interés sobre ahorros producen más agricultores pobres, pequeños e improductivos.

Gráfica 4: Uso de bienes intermedios por nivel de riesgo



Nota: Delta se refiere al rango de los valores posibles de  $z$ . Los parámetros utilizados son  $\theta = .89, \gamma = .54, \rho = .24, A = 1, \bar{a} = .0035, \alpha = .01, L = .035, p_a = 1, p_x = 1, z = 1, \delta_z = .25, \omega = \bar{a}p_a, \eta_b = 1.1, \tau_z^r = 1$

## 5. Evidencia empírica

A continuación se presenta evidencia transversal internacional para apoyar tres resultados del modelo desarrollado: 1) El subdesarrollo financiero está asociado con la distribución de la tierra; 2) El promedio de la unidad agrícola promedio incrementa el uso de bienes intermedios de producción que aumentan la productividad por unidad de tierra; y 3) inversiones altas en bienes intermedios de producción están positivamente correlacionados con la productividad agrícola agregada. A continuación se describen los datos a utilizarse y se procede a la presentación de los resultados.

### 5.1 Descripción de los datos

Medidas de productividad agrícola agregada y la distribución de tierra entre unidades agrícolas compilada por

Vollrath (2007) para 92 países se utilizan para nuestro análisis. Además, datos sobre la distribución de la tierra, originalmente recopilados por Deninger y Squire (1998), provienen de los censos agrícolas compilados por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, por sus siglas en inglés) que datan del período 1953 a 1993. Hay más de una observación para tan solo 54 países de la muestra, así que solo se utiliza la muestra más reciente para el análisis transversal de los datos. La medida utilizada para medir la distribución de la tierra es el tamaño promedio de las unidades agrícolas para cada país, donde una unidad agrícola se define como una “unidad económica de producción bajo una sola gerencia”, sin tomar en cuenta quién es el propietario legal. Variables sobre producción y trabajo se obtienen de FAOSTAT, así como una medida de uso de fertilizante que sirve como *proxy* de los bienes intermedios de producción. Acorde con la investigación existente sobre productividad agrícola, el índice de calidad de tierra de Peterson (ICTP) cuya elaboración se detalla en Peterson (1987) es utilizado para controlar por diferencias en la calidad de la tierra. Esto consiste en el valor predicho de tierra agrícola por hectárea dividido por el valor promedio de tierra agrícola de todos los países. El logaritmo del valor de la tierra por acre es en sí un promedio ponderado del porcentaje de tierras no irrigadas con cosechas, el porcentaje de tierras irrigadas, y el logaritmo del promedio de largo plazo de la precipitación anual.<sup>21</sup>

Por otra parte, datos sobre tasas de ahorro y desarrollo financiero se recopilaron de la Base de Datos de Desarrollo Financiero y Estructura del Banco Mundial ensamblados originalmente por Beck et al y actualizados en 2013. La medida relevante de estos datos es la brecha en las tasas de interés entre depósitos y préstamos. Se utiliza esta medida tanto porque es una estadística ampliamente utilizada para medir el desarrollo financiero en la investigación existente, como porque provee un *proxy* de los retornos disponibles a los ahorradores comerciales agrícolas en comparación con los retornos disponibles a los agentes más ricos de otros sectores que tienen acceso a otros instrumentos de inversión tanto en la economía local como extranjera. Finalmente, se adoptará una estrategia de variables instrumentales para intentar apaciguar los riesgos de endogeneidad en las regresiones. Con este fin, datos sobre *orígenes legales* compilados por LaPorta et al (1999) son utilizados. Esta base de datos clasifica los

<sup>21</sup> Los coeficientes para la ponderación son derivados de los datos del censo agrícola de EE. UU. Por lo tanto, la medida de calidad de tierra es el valor de producción de tierras estadounidenses con las mismas características geográficas y climáticas.



sistemas legales de cada país con las tradiciones legales británicas, francesas, socialistas, escandinavas, y alemanas y, a pesar de los problemas asociados con la validez de la restricción de exclusión, han sido utilizados en una variedad de estudios como una fuente exógena de variación de los niveles de desarrollo financiero.

## 5.2 Variación en la distribución de tierra, desarrollo financiero y producción agrícola

Existe gran variación en la distribución de tierra, productividad y desarrollo financiero entre países. Mientras que la mediana del tamaño de unidades agrícolas en África del Sub-Sahara se encuentra alrededor de 2.3 Ha, esta es 20 Ha en los países de la OCDE, y la variación es significativa dentro de cada una de estas regiones. Además, como se mencionó en la introducción, la productividad agrícola varía mucho más que las medidas de productividad total a través de países, lo cual es consistente con la varianza en la producción agrícola por unidad de tierra y trabajador (medida como la producción medida con precios internacionales una vez deducidos los gastos de insumos de producción) y el uso de fertilizantes que se incluyen en la Tabla 1.<sup>22</sup> En adición, las brechas en las tasas de interés también varían, con brechas más pequeñas en los países de la OCDE y las peores en Latinoamérica y África. Las secciones a continuación utilizan esta variación y emplean esta medida como *proxy* para las tasas de ahorro disponibles a distintas partes de la población en los países de la muestra.

Tabla 1: Estadísticas descriptivas

Variable	Promedio	Desviación Standard	Min.	Max.	N
Producción agric. por Ha	580.442	739.115	6.004	4847	91
Producción agric. por trabajador	5682.13	9967.435	34.044	38345	89
Unidad agrícola promedio (Ha)	70.247	378.771	0.8	3601	91
Fertilizante por Ha	58.694	82.788	0*	357	87
Población agric. Ha	0.364	0.53	0.001	3.026	89
Brecha en tasas de interés	4.418	2.67	0.706	13.28	88
Calidad de tierra (ICTP)	102.7	45.555	27	249	80
Tierra agric. irrigada (%)	0.088	0.151	0**	0.743	86
Tierra agric. (Miles de Ha)	29910.963	76182	12	464481	82
Gini (ingresos)	40.716	9.461	23.94	60.84	79

\* El uso de fertilizante más bajo es de Mali con 0.0004.

\*\* El porcentaje más bajo de tierras irrigadas es Botswana con 0.00004.

Nota: Datos agrícolas provienen del censo agrícola más reciente disponible.

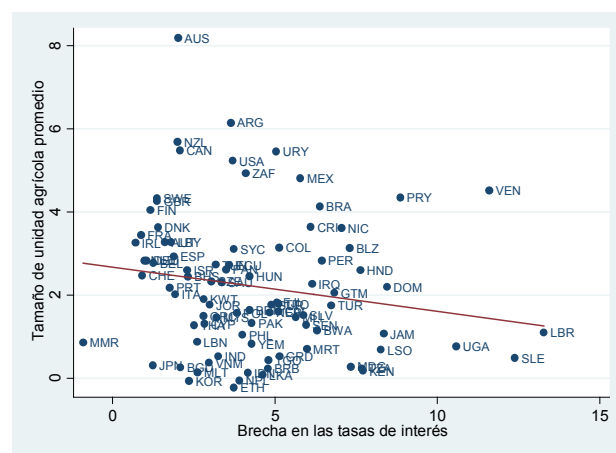
La brecha en tasas de interés es el promedio por país de los años en la muestra.

<sup>22</sup> La calidad de tierra juega un papel importante en explicar la variación ya que países con la productividad más baja tienden a tener regiones desérticas clasificadas como tierra agrícola. Sin embargo, estas diferencias permanecen una vez se incluye un control por diferencias en calidad de tierra.

## 5.3 Evidencia sobre el impacto del desarrollo financiero en el tamaño promedio de las unidades agrícolas

La gráfica 5 relaciona la brecha en las tasas de interés con el logaritmo del tamaño promedio de las unidades agrícolas. Como esperado, el poder predictivo de esta medida de desarrollo financiero es bastante bajo, con la densidad poblacional jugando un papel fundamental en países como Australia y Argentina. La tabla 2 toma en cuenta esta variable y, siguiendo la metodología de la investigación en economía agrícola comparada, añade el ICTP para controlar por diferencias en la calidad de la tierra. Un control en la inequidad de los ingresos también es añadido. Una vez se incluyen estos controles, patrones emergen. Como lo sugiere el modelo teórico, los países que están menos desarrollados financieramente exhiben unidades agrícolas promedio más pequeñas. Además, la magnitud de los resultados es significativa, ya que un incremento de un punto porcentual en el *spread* está asociado con un aumento de 10-20% en el tamaño promedio de las unidades agrícolas.

Gráfica 5: Tamaño de unidad agrícola promedio por brecha en las tasas de interés



Interpretar el coeficiente de esta regresión lineal como un efecto causal, sin embargo, es problemático por la posibilidad de un sesgo producto de la omisión de variables no observadas. Puede ser el caso de que haya variables correlacionadas tanto con el desarrollo financiero como con la inequidad en la distribución de la tierra. Como un intento para corregir este problema, se sigue la metodología utilizada por investigaciones sobre



desarrollo financiero y por tanto se utiliza el origen legal de cada país como variable instrumental. Es importante mencionar, sin embargo, que cabe la posibilidad de que los orígenes legales afecten la distribución de tierra por una variedad de canales que van más allá del desarrollo financiero.<sup>23</sup> Habiendo mencionado esta consideración, se reportan no obstante los resultados del modelo de variable instrumental en la tabla 2, los cuales indican un efecto causal negativo aunque no estadísticamente significativo. En conjunto, los datos son consistentes con las correlaciones predichas por el modelo entre desarrollo financiero y la distribución de tierra.

Tabla 2: Logaritmo de la unidad agrícola promedio (Ha)

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Brecha en tasas de interés	-0.123 (0.066)	-0.102 (0.051)	-0.108 (0.055)	-0.204** (0.066)	-0.321 (0.291)
Log trabajadores por Ha		-0.675*** (0.089)	-0.697*** (0.121)	-0.635*** (0.125)	-0.582** (0.185)
ICTP			0.000540 (0.004)	-0.000221 (0.005)	-0.00134 (0.006)
Log tierra irrigada				-0.639 (1.357)	-1.022 (1.712)
Gini (ingresos)				0.0410* (0.019)	0.0586 (0.045)
Constante	2.767*** (0.340)	1.376*** (0.322)	1.330 (0.744)	0.431 (0.966)	0.507 (1.071)
N	88	86	78	73	72
R <sup>2</sup>	0.039	0.432	0.455	0.497	0.474
F	3.460	31.60	20.63	13.24	10.91
Instrumentos					OL

Errores estándar en paréntesis.

\*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.01$ , \*\*\*  $p < 0.001$

#### 5.4 Evidencia sobre el impacto del tamaño de las unidades agrícolas sobre la inversión en bienes intermedios de producción.

La gráfica 6 indica la correlación entre el tamaño promedio de las unidades agrícolas y el uso de bienes intermedios de producción. Una correlación positiva es notable, aunque el efecto de los ingresos totales del país explican buena parte de la varianza entre países. La tabla 3 presenta regresiones que controlan tanto por calidad de tierra como por ingresos nacionales. Los ingresos agregados son incluidos en esta regresión para controlar por la productividad de otros sectores ya

que estamos interesados en el efecto de la distribución de tierra sobre el uso de bienes intermedios. Se puede ver que los ingresos no son significativos en esta regresión y que el tamaño promedio de las unidades agrícolas permanece positivamente asociado con el uso de fertilizante por hectárea. De esta forma, la correlación positiva generada por el modelo entre el tamaño promedio de las unidades agrícolas y los bienes intermedios de producción es consistente con el patrón observado en la evidencia empírica entre países.

Gráfica 6: Log. de utilización de fertilizante por Ha por tamaño de unidad agrícola promedio

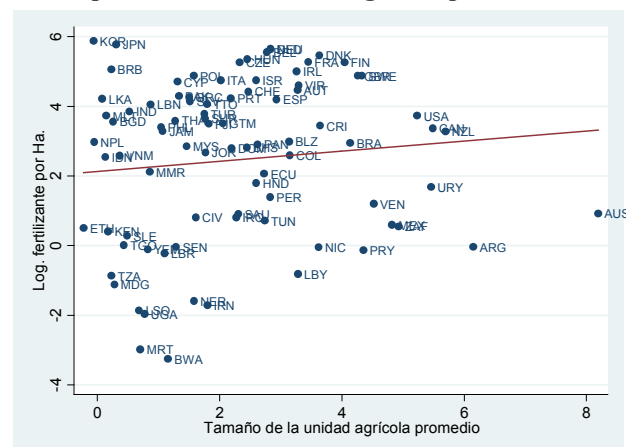


Tabla 3: Logaritmo del uso de fertilizante por Ha

	(1)	(2)	(3)
Log unidad agrícola promedio	0.146 (0.163)	0.463** (0.159)	0.411** (0.145)
ICTP		0.0312*** (0.006)	0.0245*** (0.006)
Log tierra irrigada			5.588** (1.973)
Log PIB			5.05e-13 (0.000)
Constante	2.127*** (0.456)	-1.784* (0.854)	-1.370 (0.836)
N	87	80	71
R <sup>2</sup>	0.009	0.271	0.399

Errores estándar en paréntesis.

\*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.01$ , \*\*\*  $p < 0.001$

<sup>23</sup> Véase LaPorta et al (2008) para un resumen de los múltiples canales por los cuales los orígenes legales afectan derechos de propiedad, desarrollo financiero y otros resultados económicos, así como los problemas potenciales de su uso como variables instrumentales.

Gráfica 7: Log. de producción por Ha y el uso de fertilizante por Ha

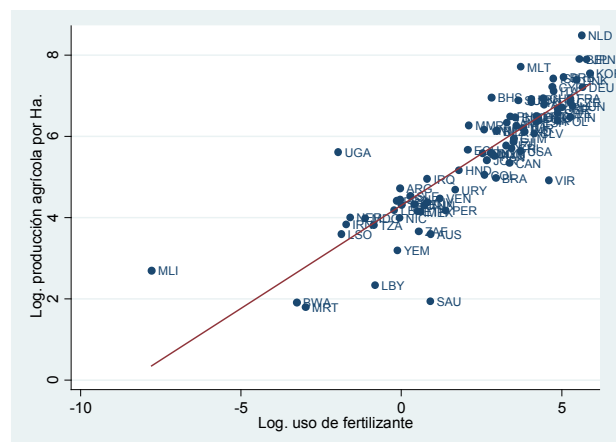


Tabla 4: Log. de la producción agrícola por Ha

	(1)	(2)	(3)	(4)
Log. fertilizante por Ha	0.508*** (0.031)	0.542*** (0.033)	0.504*** (0.033)	0.513*** (0.036)
Tierra agric. total		-0.00000276** (0.000)	-0.00000240** (0.000)	-0.00000211* (0.000)
ICTP			0.00489** (0.002)	0.00438* (0.002)
Log unidad agrícola promedio (Ha)				-0.0303 (0.053)
Constante	4.304*** (0.110)	4.294*** (0.125)	3.891*** (0.183)	3.979*** (0.240)
N	87	78	73	73
R <sup>2</sup>	0.756	0.793	0.840	0.841

Errores estándar en paréntesis

\* p &lt; 0.05, \*\* p &lt; 0.01, \*\*\* p &lt; 0.001

### 5.5 Evidencia sobre el impacto de bienes intermedios de producción sobre la productividad agregada

A pesar de que existe la posibilidad de que la distribución de tierra y deficiencias financieras puedan afectar la productividad agrícola por otros canales, el uso de bienes intermedios parece ser el más prominente. De hecho, tomando solo una medida de bienes intermedios –en este caso fertilizante– se logra explicar una porción significativa de la varianza total en productividad agrícola agregada entre países ( $R^2 = .76$ ). La tabla 4 muestra una fuerte correlación entre el uso de fertilizante y la producción agrícola por unidad de tierra, lo que ha sido resaltado anteriormente en la literatura. En adición, cuando el tamaño promedio de las unidades agrícolas

es incluido en la regresión, el signo del coeficiente se convierte en negativo e insignificante, lo cual indica que el principal canal por el cual la distribución de tierra afecta la productividad es precisamente por el uso de bienes intermedios, como modelado en la sección teórica de este trabajo.

## 6. Conclusión

Cuando los agentes más pobres no tienen acceso a instrumentos de ahorro de calidad con altas tasas de retorno, estos tienen un incentivo a aferrarse a su tierra, incluso cuando no están dispuestos o no son capaces de hacerla productiva. Opciones pobres de ahorro producen agricultores pobres –probablemente en grandes cantidades– y puede explicar parcialmente por qué observamos unidades agrícolas promedio tan pequeñas en economías emergentes, incluso cuando los derechos de propiedad son mejorados y antiguas instituciones son removidas. La conexión entre el desarrollo financiero y la distribución de tierra añade entonces una pieza al reto de explicar la dramática variación en la productividad agrícola agregada entre países. Por otra parte, este trabajo difiere de la investigación macroeconómica existente en cómo modela la heterogeneidad de los agricultores, la cual normalmente asume variación en la productividad de horas de trabajo, habilidad, o algún parámetro idiosincrático en las preferencias. Estas fuentes de variación son usualmente utilizadas para explicar la conexión entre la distribución de tierra y la productividad agregada. En contraste, el modelo desarrollado sugiere que incluso cuando los individuos tienen habilidades idénticas y no tienen limitaciones para la obtención de crédito, puede aún así existir dispersión en el tamaño de las unidades agrícolas con un impacto directo en la productividad agrícola agregada. En particular, la heterogeneidad en el acceso a tasas de interés sobre ahorros se puede camuflar en los datos como diferencias idiosincráticas de habilidad o preferencias. Dada la evidencia microeconómica de países en desarrollo que muestra la existencia de agricultores dispuestos a invertir en activos con retornos negativos, este tipo de fricciones financieras pueden ser un factor cuantitativamente importante. La implicación de este cambio de interpretación de la evidencia empírica es importante, ya que esta última sugiere que la mejora en el acceso de instrumentos de ahorro y el aumento de las tasas de interés disponibles sobre estos pueden mejorar la productividad agregada y acelerar la salida de los

trabajadores de actividades agrícolas improductivas hacia otros sectores.

## 7. Bibliografía

- [1] Adamopoulos, Tasso, and Diego Restuccia. "The size distribution of farms and international productivity differences", Manuscript, University of Toronto (2013).
- [2] Anderson, K. and S. Nelgen. Updated National and Global Estimates of Distortions to Agricultural Incentives, 1955 to 2011, World Bank (2013).
- [3] Anagol, Santosh, Alvin Etang, and Dean Karlan. Continued Existence of Cows Disproves Central Tenets of Capitalism. Working Paper (2013).
- [4] Beck, Cihak, Dmirguc-Kunt, Freyen, and Levine. Financial Development and Structure Dataset. Updated April, 2013. World Bank.
- [5] Beck, Demirguc-Kunt and Levine. "A New Database on Financial Development and Structure", World Bank Economic Review 14 (2000), 597-605.
- [6] Bliss, C., & Stern, N. (1978). Productivity, wages and nutrition: Part I: The theory. *Journal of Development Economics*, 5(4), 331-362.
- [7] Cai, Wenbiao. "Skill accumulation and international productivity differences across sectors", Working Paper (2012).
- [8] Caselli, Francesco. "Accounting for cross-country income differences", *Handbook of economic growth* 1 (2005): 679-741.
- [9] Deaton, A. "Health, income and inequality", National Bureau of Economic Research (2003).
- [10] Demirguc-Kunt, Asli, and Leora Klapper. "Measuring Financial Inclusion: The Global Findex", World Bank Policy Research p. 6025 (2012).
- [11] Deininger, Klaus, and Lyn Squire. "New ways of looking at old issues: inequality and growth", *Journal of Development Economics* 57.2 (1998): 259-287.
- [12] Donovan, Kevin. "Risk, Farm Ownership, and International Productivity Differences", 2011 Meeting Papers. No. 1088. Society for Economic Dynamics, 2011.
- [13] Donovan, Kevin. "Agricultural Risk, Intermediate Inputs, and Cross-Country Productivity Differences", *Intermediate Inputs, and Cross-Country Productivity Differences* (2013).
- [14] Dupas, Pascaline, et al. "Challenges in banking the rural poor: Evidence from Kenya's western province", No. w17851. National Bureau of Economic Research, 2012.
- [15] Gollin, Douglas, David Lagakos, and Michael Waugh. "The agricultural productivity gap in developing countries", Available at SSRN 1989664 (2012).
- [16] Gollin, Douglas, Stephen L. Parente, and Richard Rogerson. "Farm work, home work and international productivity differences." *Review of Economic Dynamics* 7.4 (2004): 827-850.
- [17] Gollin, Douglas, Stephen L. Parente, and Richard Rogerson. "The food problem and the evolution of international income levels", *Journal of Monetary Economics* 54.4 (2007): 1230-1255.
- [18] Hall, Robert E., and Charles I. Jones. "Why do some countries produce so much more output per worker than others?", *The quarterly journal of economics* 114.1 (1999): 83-116.
- [19] Herrendorf, Berthold, and Schoellman, Todd. "Why is Measured Productivity so Low in Agriculture?", Unpublished Manuscript, Arizona State University (2011).
- [20] Just, Richard E., and Rulon D. Pope. "Production function estimation and related risk considerations", *American Journal of Agricultural Economics* 61.2 (1979): 276-284.
- [21] Karlan, Dean, et al. Agricultural decisions after relaxing credit and risk constraints. No. w18463. National Bureau of Economic Research, 2012.
- [22] Klenow, Peter, and Andres Rodriguez-Clare. "The neoclassical revival in growth economics: Has it gone too far?", *NBER Macroeconomics Annual* 1997, Volume 12. MIT Press, 1997. 73-114.
- [23] Kongsamut, P., S. T. Rebelo, and D. Xie (2001): "Beyond Balanced Growth", *Review of Economic Studies*, 68(4), 869-882.
- [24] Kuznets, Simon Smith. *Economic growth of nations: total output and production structure*. Cambridge, Mass.: Belknap Press of Harvard University Press, 1971.
- [25] Lagakos, David, and Michael Waugh. "Selection, Agriculture and Cross-Country Productivity Differences." *Agriculture and Cross-Country Productivity Differences*. Working paper (2012).
- [26] Laitner, J. (2000). "Structural Change and Economic Growth", *Review of Economic Studies*, 67(3), 546-561.
- [27] La Porta, Rafael, Florencio Lopez-de-Silanes, and Andrei Shleifer. "The Economic Consequences of Legal Origins." *Journal of Economic Literature* (2008), 46(2): 285-332.
- [28] Mirrlees, James (1975). "A pure theory of underdeveloped economies," in Lloyd Reynolds, ed., *Agriculture in Development Theory*, New Haven, CT. Yale University Press.
- [29] Ogaki, Masao, and Qiang Zhang. "Decreasing relative

risk aversion and tests of risk sharing”, *Econometrica* 69.2 (2001): 515-526.

[30] Peterson, Willis L. “International land quality indexes”. No. 13877. University of Minnesota, Department of Applied Economics, 1987.

[31] Porta, R., Lopez-de-Silanes, F., Shleifer, A., & Vishny, R. W. (1997). Legal determinants of external finance. *The Journal of Finance*, 52(3), 1131-1150.

[32] Ravallion, Martin, Shaohua Chen, and Prem Sangraula. “Dollar a day revisited”, *The World Bank Economic Review* 23.2 (2009): 163-184.

[33] Restuccia, Diego. “Recent developments in economic growth.” *Recent Developments in Economic Growth*. FRB Richmond Economic Quarterly 97.3 (2012): 329-357.

[34] Restuccia, Diego, Dennis Tao Yang, and Xiaodong Zhu. “Agriculture and aggregate productivity: A quantitative cross-country analysis”, *Journal of Monetary Economics* 55.2 (2008): 234-250.

[35] Rosenzweig, Mark R., and Kenneth I. Wolpin. “Credit market constraints, consumption smoothing, and the accumulation of durable production assets in low-income countries: Investments in bullocks in India”, *Journal of political economy* (1993): 223-244.

[36] Stiglitz, Joseph E. “The efficiency wage hypothesis, surplus labor, and the distribution of income in L.D.C.s”, *Oxford Economic Papers* (1976), 28, 185-207.

[37] Udry, Christopher. “Land Tenure”, *The Oxford Companion to the Economics of Africa* (2011).

[38] Vollrath, Dietrich. “Land distribution and international agricultural productivity”, *American Journal of Agricultural Economics* 89.1 (2007): 202-216.

[39] Vollrath, D. “Land Tenure, Population, and Long-run Growth”, *Journal of Population Economics*, (2012) 25(3), pp. 833-852.

[40] Vollrath, D. “How Important are Dual Economy Effects for Aggregate Productivity?”, *Journal of Development Economics* (2009), 88, pp. 325-334.

[41] Traxler, Greg, Jose Falck-Zepeda, and Ken Sayre. “Production risk and the evolution of varietal technology”, *American Journal of Agricultural Economics* 77.1 (1995): 1-7.

[42] Udry, Christopher. “Land Tenure”, *The Oxford Companion to the Economics of Africa* (2011).

[43] Zerfu, Daniel, and Donald F. Larson. *Incomplete markets and fertilizer use: evidence from Ethiopia*. World Bank (2010).

## Junta Monetaria

**Julio Roberto Suárez Guerra**  
Presidente

**Sergio Francisco Recinos Rivera**  
Vicepresidente

## Miembros titulares

**Dorval José Manuel Carías Samayoa**  
Ministro de Finanzas Públicas

**Sergio de la Torre Gimeno**  
Ministro de Economía

**Elmer Alberto López Rodríguez**  
Ministro de Agricultura, Ganadería y Alimentación

**Gudy Rivera Estrada**  
Electo por el Congreso de la República

**Luis Fernando Leal Toledo**  
Electo por las asociaciones empresariales de comercio, industria y agricultura

**Mario Roberto Granai Fernández**  
Electo por los presidentes de los consejos de administración o juntas directivas de los bancos privados nacionales

**Marco Tulio Paredes Morales**  
Electo por el Consejo Superior de la Universidad de San Carlos de Guatemala

## Miembros suplentes

**José Luis Agüero Urruela**  
Electo por las asociaciones empresariales de comercio, industria y agricultura

**Federico Borrayo Pérez**  
Electo por el Consejo Superior de la Universidad de San Carlos de Guatemala

**Luis Rolando Lara Grojec**  
Electo por los presidentes de los consejos de administración o juntas directivas de los bancos privados nacionales

**Álvaro Manuel Trujillo Baldizón**  
Electo por el Congreso de la República

**Nota:** Miembros titulares y suplentes que se encontraban ejerciendo sus funciones al 5 de diciembre de 2014.



## AUTORIDADES

**Julio Roberto Suárez Guerra**  
Presidente

**Sergio Francisco Recinos Rivera**  
Vicepresidente

**Antonieta Gutiérrez Escobar**  
Gerente General

**Oscar Roberto Monterroso Sazo**  
Gerente Económico

**Rómulo Oswaldo Divas Muñoz**  
Gerente Financiero

**Salvador Orlando Carrillo Grajeda**  
Gerente Administrativo

**Leonel Hipólito Moreno Mérida**  
Gerente Jurídico

## FUNCIONARIOS SUPERIORES

**Johny Rubelcy Gramajo Marroquín**  
Director  
*Departamento de Análisis Macroeconómico y Pronósticos*

**Carlos Oswaldo Mirón Contreras**  
Subdirector  
*Departamento de Análisis Macroeconómico y Pronósticos*

**David René Samayoa Gordillo**  
Subdirector  
*Departamento de Análisis Macroeconómico y Pronósticos*

**Eddy Roberto Carpio Sam**  
Subdirector  
*Departamento de Análisis Macroeconómico y Pronósticos*

**Juan Carlos Castañeda Fuentes**  
Director  
*Departamento de Investigaciones Económicas*

**Carlos Eduardo Castillo Maldonado**  
Subdirector  
*Departamento de Investigaciones Económicas*

**Otto René López Fernández**  
Director  
*Departamento de Estadísticas Macroeconómicas*

**Víctor Estuardo Flores Súchite**  
Subdirector  
*Departamento de Estadísticas Macroeconómicas*

**Pablo Antonio Marroquín Fernández**  
Director  
*Departamento de Análisis de Estabilidad Financiera*

**Waleska Marilú García Corzo**  
Subdirector  
*Departamento de Análisis de Estabilidad Financiera*

**Jorge Vinicio Cáceres Dávila**  
Director  
*Departamento de Ejecución de Política Monetaria, Cambiaria y Crediticia*

**William Ariel Cano Hernández**  
Subdirector  
*Departamento de Ejecución de Política Monetaria, Cambiaria y Crediticia*

**Edgar Rolando Lemus Ramírez**  
Director  
*Departamento Internacional*

**Víctor Manuel Vásquez García**  
Subdirector  
*Departamento Internacional*

**Byron Leopoldo Sagastume Hernández**  
Director  
*Departamento de Contabilidad y Sistema de Pagos*

**Marco Antonio de Jesús Folgar Chapetón**  
Subdirector  
*Departamento de Contabilidad y Sistema de Pagos*

**Sergio Estuardo Bollat Carranza**  
Subdirector  
*Departamento de Contabilidad y Sistema de Pagos*

**Erick Prado Carvajal**  
Director  
*Departamento de Emisión Monetaria*

**Jorge Arturo Rivera Méndez**  
Subdirector  
*Departamento de Emisión Monetaria*

**Ariel Rodas Calderón**  
Director  
*Departamento de Tecnologías de Información*

**Byron Saúl Girón Mayén**  
Subdirector  
*Departamento de Tecnologías de Información*

**Mario Roberto León Ardón**  
Director  
*Departamento de Servicios Administrativos y Seguridad*

**Walter Emilio Barrios Guevara**  
Subdirector  
*Departamento de Servicios Administrativos y Seguridad*

**Erika Contreras Herrera de Franco**  
Subdirector  
*Departamento de Servicios Administrativos y Seguridad*

**Jorge Aníbal Del Cid Aguilar**  
Director  
*Departamento de Análisis de Riesgo de Reservas Monetarias Internacionales*

**Juan Carlos Estrada Calvillo**  
Director  
*Departamento de Recursos Humanos*

**Ivar Ernesto Romero Chinchilla**  
Director  
*Departamento de Comunicación y Relaciones Institucionales*

**José René Lorente Méndez**  
Asesor II  
*Planificación y Desarrollo Organizacional*

**Gerardo Noel Orozco Godínez**  
Asesor III  
*Asesoría Jurídica*

**César Augusto Martínez Alarcón**  
Asesor III  
*Asesoría Jurídica*

**Fernando Villagrán Guerra**  
Asesor II  
*Asesoría Jurídica*

**Erwin Roberto Camposeco Córdova**  
Auditor Interno

**Juan Manuel Meléndez Godínez**  
Subauditor Interno

**Maynor Augusto Ambrosio Higueros**  
Asesor II  
*Oficialía de Cumplimiento*

**Armando Felipe García Salas Alvarado**  
Secretario  
*Junta Monetaria*

**Romeo Augusto Archila Navarro**  
Subsecretario  
*Junta Monetaria*

**Nota:** Autoridades y funcionarios superiores que se encontraban ejerciendo sus funciones al 10 de diciembre de 2014.

## Red nacional de Bibliotecas del Banco de Guatemala

- |  |   |
|--|---|
| <b>Guatemala</b>   |   |
| 1) <b>Ciudad Guatemala</b><br>Biblioteca Central<br>7ª. avenida, 22-01, zona 1                             | 18) <b>Ipala</b><br>3a. avenida, 1-61, zona 4<br>2º. nivel, Supervisión Educativa                           |
| 2) Parque Colón<br>8ª. calle, entre 11 y 12 avenidas, zona 1   | 19) <b>Olopa</b><br>A un costado del parque Central   |
| 3) Instituto “Dr. Carlos Federico Mora”<br>Calzada San Juan, 32-50, zona 7, colonia Centroamérica          | 20) <b>Chiquimula</b><br>6ª. avenida, 3-00, zona 1, nivel 2,<br>edificio municipal                          |
| 4) Parque Navidad<br>32 avenida y 23 calle, zona 5 (diagonal 34)   | <b>El Progreso</b>  |
| <b>Amatitlán</b>   | 21) <b>Guastatoya</b><br>Avenida Principal  |
| 5) 5ª. calle y 4ª. avenida, esquina, barrio La Cruz  | 22) <b>Morazán</b><br>Barrio Concepción   |
| <b>Villa Canales</b>   | 23) <b>El Júcaro</b><br>Calle Principal, barrio El Centro,<br>edificio municipal, nivel 2                   |
| 6) 8ª. calle, 2-64, zona 1   | <b>Escuintla</b>  |
| <b>San José Pinula</b>   | 24) <b>Tiquisate</b><br>4a. calle, zona 1,<br>edificio municipal  |
| 7) Escuela Rural Mixta, aldea San Luis, Puerta Negra   | 25) <b>Escuintla</b><br>3ª. avenida, 3-63, zona 1   |
| <b>Santa Catarina Pinula</b>   | 26) <b>Puerto San José</b><br>Edificio Banco de Guatemala,<br>avenida de “El Comercio”                      |
| 8) Edificio municipal, 1a. calle, 5-50, zona 1   | 27) <b>Santa Lucía Cotzumalguapa</b><br>5a. calle, 3-39, zona 1   |
| <b>Alta Verapaz</b>  | <b>Huehuetenango</b>  |
| 9) <b>Cobán</b><br>Calzada “Rabín Ajau”, zona 11,<br>salida a Chisec Instituto de la Juventud y el Deporte | 28) <b>San Antonio Huista</b><br>Cantón Central   |
| 10) <b>Cobán</b><br>1ª. calle, 5-24, zona 2  | 29) <b>Huehuetenango</b><br>4ª. calle, 5-07, zona 1   |
| <b>Baja Verapaz</b>  | <b>Izabal</b>   |
| 11) <b>Rabinal</b><br>4a. avenida, 2-37, zona 3  | 30) <b>Puerto Barrios</b><br>7ª. calle y 8ª. avenida, esquina, zona 1,<br>parque “José María Reyna Barrios” |
| 12) <b>Salamá</b><br>5ª. avenida, 6-21, zona 1   | 31) <b>Los Amates</b><br>Edificio municipal, Los Amates   |
| <b>Chimaltenango</b>   | <b>Jalapa</b>   |
| 13) <b>San Martín Jilotepeque</b><br>Plaza Central, frente a municipalidad                                 | 32) <b>Jalapa</b><br>Calle “Tránsito Rojas”<br>5-46, zona 6, nivel 2  |
| 14) <b>Patzún</b><br>3a. calle, 5-48, zona 1   | 33) <b>San Luis Jilotepeque</b><br>Edificio municipal,<br>barrio El Centro                                  |
| 15) <b>Chimaltenango</b><br>2ª. avenida, 2-20, zona 3, nivel 2   |   |
| 16) <b>Zaragoza</b><br>7a. avenida Norte, No. 3, frente al parque Central                                  |   |
| <b>Chiquimula</b>  |   |
| 17) <b>Quezaltepeque</b><br>3a. calle y 2ª. avenida, zona 2  |   |

- Jutiapa**
- 34) **Asunción Mita**  
Edificio Fundabiem,  
a un costado del parque Central
- 35) **El Progreso**  
Calle Principal y avenida Achuapa,  
Casa de la Cultura
- 36) **Jutiapa**  
4ª. avenida y 7ª. calle, zona 1
- Petén**
- 37) **Melchor de Mencos**  
Barrio El Centro
- 38) **San Francisco**  
A la par del Puesto de Salud
- 39) **San Luis**  
Barrio El Centro,  
frente a Posada San Antonio
- 40) **San Benito**  
5a. avenida, entre 8ª. y 9ª. calles, zona 1
- Quetzaltenango**
- 41) **El Palmar**  
Edificio de la Cruz Roja
- 42) **Coatepeque**  
Barrio San Francisco (a un costado de la línea férrea)
- 43) **Quetzaltenango**  
12 avenida, 5-12, zona 1
- Quiché**
- 44) **Pachalum**  
Calle Las Flores
- 45) **Santa Cruz del Quiché**  
3ª. calle, 4-00, zona 5
- 46) **Canillá**  
Frente al edificio municipal
- 47) **Santa María Nebaj**  
3ª. avenida y 7ª. calle, zona 1,  
cantón Tutz'al, frente a Bomberos Voluntarios
- Retalhuleu**
- 48) **Champerico**  
Avenida del Ferrocarril,  
a un costado del parque Central, nivel 2
- 49) **Retalhuleu**  
6ª. avenida, 6-18,  
zona 1, nivel 2
- Sacatepéquez**
- 50) **Antigua Guatemala**  
Portal Las Panaderas  
5ª. avenida Norte, No. 2, nivel 2
- 51) **Sumpango**  
0 avenida, 1-18, zona 3,  
frente a municipalidad
- San Marcos**
- 52) **San Marcos**  
9ª. calle, 7-54, zona 1
- 53) **Malacatán**  
Instituto Experimental de  
Educación Básica con Orientación Industrial y Magisterio  
3ª. avenida, entre 1ª. y 2ª. calles, zona 1, colonia El Maestro
- 54) **San Pablo**  
Edificio municipal, frente al parque Central
- 55) **Tecún Umán**  
1ª. avenida, entre 3ª. y 4ª. calles,  
zona 1, local del Banco de Guatemala
- Santa Rosa**
- 56) **Chiquimulilla**  
1ª. calle B y 2ª. avenida, zona 1,  
edificio municipal
- 57) **Barberena**  
4a. calle y 4a. avenida, zona 1
- 58) **Guazacapán**  
Barrio San Miguel Centro,  
edificio municipal
- 59) **Cuilapa**  
2ª. avenida, 3-55, zona 1,  
segundo nivel
- Sololá**
- 60) **Sololá**  
7a. avenida, 8-72, zona 2, nivel 2 Banco G&T
- Suchitepéquez**
- 61) **Mazatenango**  
7ª. calle, 3-18, zona 1
- Totonicapán**
- 62) **Totonicapán**  
7a. avenida y 5a. calle, zona 1, nivel 2
- Zacapa**
- 63) **Zacapa**  
4a. calle, 14-32, zona 1, nivel 2
- 64) **Gualán**  
Barrio El Centro,  
edificio municipal, nivel 2
- 65) **Estanzuela**  
1a. calle, 2-00, zona 1
- 66) **Río Hondo**  
6a. calle, 2-43, zona 1,  
barrio El Centro, frente a municipalidad





(15 de septiembre, 1907 - 6 de abril, 1975)

Fragmento de discurso de inauguración del  
Banco de Guatemala, por el  
Doctor Manuel Noriega Morales  
(pronunciado el 1 de julio de 1946)

“Desde el nacimiento mismo del Ministerio de Economía, que se debe a la certera visión de los miembros de la ex-Junta Revolucionaria de Gobierno, la idea de la reforma monetaria y bancaria del país cobró aliento. Los magnos problemas de la economía nacional, descuidados a través de tantos regímenes autocráticos, reclamaban solución al entrar nuestra patria a los cauces de una vida democrática, inspirada sinceramente en el deseo de mejorar las condiciones económicas y sociales de Guatemala. Gobernantes anteriores decían amar a su pueblo, pero lo mantenían en la miseria, no obstante tener recursos monetarios y recursos fiscales para procurar, por medio de instituciones crediticias o de fomento a la producción, elevar el nivel de vida de la población guatemalteca.”

# Banco de Guatemala





