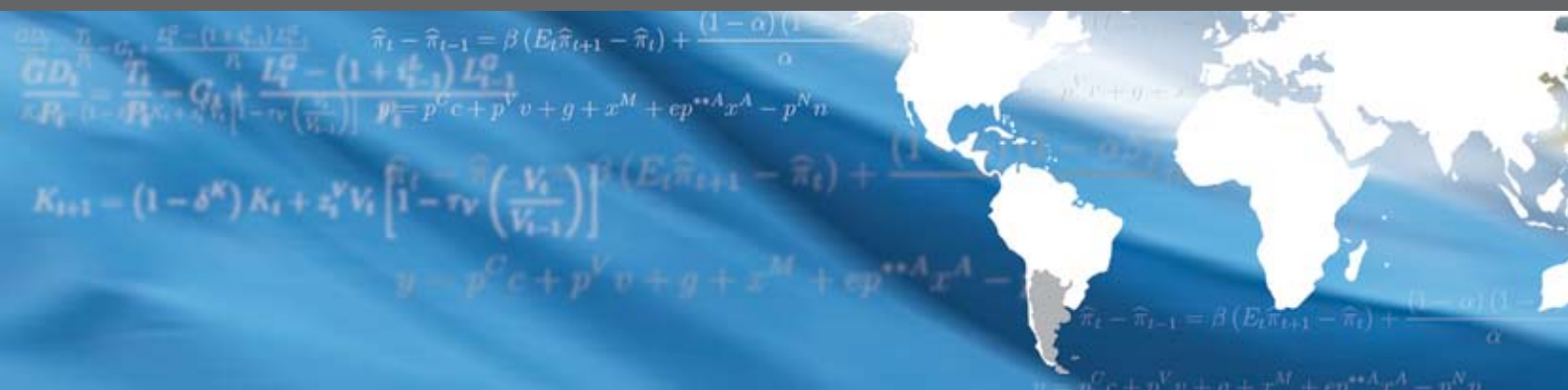




Estudios BCRA | 5

ARGEM: Un modelo de equilibrio general dinámico y estocástico para la Argentina

Guillermo J. Escudé

Septiembre de 2008



Estudios BCRA | 5

ARGEM: Un modelo de equilibrio general dinámico y estocástico para la Argentina

Presidente

Martín REDRADO

Vicepresidente

Miguel PESCE

Superintendente de Entidades Financieras y Cambiarias

Waldo FARÍAS

Vicesuperintendente de Entidades Financieras y Cambiarias

Zenón BIAGOSCH

Directores

Zenón BIAGOSCH

Arnaldo BOCCO

Gabriela CIGANOTTO

Waldo FARÍAS

Arturo O'CONNELL

Carlos PÉREZ

Carlos SÁNCHEZ

Síndico Titular

Hugo MEDINA

Síndico Adjunto

Jorge DONADIO

Gerente General

Hernán LACUNZA

Subgerente General de Investigaciones Económicas

Jorge CARRERA



NOTA DEL EDITOR

La forma de pensar los modelos económicos ha incorporado a lo largo de las últimas décadas nuevos elementos que han cambiado sustantivamente su presentación, su lógica interna y parte de los resultados esperados de la política monetaria.

Los modelos estructurales de raíz keynesiana que dominaban el diseño de política en los años 70 fueron severamente cuestionados por vertientes teóricas como las que comprenden a los llamados nuevos economistas clásicos. Cuestiones como la estabilidad de los parámetros en la estimación de esos modelos, la arbitrariedad de los supuestos y la reacción de los agentes económicos ante las acciones de política económica llevaron a nuevas búsquedas analíticas.

La llamada revolución de las expectativas racionales cambió la agenda de modelización e influenció la forma de evaluar las acciones de política económica. Ganó espacio la idea de privilegiar contextos de equilibrio general que dieran mejor cuenta de la interdependencia de las variables involucradas. También se tendió a privilegiar formas de modelización microfundadas, aún cuando para autores como Dornbusch esto sólo significa desplazar la arbitrariedad hacia una escala más baja de agregación de la economía. Otro ámbito de discusión se centró en la cuestión de si era realista suponer la flexibilidad plena de los precios y salarios en la economía moderna. Así, la literatura basada en el ciclo real tendió a privilegiar la centralidad de los shocks reales en la explicación de las fluctuaciones económicas dada la hipótesis de plena flexibilidad de precios y salarios, y competencia perfecta.

Sin embargo, continuó persistiendo en la literatura una corriente muy fuerte que postula el mayor realismo de asumir configuraciones de precios de mercado no competitivas y la existencia de rigideces nominales y reales. En otras palabras, se reconoce la relevancia de una parte sustantiva del mensaje keynesiano, aunque se admita la conveniencia de utilizar nuevos instrumentos de modelización.

Es así que, sobre todo en la última década, se han multiplicado modelos teóricos que combinan equilibrio general, microfundamentación de las decisiones de «agentes representativos» racionales tanto en el consumo como en la producción y competencia monopolística, junto con distintas hipótesis que dotan de mayor realismo a los modelos. Todo lo cual abre mayor espacio para encontrar efectos reales de la política monetaria. Esta nueva síntesis, que sigue un espíritu parecido a la vieja síntesis neoclásica, es lo que se conoce como «nueva macroeconomía de la economías abiertas».

El recorrido teórico que ha hecho la corriente principal de la macroeconomía tiene su reflejo en los modelos que usualmente producen los bancos centrales para su uso directo en el análisis de la política monetaria. Sin embargo, este enfoque todavía no se ha consolidado completamente y aún carece de una representación simplificada, como fue la IS-LM que caracterizó a la vieja síntesis, que facilite su uso en la política económica. Adicio-

nalmente, en esta etapa, los resultados de los modelos tienden a ser muy sensibles a los llamados «errores de especificación» y a ser difíciles de estimar econométricamente.

Hasta hace unos años los llamados modelos estructurales reducidos de tinte nekeynesiano eran dominantes en el análisis de los escenarios para la política económica en la mayoría de los bancos centrales. El *core* de los mismos está formado por una demanda agregada, una curva de Phillips, una función de reacción de la política monetaria y una paridad de tasas de interés. Pero en la última década varios bancos han comenzado a desarrollar modelos de equilibrio general dinámico y estocástico para incorporar los a sus instrumentos de pronóstico.

Guillermo Escudé ha sido en nuestro país uno de los pioneros en estos avances teóricos. Sus distintos trabajos de modelización desarrollados en esta línea de trabajo durante los últimos años forman parte del *background* instrumental del BCRA para analizar la política monetaria. Una característica determinante en su recorrido metodológico ha sido maximizar el realismo y la transparencia de los supuestos teóricos así como la representatividad de las reglas de política económica elegidas para cerrar el modelo.

El modelo ARGEM que aquí presentamos posee una gran riqueza analítica fruto de la incorporación de diferentes rigideces nominales y reales. Entre ellas se destacan el ajuste lento de precios y salarios, un traspaso gradual de los costos de los bienes importados a los precios, la inversión sujeta a costos de ajuste, primas de riesgo y la existencia de hábito en el consumo. Por otro lado, ARGEM busca avanzar en una modelización más completa de la política cambiaria. Así, al incorporar la intervención en el mercado de divisas por parte del banco central va más allá del típico supuesto de flotación pura, la cual puede ser adecuada para la realidad reciente de las economías más avanzadas pero no es necesariamente satisfactoria para las economías emergentes. Complementariamente, se introduce un sistema bancario sujeto a regulación que permite analizar los efectos de las políticas de esterilización de las intervenciones.

Para el área de Investigaciones Económicas un objetivo de mediano plazo es conjugar las estimaciones provenientes de modelos de equilibrio general dinámico y estocástico, como el aquí presentado, con las estimaciones provenientes del MEP (Modelo Económico Pequeño), en sus distintas versiones, y las estimaciones surgidas de modelos multiecuacionales de series de tiempo. De esta forma, se podrá plantear un *pooling* de pronósticos basados en modelos que no sólo replican las mejores prácticas a nivel internacional sino que toman en cuenta características específicas que permiten capturar con mayor precisión la realidad de la economía argentina.



Jorge Carrera
Jefe de Estudios BCRA

Estudios BCRA | 5

ARGEM: Un modelo de equilibrio general dinámico y estocástico para la Argentina

Guillermo J. Escudé

Septiembre de 2008



ie | BCRA
INVESTIGACIONES ECONÓMICAS

Escudé, Guillermo

Argem un modelo de equilibrio general dinámico y estocástico para la Argentina. - 1a ed. - Buenos Aires : Banco Central de la República Argentina, 2008.

120 p. ; 30x21 cm. - (Estudios BCRA; 5 / Jorge Carrera)

ISBN 978-987-23532-9-2

1. Economía. I. Título

CDD 330

ARGEM: Un modelo de equilibrio general dinámico y estocástico para la Argentina

1era. edición

ISBN 978-987-23532-9-2

© Guillermo J. Escudé

Serie Estudios BCRA

Director Jorge Carrera

ISSN 1850-0137

Banco Central de la República Argentina

Subgerencia General de Investigaciones Económicas

Reconquista 266 / Edificio Central, Piso 8

(C1003ABF) Ciudad Autónoma de Buenos Aires

República Argentina

Tel. | (54 11) 4348-3582 / 4348-3814

Fax | (54 11) 4348-3794

Email | investig@bcra.gov.ar

Sitio Web | www.bcra.gov.ar

Fecha de publicación | septiembre de 2008

Queda hecho el depósito que establece la ley 11.723

Diseño editorial | Área de Imagen y Diseño, Gerencia Principal de Comunicaciones y Relaciones Institucionales

Imagen de tapa | Pau Servera Fernández

Impresión | Imprenta el Faro, Mar del Plata, septiembre de 2008

Tirada | 1.500 ejemplares

Las opiniones vertidas en este trabajo son exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente se corresponden con las del BCRA.

Libro de edición Argentina.

No se permite la reproducción parcial o total, el almacenamiento, el alquiler, la transmisión o la transformación de este libro, en cualquier forma o por cualquier medio, sea electrónico o mecánico, mediante fotocopias digitalización u otros métodos, sin el permiso previo y escrito del editor. Su infracción está penada por las leyes 11.723 y 25.446.

ARGEM: Un modelo de equilibrio general dinámico y estocástico para la Argentina

Contenido

Resumen Ejecutivo | 11

Executive Summary | 15

1. Introducción | 19

2. Hogares | 24

- 2.1. Capital físico, inversión y la tasa de utilización del capital | 25
- 2.2. Costos de transacción | 26
- 2.3. Fijación de salarios nominales pegajosos | 26
- 2.4. El problema de la optimización de los hogares | 27
- 2.5. Condiciones de primer orden | 29
- 2.6. Bienes de inversión y de consumo importados y domésticos | 32

3. Empresas de bienes domésticos | 35

- 3.1. Bienes domésticos finales | 35
- 3.2. Bienes domésticos intermedios | 35
- 3.3. Demandas de insumos y costo marginal | 36
- 3.4. Fijación de precios nominales pegajosos | 38

4. Empresas productoras de bienes primarios | 40

5. Empresas dedicadas al comercio exterior | 41

- 5.1. Empresas de bienes importados | 41
 - 5.1.1. *Bienes importados finales* | 41
 - 5.1.2. *Bienes importados intermedios* | 42
- 5.2. Empresas de exportaciones manufacturadas | 43
 - 5.2.1. *Exportaciones manufacturadas finales* | 43
 - 5.2.2. *Exportaciones manufacturadas intermedias* | 45

6. Revisión de algunos precios relativos importantes | 46

7. Bancos | 48

8. El sector público | 51

- 8.1. El Gobierno | 51
- 8.2. El Banco Central | 51

9. Ecuaciones de equilibrio de mercado, PIB y balanza de pagos | 52

9.1. Equilibrio de mercado | 52

9.2. PIB | 54

9.3. La balanza de pagos | 54

10. Política monetaria | 55

10.1. Régimen de *crawling peg* puro (CPP) | 56

10.2. Régimen de flotación cambiaria pura (FCP) | 57

10.3. Régimen de flotación cambiaria administrada (FCA) | 58

11. Enumeración de (la mayor parte) de las ecuaciones del sistema no-lineal | 60

12. Las ecuaciones no-lineales en formato estacionario | 64

13. Análisis del estado estacionario | 69

14. Shocks estocásticos | 75

14.1. Shocks de productividad permanente | 75

14.2. Los procesos estocásticos de forzamiento | 76

15. Formas funcionales para funciones auxiliares | 77

16. Los sistemas log-lineales | 79

16.1. Las ecuaciones | 79

16.2. El sistema log-linealizado en forma matricial | 83

17. Conclusión | 87

Anexos | 89

Anexo I / Log-linealización de las ecuaciones de Phillips | 89

Anexo II / Parámetros calibrados y grandes ratios | 93

Anexo III / Definiciones de los coeficientes de las ecuaciones log-linealizadas | 97

Anexo IV / Gráficos de impulso-respuesta | 103

Referencias | 116

ARGEM: Un modelo de equilibrio general dinámico y estocástico para la Argentina¹

Guillermo J. Escudé

Resumen Ejecutivo

Las años recientes han presenciado una explosión de modelos EGDE (Equilibrio General Dinámico y Estocástico) contruidos para el análisis de políticas y para pronósticos en países industrializados. El conjunto de trabajos presentados en la conferencia conjunta de la Reserva Federal, el Banco Central Europeo y el FMI: “Modelación EGDE en instituciones hacedoras de políticas: Progresos y Perspectivas” es una muestra significativa de ello. Los Bancos Centrales de países en desarrollo también sienten la necesidad de contar con mejores modelos micro-fundados. Además de las muchas dificultades que se encuentran en los países desarrollados para construir, calibrar y/o estimar tales modelos, quienes tratan de construir modelos que puedan ser relevantes en el contexto de países en desarrollo encuentran diversas dificultades adicionales. Una de ellas radica en el hecho de que los modelos contruidos para países industrializados típicamente suponen un tipo de cambio libremente flotante y así pueden evitar la modelación de la política cambiaria. Sin embargo, la mayoría de los países en desarrollo no tienen tipos de cambio libremente flotantes ya que sus bancos centrales intervienen regularmente en el mercado cambiario con grados diversos de intensidad y frecuencia. Si bien el “rincón” opuesto de una flotación cambiaria pura, o sea, la política monetaria basada en la determinación de un sendero para el tipo de cambio nominal, no es difícil de modelar, uno de los desafíos que enfrentan quienes modelan para países en desarrollo es el de incorporar la intervención en el mercado cambiario como una herramienta adicional a disposición de un Banco Central que también interviene en el mercado de dinero (típicamente mediante la determinación de una meta operativa para la tasa de interés de corto plazo). Tal es uno de los objetivos principales de este trabajo, que en este tema construye sobre la base de análisis efectuados previamente por el autor (véase Escudé, 2006). El trabajo se beneficia de múltiples desarrollos recientes en materia de modelación de la macroeconomía monetaria, incluyendo Christiano, Eichenbaum y Evans (2001) (CEE), Smets y Wouters (2003), Woodford (2003), y Adolfson, Laséen, Lindé y Villani (2005) (ALLV), para mencionar sólo algunos. El modelo del trabajo es quizás más cercano en su estructura a ALLV, si bien tiene diversas diferencias significativas con el mismo.

Como es típico en modelos EGDE recientes, ARGEM contiene varias rigideces nominales y reales que ayudan a obtener una dinámica realista. En particular, tiene hábito en el consumo, costos de ajuste en la inversión, costos para la intensidad anormal en la utilización del capital físico, costos de transacción, primas de riesgo para los prestamistas del exterior, fijación de salarios y precios pegajosos (*sticky*), *pass through* gradual de los costos de bienes importados (incluyendo el tipo de cambio) a precios domésticos y de los costos domésticos a los precios en moneda extranjera en el caso de las exportacio-

¹ Las opiniones expresadas en el presente trabajo pertenecen al autor y no necesariamente reflejan las de la institución a la que pertenece. Esta versión actualizada del trabajo fue presentada en las Jornadas del Banco Central sobre Generación de Modelos Macroeconómicos 2007 realizadas el 13 y 14 de septiembre de 2007 en Oslo, Noruega.

nes de bienes manufacturados. Algunas de estas rigideces generan un rol para la estabilización (nominal o real) del tipo de cambio. La evidencia empírica sobre *pass through* incompleto del tipo de cambio en el corto plazo lleva a Smets y Wouters (2002) a explorar sus consecuencias en cuanto a la política monetaria óptima en la economía abierta mediante un modelo EGDE calibrado para el área del euro. Ellos muestran que la minimización de los costos en bienestar que surgen a raíz del *pass through* gradual introduce una justificación para incluir una respuesta al tipo de cambio en las reglas de retroalimentación simples de la política monetaria. Tal es el caso de los modelos estimados de ALLV (2005) para el área del euro y, en el contexto de países en desarrollo, de Caputo, Liendo y Medina (2007) para Chile durante el período en el que se usaron metas de inflación.

En ARGEM no sólo se incluye una respuesta de la tasa de interés al tipo de cambio (real) sino que también se agrega la intervención cambiaria directa mediante la venta y compra de reservas internacionales por parte del Banco Central. Esto tiene diversas justificaciones posibles. Por un lado, es un hecho empírico que este instrumento se utiliza en muchos bancos centrales de países en desarrollo (y también en muchos bancos centrales de países industrializados (véase Bofinger y Wollmershäuser, 2001)). Por otro lado, parece intuitivamente plausible que dos instrumentos puedan permitir al Banco Central alcanzar mejor sus objetivos, por ejemplo, obtener un valor menor en una función de pérdida cuadrática intertemporal. En ARGEM, el uso de la tasa de interés como instrumento impacta directamente sobre el sistema bancario, ya que la tasa de interés de corto plazo que controla el Banco Central impacta sobre los márgenes activos y pasivos de los bancos y, por consiguiente, sobre las tasas activas y pasivas. Mientras que la tasa de depósitos afecta a la decisión de ahorro/gasto de los hogares, así como la cantidad de efectivo que desean tener (ya que, al ahorrar mediante depósitos bancarios la tasa pasiva es su costo de oportunidad por mantener efectivo), la tasa activa afecta directamente al costo marginal de las empresas del sector doméstico, ya que tales empresas financian una parte de sus costos variables mediante préstamos bancarios.

La inclusión de un sistema bancario también enriquece al mecanismo de transmisión de la política monetaria a través de otros canales. En particular, permite introducir requisitos prudenciales regulados que impactan directamente sobre el margen de los depósitos. Y como los bancos también invierten en bonos del Banco Central, se puede modelar en forma consistente la esterilización de los efectos monetarios de la intervención cambiaria. Más aún, la importancia del rol del sistema bancario en ARGEM se resalta por el hecho de que la condición de paridad descubierta de tasas de interés del modelo se desprende de la maximización de beneficios de los bancos y del hecho de que obtienen fondos del exterior sujetos a una prima de riesgo. Sin embargo, la intervención en el mercado cambiario también afecta al sector real al suavizar las fluctuaciones en el tipo de cambio real, las cuales impactan sobre las decisiones de consumo e inversión de las familias. La intervención complementa así la suavización que ya se produce debido al *pass through* incompleto. Más aún, la intervención en el mercado cambiario tiene el potencial de modificar el suavizamiento producido por la fijación de precios de importadores con el objeto de alcanzar los objetivos del Banco Central. En resumen, los dos instrumentos separados impactan sobre la economía a través de mecanismos diferentes (si bien interrelacionados) que tienen su efecto de impacto en lugares diferentes de la eco-

nomía real: mientras que la tasa de interés impacta directamente en las tasas del sistema bancario y así en los clientes de los bancos (familias y empresas domésticas), la intervención cambiaria impacta más directamente sobre el sector externo (empresas exportadoras e importadoras).

Las principales características del modelo son las siguientes:

1) El Banco Central ejerce un régimen de Metas de Inflación con Flotación Cambiaria Administrada (MI-FCA) que, en las “esquinas” incluye una política de *crawling peg* así como Metas de Inflación con Flotación Cambiaria Pura. Por MI-FCA queremos dar a entender que si bien la meta de inflación es el ancla nominal, el Banco Central simultáneamente interviene en el mercado de cambios y en el mercado de dinero, contando para ello con dos reglas de retroalimentación paralelas.

2) El crecimiento está generado por un *shock* de productividad permanente. Si bien en el modelo teórico se supone que hay cointegración entre (los logaritmos de) los *shocks* de raíz unitaria de la economía pequeña y abierta (EPA) y del resto del mundo (RM), hay también una versión más sencilla sin cointegración donde se supone que el *shock* de productividad relativo entre la EPA y el RM es un proceso autorregresivo exógeno, como en ALLV.

3) Las familias no se endeudan en el exterior ni ahorran en activos externos. En su lugar, el cierre financiero de la EPA se basa en el endeudamiento externo del gobierno y de los bancos. Las tasas de interés que enfrentan es creciente en sus niveles (corregidos por tendencia) de endeudamiento neto. Una condición de Paridad Descubierta de Tasas de Interés ajustada por riesgo surge naturalmente de la maximización de beneficios de los bancos.

4) Hay un sistema bancario completo. La función de costos de los Bancos depende del nivel de préstamos y depósitos, con economías de complementación (*scope*) entre los procesos creadoras de depósitos y de préstamos. Tales economías de complementación se introdujeron para poder calibrar en forma realista los parámetros bancarios. Los Bancos tienen una demanda técnica de dinero efectivo que consiste en una fracción (posiblemente variable en el tiempo y estocástica) de los depósitos. También deben mantener una fracción regulada de sus depósitos en reservas en el Banco Central (que no ganan interés). Utilizan el resto de los depósitos así como fondos que obtienen del exterior para financiar la demanda de préstamos de las empresas y la demanda exógena de préstamos del gobierno, para adquirir bonos del Banco Central, y para prestar (o tomar prestado) en el mercado interbancario. Para introducir inercia en la ecuación de “paridad descubierta de tasas” se supone que una fracción de los Bancos, en lugar de formar sus expectativas según las Expectativas Racionales, tienen expectativas estáticas con respecto a la tasa de depreciación nominal del peso.

5) La estructura impositiva es mínima (sólo impuestos de suma fija) pero el gobierno también puede financiar sus gastos endeudándose en el exterior, obteniendo préstamos bancarios, y utilizando el superávit cuasi-fiscal del Banco Central. Se supone que la política fiscal es suficientemente coherente como para permitir una política monetaria que no está dominada fiscalmente.

6) Para reflejar los efectos de los cambios en los precios de los bienes básicos, se incluye un sector productor de bienes primarios (véase Murchison y Rennison, 2005). Las empresas de este sector son tomadoras de precios y producen bajo rendimientos decrecientes a escala debido a sus acervos fijos de recursos naturales, y utilizan como insumo los servicios del capital físico así como bienes domésticos. Venden su producto al sector doméstico como insumos y al exterior.

7) Las empresas del sector doméstico son competidores monopolísticos. La producción de bienes domésticos intermedios requiere el uso de bienes producidos por el sector primario y de bienes importados, así como trabajo y el servicio del capital fijo. Estas empresas obtienen préstamos de los bancos con un período de anticipación para financiar fracciones estocásticas y variables en el tiempo de sus gastos esperados en salarios, alquileres de bienes de capital, insumos primarios e insumos importados.

8) Las familias son propietarias del acervo de capital físico, que se genera mediante una tecnología que convierte los gastos de inversión en bienes de capital. Dan en alquiler el capital físico a las empresas a cambio de un precio de alquiler que se determina en un mercado competitivo, y también determinan la intensidad mediante la cual las empresas lo usarán (véase CEE). Las familias ahorran a través de depósitos bancarios. Utilizan el dinero en efectivo para gastos de consumo e inversión utilizando una tecnología estilizada de transacciones que requiere el uso de bienes domésticos. Por consiguiente, el dinero no figura en la función de utilidad y la demanda de efectivo resultante de las familias depende del nivel de absorción privada y de la tasa de interés de los depósitos.

9) Se exportan dos tipos de bienes: primarios y manufacturados. Las empresas del sector primario exportan toda la producción que no venden al sector doméstico al precio (exógeno) internacional. La “Ley de un Solo Precio” rige para estas empresas. Por otro lado, las empresas que exportan bienes manufacturados diferencian la canasta de bienes domésticos (que constituye su insumo) y lo venden en el RM con fijación de precios *sticky* y en la moneda de destino (*local currency pricing*) (véase ALLV). Las empresas importadoras diferencian la canasta de bienes producidos en el exterior y la venden en la EPA utilizando fijación de precios *sticky* y en la moneda de destino.

10) Se utiliza el marco de Calvo (1983) para distinguir las empresas (familias) que pueden fijar sus precios (salarios) óptimos, y el de CEE de indexación plena a la tasa de inflación rezagada para los que no pueden optimizar.

El modelo ha sido calibrado para la economía argentina, tomando el año como la unidad de tiempo. Se resuelve el modelo usando la descomposición de Schur generalizada (véase Klein, 2000). En un apéndice se muestra las funciones de Impulso-Respuesta que corresponden a la versión del modelo sin cointegración.

Executive summary

The last few years have seen an explosion of Dynamic and Stochastic General Equilibrium (DSGE) models built for policy analysis and forecasting in industrialized countries. The set of papers presented to the recent joint U.S. Federal Reserve Board-European Central Bank-IMF conference: "DSGE Modeling at Policymaking Institutions: Progress & Prospects" is a significant sample. The need for better microfounded models that can contribute to policy analysis is also experienced by developing country Central Banks. On top of the many difficulties encountered in developed countries in building, calibrating and/or estimating these models, those who seek to construct models that can be relevant in the developing country context find various additional difficulties. One of these stems from the fact that the models built for industrialized countries typically assume a freely floating exchange rate and hence can avoid modeling exchange rate policy. Most developing countries do not have a pure exchange rate float and their Central Banks regularly intervene in the foreign exchange market with varying degrees of intensity and frequency. While the opposite "corner" of a pure interest rate float with a monetary policy based on determining a path for the nominal exchange rate is not difficult to model, one of the challenges faced by developing country modelers is to incorporate intervention in the foreign exchange market as an additional tool available for a Central Bank that also intervenes in the "money" market (typically by determining an operational target for the short run interest rate). This is one of the main objectives of this paper, which on this topic builds on previous analysis by the author (see Escudé, 2006). The paper benefits from various recent developments in monetary macroeconomic modeling, including Christiano, Eichenbaum and Evans (2001) (CEE), Smets and Wouters (2003), Woodford (2003), and Adolfson, Laséen, Lindé and Villani (2005) (ALLV), to mention but a few.

As is typical in recent DSGE models, ARGEM has various nominal and real rigidities that help to achieve realistic dynamics: habit in consumption, adjustment costs in investment, costs for abnormal intensity in the utilization of physical capital, transactions costs, risk premia by foreign lenders, sticky prices and wages, gradual pass-through of import costs (including the exchange rate) to domestic prices as well as gradual pass-through of domestic costs to foreign currency pricing for exporters of manufactures. Some of these rigidities generate a role for (nominal or real) exchange rate stabilization. The empirical evidence on incomplete short run exchange rate pass-through led Smets and Wouters (2002), for example, to explore its implications for optimal monetary policy in the open economy through a DSGE model calibrated to the euro area. They show that minimizing the welfare costs that arise due to gradual pass-through introduces a justification for including exchange rate stabilization in the Central Bank's loss function. The welfare cost of exchange rate variability thus operates in the opposite direction to the need for exchange rate flexibility in order to overcome the ineffectiveness of the exchange rate channel as a result of a gradual pass-through. Such evidence has led many researchers to include an exchange rate response in simple monetary policy feedback rules. This is the case of the estimated models of ALLV (2005) for the euro area and, in the developing country context, of Caputo, Liendo and Medina (2007) for Chile in the inflation targeting period.

To the traditional Central Bank interest rate instrument that responds to exchange rate (and other) developments, ARGEM adds a more direct foreign exchange intervention through the sale and purchase of international reserves. This has various possible justifications.

On the one hand, it is an empirical fact that this instrument is used by many developing country Central Banks (and also many Central Banks in industrialized economies (see Bofinger and Wollmershäuser, 2001)). On the other hand, it seems intuitively plausible that two instruments should allow the Central Bank to better achieve its objectives, for example, obtaining a lower loss for a given intertemporal quadratic loss function. In ARGEM, the interest rate instrument impacts directly on the banking system since the short term interest rate that the Central Bank controls affects banks' deposit and lending margins, and hence rates. While the deposit rate affects households' saving/expenditure decisions as well as the amount of cash they wish to hold (since they save in bank deposits and the deposit interest rate is their opportunity cost for holding cash), the lending rate directly affects domestic sector firms' marginal costs, since these firms finance a part of their variable costs through bank loans.

The inclusion of a banking sector also enriches the monetary policy transmission mechanism through other channels. In particular, the introduction of a regulatory prudential requirement that directly affects banks' deposit margin becomes feasible. And since banks also invest in Central Bank bonds, the sterilization of foreign exchange market intervention can be consistently modeled of. Furthermore, the role of the banking system is enhanced by the fact that the model's uncovered interest parity condition derives from banks' profit maximization and their obtaining funding abroad under a risk premium. Moreover, the Central Bank's foreign exchange market intervention also affects the real sector by directly affecting fluctuations in the real exchange rate that impact on households' consumption and investment decisions. This action complements the smoothing that takes place due to import firms' incomplete pass-through to import prices. Indeed, the Central Bank's foreign exchange intervention has the potential to modify the smoothing that such pricing practices of importing firms achieve in order to better attain its objectives. The two instruments hence impact the economy through basically different (although interrelated) mechanisms which impact on different places of the economy: the interest rate instrument impacts more directly on the banking system and its customers, while foreign exchange market intervention impacts more directly on the tradable sectors.

The main features of the ARGEM are the following:

- 1) The Central Bank exercises a Managed Exchange rate Float (MEF) regime that, in the "corners" includes a Pure Exchange rate Crawl regime (PEC) and a Pure Exchange rate Float regime (PEF). By MEF we mean that the Central Bank simultaneously intervenes in the foreign exchange and money markets with two parallel feedback policy rules.
- 2) Growth is driven by a permanent productivity shock. We assume that there is cointegration between the (logs of the) small domestic open economy's (SOE) unit root technology shock and the rest of the world's (RW). There is also a simpler version without cointegration where the relative productivity shock between the SOE and the RW is an exogenous autoregressive process, as in ALLV (2005).
- 3) Households do not engage in external debt nor save in foreign assets. The financial closure of the SOE is instead based on the government's and banks' use of foreign funding, the cost of which is increasing in their (detrended) level of net debt. A risk-adjusted uncovered interest parity condition naturally stems from banks' profit maximization.

4) There is a full fledged banking system. Banks' cost is a function of their loan and deposit stocks, with economies of scope between lending and deposit taking activities. These economies of scope were introduced to facilitate a realistic calibration of bank parameters. Banks have a technical demand for cash, which is a (possibly stochastic and time-varying) fraction of deposits, and must keep a regulatory fraction of their deposits in non-interest bearing reserves in the Central Bank. They use the remaining fraction of their deposits as well as foreign funds to finance firms' demand for loans and the Government's exogenous demand for loans, to purchase Central Bank bonds, and to lend (or borrow) in the interbank market. In order to build inertia into the "uncovered interest parity condition" we allow for the possibility that a fraction of the banks, instead of forming expectations rationally, have static expectations with respect to nominal currency depreciation.

5) The tax structure is minimal (just exogenous lump sum taxes), but the government can also finance its expenditures by issuing debt abroad, by obtaining bank loans, and by using the Central Bank's quasi-fiscal surplus. Fiscal policy is assumed to be coherent enough to allow for a non-fiscally dominated monetary policy.

6) A primary goods sector is included in order to capture the effects of changes in commodity prices. Firms in this sector are price takers and produce under diminishing returns due to their fixed endowments of natural resources, using physical capital services and domestic goods as inputs. They sell their output both domestically as inputs for domestic firms and abroad.

7) Firms in the domestic sector are monopolistic competitors. The production of intermediate domestic goods requires produced primary goods and imported goods as inputs in addition to labor and physical capital services. These firms obtain bank loans a period in advance to finance time-varying stochastic fractions of their expected expenditures on rents, wages, primary inputs and imported inputs.

8) Households own the physical capital stock, which is generated through a technology that converts investment into physical capital. They rent the physical capital to firms for a rental price that is determined in a competitive market, and also determine the intensity at which firms are to use it (see CEE, 2001). Households save through bank deposits. They use cash for consumption and investment spending using a stylized transactions technology that requires the use of domestic goods. Hence, cash is not in the utility function, and the resulting household demand for cash is dependent on private absorption and the deposit interest rate.

9) There are two kinds of goods exported: primary and manufactured. Primary sector firms export all output that is not sold to the domestic sector at the (exogenous) international price. The Law of One Price holds for these firms. On the other hand, firms that export manufactured goods differentiate the domestic goods bundle (which is their input) and sell in the RW through sticky local currency pricing. Importing firms differentiate the bundle of goods produced abroad to sell in the SOE through sticky local currency pricing.

10) We use the Calvo (1983) framework to distinguish firms (households) that can set prices (wages) by optimization, and full indexation to lagged inflation (see CEE, 2001) for those that can't optimize currently.

The model has been calibrated for the Argentine economy, and solved using Klein's (2000) generalized Schur decomposition methodology. Graphs of the impulse response functions are shown in an appendix.

1. Introducción

Durante los últimos años se ha producido una explosión de modelos de equilibrio general dinámico y estocástico (EGDE) generados para el análisis de políticas y la formulación de pronósticos en los países industrializados. Los trabajos presentados en la reciente conferencia conjunta de la Reserva Federal, el Banco Central Europeo y el FMI: «Modelación EGDE en instituciones hacedoras de políticas: Progresos & Perspectivas» constituyen una muestra significativa de ello. Los Bancos Centrales de países en desarrollo también sienten la necesidad de contar con mejores modelos microfundados que puedan contribuir al análisis de las políticas, ante lo cual Argentina no es una excepción. Además de las numerosas dificultades que se presentan en los países desarrollados para construir, calibrar y/o estimar tales modelos, quienes procuran construir modelos que puedan ser relevantes en el contexto de un país en desarrollo encuentran diversas dificultades adicionales. Una de ellas radica en el hecho de que los modelos construidos para países industrializados típicamente suponen un tipo de cambio de flotación libre y es por ello que pueden evitar modelar la política cambiaria. La mayoría de los países en desarrollo no tienen una flotación cambiaria pura y sus Bancos Centrales intervienen regularmente en el mercado de divisas con diversos grados de intensidad y frecuencia. Si bien el «extremo» opuesto de una flotación cambiaria pura, o sea, la política monetaria basada en la determinación de un sendero para el tipo de cambio nominal, no es difícil de modelar, uno de los desafíos que enfrentan quienes modelan para países en desarrollo es el de incorporar la intervención en el mercado cambiario como una herramienta adicional a disposición de un Banco Central que también interviene en el mercado monetario (típicamente mediante la determinación de una meta operativa para la tasa de interés de corto plazo). Éste es uno de los objetivos principales del presente trabajo, que en este tema se nutre de análisis previos efectuados por el autor (ver Escudé, 2006). El trabajo se beneficia de diversos desarrollos recientes de la generación de modelos monetarios macroeconómicos, incluidos Christiano, Eichenbaum y Evans (2001) (CEE), Smets y Wouters (2003), Woodford (2003) y Adolfson, Laséen, Lindé y Villani (2005) (ALLV), para mencionar sólo algunos.

Como es típico en modelos EGDE recientes, ARGEM contiene diversas rigideces nominales y reales que ayudan a lograr una dinámica realista: hábito de consumo, costos de ajuste en la inversión, costos por la intensidad anormal en la utilización del capital físico, costos de transacción, primas de riesgo para los prestamistas del exterior, fijación de precios y salarios tipo Calvo con indexación plena a la inflación del período anterior para quienes no optimizan, traspaso (*pass through*) gradual tanto de los costos de bienes importados (incluido el tipo de cambio) a los precios domésticos, como de los costos domésticos a los precios en moneda extranjera en el caso de las exportaciones de bienes manufacturados. Algunas de estas rigideces generan un rol para la estabilización del tipo de cambio (nominal o real). La evidencia empírica de un *pass through* incompleto en el corto plazo del tipo de cambio lleva a Smets y Wouters (2002), por ejemplo, a explorar sus implicancias para una política monetaria óptima en la economía abierta a través de un modelo EGDE calibrado para el área del euro. Los autores demuestran que la minimización de los costos en bienestar que surgen a raíz del *pass through* gradual introduce una justificación para incluir la estabilización cambiaria en la función de pérdida del Banco Central. De esta manera, el costo en bienestar de la variabilidad cambiaria opera en dirección contraria a la necesidad de flexibilidad cambiaria para poder superar la

ineficacia del canal cambiario como resultado de un *pass through* gradual. Dicha evidencia ha llevado a muchos investigadores a incluir una respuesta cambiaria en las reglas de retroalimentación simples de política cambiaria. Tal es el caso de los modelos estimados de ALLV (2005) para el área del euro y, en el contexto de países en desarrollo, de Caputo, Liendo y Medina (2007) para Chile durante el período en el que se fijaron metas de inflación. Pero incluso en un modelo sin fricciones comerciales ni mercados de capitales perfectos puede existir un rol importante para un Banco Central en cuanto a su capacidad de reaccionar ante los cambios en las condiciones tanto internas como externas. Tal es el caso de De Paoli (2006), que obtiene un modelo de economía pequeña y abierta (EPA) como límite de un modelo de dos países y demuestra que una aproximación de segundo orden a la utilidad del consumidor origina una función de pérdida microfundada (en el espíritu de Benigno y Woodford, 2003) que incluye una brecha del tipo de cambio real además de una brecha de producto y una brecha de inflación. La investigadora demuestra que las metas de tipo de cambio real (TCR) y de producto relevantes desde un punto de vista de bienestar son funciones de los *shocks* que afectan a la economía (incluidos los *shocks* externos). De allí que parecen existir muy buenas razones para incluir el TCR en una regla de política de retroalimentación.

Al instrumento tradicional de tasa de interés con el que cuenta el Banco Central para responder a la evolución del tipo de cambio (y de otros factores), este trabajo agrega una intervención cambiaria más directa a través de la compraventa de reservas internacionales. Esto tiene diversas justificaciones posibles. Por un lado, es un hecho empírico que este instrumento se utiliza en muchos Bancos Centrales de países en desarrollo (así como también en muchos Bancos Centrales de economías industrializadas (véase Bofinger y Wollmershäuser, 2001). Por otro lado, parece intuitivamente plausible que dos instrumentos puedan permitir al Banco Central alcanzar mejor sus objetivos, por ejemplo, obtener un valor menor en una determinada función de pérdida cuadrática intertemporal. En ARGEM, el uso de la tasa de interés como instrumento impacta directamente en el sistema bancario, ya que la tasa de interés de corto plazo que controla el Banco Central es la que define los márgenes de depósitos y préstamos de los bancos, y de allí su impacto en las tasas activas y pasivas. Mientras que la tasa de depósitos afecta la decisión ahorro/gasto de los hogares así como también la cantidad de efectivo que desean mantener las familias (ya que ahorran mediante depósitos bancarios y la tasa de interés pasiva es su costo de oportunidad de mantener el efectivo), la tasa activa afecta directamente los costos marginales de las empresas del sector doméstico, dado que estas empresas financian una parte de sus costos variables mediante préstamos bancarios.

La inclusión de un sector bancario también enriquece el mecanismo de transmisión de la política monetaria a través de otros canales. En particular, permite introducir un requisito prudencial regulado que afecta directamente el margen de depósitos de los bancos. Y como los bancos también invierten en bonos del Banco Central, se puede modelar en forma consistente la esterilización de la intervención en el mercado cambiario. Más aun, el rol del sistema bancario se resalta por el hecho de que la condición de paridad de tasas de interés no cubierta del modelo deriva de la maximización de beneficios de los bancos y de su obtención de financiamiento en el exterior sujeto a una prima de riesgo. Sin embargo, la intervención en el mercado cambiario por parte del Banco Central también afecta al sector real al suavizar directamente las fluctuaciones del tipo de cambio real, las cuales impactan en las decisiones de consumo e inversión de los hogares. La

intervención complementa la suavización que se produce debido al *pass through* incompleto que las empresas importadoras hacen a los precios de importación. En efecto, la intervención del Banco Central en el mercado cambiario tiene el potencial de modificar la suavización que resulta de la fijación de precios efectuada por los importadores con el fin de alcanzar mejor los objetivos del Banco Central, sean cuales fueren. En resumen, los dos instrumentos separados impactan en la economía a través de mecanismos básicamente diferentes (que por supuesto están interrelacionados) y lo hacen a través del impacto directo en lugares diferentes: mientras que la tasa de interés impacta más directamente en el sistema bancario y en las asignaciones intertemporales, la intervención cambiaria impacta más directamente en los sectores ligados al comercio exterior y en las asignaciones intratemporales.

Sin embargo, es necesario hacer una salvedad con respecto a las reglas de política simples del Banco Central que se utilizan en este trabajo. Como se presentan aquí deberían ser consideradas preliminares, dado que reflejan una política de estabilización con respecto a los valores promedio de largo plazo de las variables objetivo y no una política de estabilización con respecto a los valores (de equilibrio) perturbados que serían pertinentes en un contexto de política óptima desde el punto de vista del bienestar. Esto se refleja en la ausencia de las brechas habituales con respecto a dichos valores perturbados en las reglas de política simples. A partir de investigaciones como la de De Paoli (2006) resulta bastante claro que los valores perturbados relevantes no son los tradicionales valores correspondientes a la flexibilidad de precios (o valores «naturales») de las variables (que incluyen los efectos de los *shocks* reales y descartan los efectos de las rigideces nominales). Debido a que aún no hemos desarrollado tales valores de equilibrio de bienestar para las variables a las que típicamente responde el Banco Central, hemos preferido utilizar en forma temporaria los valores de estado estacionario no estocástico (EE) de las variables objetivo como las referencias de las «brechas». En futuras investigaciones esperamos introducir dichas nociones de brechas pertinentes de bienestar para las variables objetivo incluidas en las reglas de política.

Las principales características del modelo son las siguientes:

- 1) El Banco Central ejerce un régimen de flotación cambiaria administrada (FCA) que, en los «extremos» incluye un régimen de *crawling peg* puro (CPP) y un régimen de flotación cambiaria pura (FCP). Por FCA queremos significar que el Banco Central interviene simultáneamente en los mercados cambiario y monetario con dos reglas de política de retroalimentación paralelas.
- 2) El crecimiento está impulsado por un *shock* de productividad permanente. Suponemos que existe una cointegración entre los (logaritmos del) *shock* de tecnología de la raíz unitaria de la EPA y los del resto del mundo (RM). Sin embargo, en una versión más simple sin cointegración suponemos que el *shock* de productividad relativo entre la EPA y el RM es un proceso autorregresivo exógeno, como en ALLV (2005).

3) Los hogares no toman deuda externa ni ahorran en activos externos.² En cambio, la cierre financiero de la EPA se basa en el endeudamiento externo del gobierno y de los bancos, cuyo costo es creciente con sus niveles (corregidos por tendencia) de endeudamiento neto. Una condición de paridad de tasas de interés no cubierta ajustada por riesgo surge naturalmente de la maximización de beneficios de los bancos.

4) Existe un genuino sistema bancario. La función de costo de los bancos depende del nivel de préstamos y depósitos, con economías de complementación (*scope*) entre las actividades de préstamo y toma de depósitos. Tales economías de complementación se introdujeron para poder calibrar en forma realista los parámetros bancarios (en los que la oferta de depósitos puede ser positiva aun cuando el margen de depósitos sea negativo). Los bancos tienen una demanda técnica de dinero efectivo, que consiste en una fracción (posiblemente estocástica y variable en el tiempo) de los depósitos. También deben mantener una fracción regulada de sus depósitos en reservas (que no devengan interés) en el Banco Central. Utilizan el resto de sus depósitos, así como los fondos que obtienen del exterior, para financiar la demanda de préstamos por parte de las empresas y la demanda exógena de préstamos por parte del gobierno, para comprar bonos del Banco Central y para prestar (o tomar prestado) en el mercado interbancario. A fin de generar inercia en la ecuación de «paridad de tasas de interés no cubierta» se supone que una fracción de los bancos, en lugar de formar sus expectativas según las Expectativas Racionales, tiene expectativas estáticas con respecto a la depreciación nominal de la moneda.

5) La estructura impositiva es mínima (sólo impuestos de suma fija) pero el gobierno también puede financiar sus gastos emitiendo deuda en el exterior, obteniendo préstamos bancarios y utilizando el superávit cuasi-fiscal del Banco Central. Se supone que la política fiscal es lo suficientemente coherente como para permitir una política monetaria que no esté dominada fiscalmente.

6) A fin de reflejar los efectos de las oscilaciones en los precios de los bienes primarios (*commodities*), se incluye un sector productor de bienes primarios (ver Murchison y Rennison, 2005). Las empresas de este sector son tomadoras de precios y producen con rendimientos decrecientes debido a su acervo fijo de recursos naturales, utilizando como insumo los servicios de capital físico y los bienes domésticos. Venden su producción al sector doméstico como insumos para las empresas locales, y en el exterior.

7) Las empresas del sector doméstico son competidores monopolísticos. La producción de bienes domésticos intermedios requiere insumos de bienes producidos por el sector primario y de bienes importados, además de trabajo y servicios de capital físico. Estas empresas obtienen préstamos bancarios con un período de anticipación para financiar las fracciones estocásticas y variables en el tiempo de sus gastos esperados en alquileres, salarios, insumos primarios e insumos importados.

² El último supuesto es probablemente el que más discrepa con la verdadera estructura de la economía argentina, ya que en ésta el sector privado tiene casi un PIB de su acervo de ahorros en el exterior. Tendemos a considerar este hecho como el resultado de una serie de crisis al albor de las cuales (una pequeña fracción de) los hogares enviaron sus ahorros financieros al extranjero para protegerlos del riesgo de «política económica». En épocas normales la mayor parte del flujo de ahorros se canaliza hacia activos domésticos.

8) Los hogares (o familias) son propietarios del *stock* de capital físico, que se genera mediante una tecnología que convierte la inversión en capital físico. Los hogares dan en alquiler el capital físico a las empresas a cambio de un precio de locación que es determinado en un mercado competitivo y también determinan la intensidad con la que las empresas habrán de utilizarlo (ver CEE, 2001). Las familias ahorran mediante depósitos bancarios. Utilizan el dinero en efectivo para gastos de consumo e inversión y emplean una tecnología estilizada de transacciones que requiere del uso de bienes domésticos. Por consiguiente, el dinero no figura en la función de utilidad y la demanda de efectivo resultante de los hogares depende del nivel de absorción privada y de la tasa de interés de los depósitos.

9) Se exportan dos tipos de bienes: primarios y manufacturados. Las empresas del sector primario exportan toda la producción que no venden al sector doméstico al precio (exógeno) internacional. La «Ley de un Solo Precio» rige para estas empresas. Por otro lado, las empresas que exportan bienes manufacturados diferencian la canasta (*bundle*) de bienes domésticos (que constituye su insumo) y venden en el RM a través de la fijación de precios rígidos (*sticky*) en moneda local (o moneda de destino) (ver ALLV, 2005). A su vez, las empresas importadoras diferencian la canasta de bienes producidos en el exterior y la venden en la EPA mediante la fijación de precios rígidos en moneda local.

10) Se utiliza el marco de Calvo (1983) para distinguir las empresas (hogares) que pueden fijar sus precios (salarios) por optimización y el enfoque de CEE (2001) de indexación plena a la inflación rezagada para los que no pueden optimizar en el período actual.

El modelo ha sido calibrado para la economía argentina³, tomando el año como la unidad de tiempo. Se resuelve el modelo utilizando la metodología de descomposición de Schur generalizada de Klein (2000).

El resto del presente trabajo tiene la siguiente estructura. La Sección 2 presenta el problema de optimización de los hogares, que determina sus demandas de consumo e inversión, la intensidad de utilización del capital físico, la dinámica del *stock* de capital físico, sus demandas de efectivo y depósitos bancarios y su fijación del salario nominal. La última genera una ecuación de Phillips para la inflación salarial. La Sección 3 presenta las decisiones de los productores de bienes domésticos, incluida su demanda de trabajo y de servicios de capital físico, su demanda de financiamiento bancario e insumos importados, su oferta de bienes y su fijación de precios nominales. La última genera una ecuación de Phillips para la inflación doméstica. La Sección 4 contiene las decisiones de los productores de bienes primarios. La Sección 5 contiene las decisiones de las empresas de comercio exterior, que generan las respectivas ecuaciones de Phillips para los bienes de exportación manufacturados y para los bienes importados. La Sección 6 resume los precios relativos principales que atañen a la relación de la EPA con el resto del mundo. La Sección 7 modela el problema de decisión de los bancos, determinante de su demanda de dinero efectivo y reservas requeridas, su demanda de fondos extranjeros y

³ El proceso de calibración detallado se incluirá en un trabajo futuro. Los valores calibrados de los parámetros utilizados en el presente trabajo son preliminares y aparecen en el Anexo II.

bonos del Banco Central y su oferta de depósitos y préstamos. La Sección 8 introduce el sector público, compuesto por el Gobierno y el Banco Central. El balance del Banco Central cumple un rol significativo en la modelación de la intervención simultánea en los mercados monetario y cambiario. La Sección 9 reúne las ecuaciones de equilibrio de mercado, la ecuación de balanza de pagos y la relación entre el producto del sector doméstico y el PIB. La Sección 10 aborda la política monetaria/cambiaria del Banco Central. La Sección 11 enumera las ecuaciones del sistema no lineal encontradas hasta allí con excepción de las que corresponden a reglas de política. La Sección 12 transforma este conjunto de ecuaciones a fin de que las variables adopten formato estacionario y les suma las ecuaciones de política. La Sección 13 realiza un análisis del estado estacionario (EE) en torno del cual se hace la aproximación log-lineal. La Sección 14 establece los supuestos sobre los *shocks* estocásticos que impactan sobre la economía, con énfasis en aquellos referidos al progreso tecnológico que genera el crecimiento (exógeno) del modelo. La Sección 15 presenta las formas funcionales para las diversas funciones auxiliares utilizadas en el modelo calibrado; a saber, la función del costo de ajuste de la inversión, la función que refleja los costos debidos a la intensidad anormal en la utilización del capital físico, la función del costo de las transacciones y la función de la prima de riesgo de los bancos y del Gobierno. La Sección 16 presenta el sistema log-linealizado completo y lo pone en una forma matricial adecuada para la solución numérica basada en la descomposición de Schur generalizada. Finalmente, la sección 17 contiene las conclusiones. El trabajo tiene cuatro anexos. El primero contiene los detalles de las linealizaciones logarítmicas más engorrosas: las ecuaciones de Phillips para la inflación de los bienes domésticos y la inflación salarial. El segundo enumera los parámetros y grandes ratios utilizados en la calibración, así como también, sus valores numéricos. El tercero presenta las definiciones de los coeficientes de las ecuaciones log-linealizadas del modelo. Por último, el cuarto contiene gráficos de las funciones de Impulso-Respuesta, los que resumen el funcionamiento dinámico del sistema ante perturbaciones exógenas.

2. Hogares

Los hogares, de vida infinita, son competidores monopolísticos en la oferta de trabajo diferenciado. Existe un mercado doméstico de títulos valores contingentes al estado, mantenidos por los hogares, que les asegura con respecto a los riesgos idiosincrásicos de ganancias y salarios (ver Woodford, 2003). Ello hace que en esencia los hogares sean iguales en equilibrio y nos permite mantener la ficción del hogar representativo (es decir, dispensar de las complejidades que derivan de la heterogeneidad de los hogares). Además de estos títulos valores contingentes al estado, mantienen riqueza financiera neta en moneda doméstica ($M_t^{0,H}$) y depósitos nominales de un período denominados en pesos emitidos por bancos comerciales domésticos (D_t) que pagan una tasa de interés nominal i_t^D . Suponemos que el Banco Central asegura plena y creíblemente a los depositantes, de modo que la tasa de depósito se considera libre de riesgo. Los hogares además invierten un monto real V_t para ampliar el *stock* de bienes de capital que poseen y alquilan a empresas, ganando en cada período un precio de alquiler real i_t^K .

2.1. Capital físico, inversión y la tasa de utilización del capital

Cada hogar h decide en t su tasa de inversión bruta $V_t(h)$, lo cual contribuye a la determinación de la cantidad de capital físico K_{t+1} en el período $t + 1$ a través de la siguiente ley de movimiento del *stock* de capital físico:

$$K_{t+1}(h) = (1 - \delta^K) K_t(h) + z_t^V V_t(h) \left[1 - \tau_V \left(\frac{V_t(h)}{V_{t-1}(h)} \right) \right], \quad (1)$$

donde δ^K es la tasa (constante) de depreciación del capital y z_t^V es un *shock* de eficiencia en la inversión que es estacionaria e independiente de h . Como en CEE (2001), el segundo término del lado derecho es una representación de la tecnología que transforma los bienes de inversión en bienes de capital. Estos bienes de capital son dados en alquiler por los hogares a las empresas. No tenemos un mercado para los bienes de capital en el modelo y, como consecuencia, tampoco tenemos un precio explícito para estos bienes. Como vemos a continuación, sí tenemos un precio sombra para el capital físico instalado (así como también una tasa de alquiler). La función $\tau_V(\cdot)$ representa los costos de ajuste de inversión convexos en situaciones fuera del EE. Técnicamente, suponemos que cuando se computan en el valor de EE la tasa de crecimiento de V_t (o sea, $\mu^{z^{**}}$), tanto τ_V como su derivada son igual a cero:

$$\tau_V(\mu^{z^{**}}) = \tau_V'(\mu^{z^{**}}) = 0, \quad \tau_V''(\mu^{z^{**}}) > 0. \quad (2)$$

El proceso de decisión de los hogares incluye la fijación de una tasa de intensidad de utilización del capital que las empresas utilizarán (y pagarán) por el *stock* de capital físico que alquilan. Como argumenta CEE (2001), permitir la utilización elástica del capital tiene las propiedades benéficas de: 1) amortiguar los movimientos en el costo marginal reduciendo las fluctuaciones en la tasa de alquiler del capital físico i_t^K , y además, 2) reducir las fluctuaciones en la productividad laboral después de *shocks* de política monetaria (ver también Smets y Wouters, 2002). Sea u_t la tasa de utilización del capital. Entonces, el flujo de servicios de capital físico que las empresas utilizan como insumos es:

$$u_t K_t \equiv K_t^u.$$

Sin embargo, emplear una tasa de utilización del capital que supera el nivel normal (de EE) es costoso (mientras que una utilización inferior a lo normal en realidad implica un ahorro en el costo total) y afecta el retorno neto de alquilar. Supongamos que $\tau_u(u_t)$ es el monto de los recursos reales (bienes domésticos) consumidos cuando la tasa de utilización es u_t . Suponemos que esta función es creciente y convexa, y normalizamos las unidades de manera que la tasa de utilización de EE sea la unidad. Con esa intensidad de utilización no existen costos (ni ahorros):

$$\tau_u'(u_t) > 0, \tau_u''(u_t) > 0 \text{ y } \tau_u(1) = 0. \quad (3)$$

Luego, tomando en cuenta los costos de utilización anormal, el retorno neto de alquilar $K_t(h)$ unidades de capital es:

$$[i_t^K u_t(h) - \tau_u(u_t(h))] K_t(h). \quad (4)$$

2.2. Costos de transacción

El hogar mantiene efectivo $M_t^{0,H}$ porque de esa manera economiza en costos de transacción. Suponemos que las transacciones relacionadas con el consumo y la inversión implican el uso de recursos reales (bienes domésticos) y que estos costos de transacción por unidad de gasto en bienes de consumo e inversión (absorción privada) son una función decreciente y convexa τ_M del ratio efectivo/absorción ϖ_t (ver Feenstra, 1986):

$$\tau_M(\varpi_t) \quad \tau'_M < 0, \tau''_M > 0,$$

$$\varpi_t \equiv \frac{M_t^{0,H}(h)}{P_t^C C_t(h) + P_t^V V_t(h)} = \frac{M_t^{0,H}(h)/P_t}{p_t^C C_t(h) + p_t^V V_t(h)}$$

donde C_t es consumo (de bienes privados) y P_t , P_t^C y P_t^V son los índices de precios de los bienes domésticos, de consumo y de inversión, respectivamente. Todos los índices de precios están en unidades monetarias. Los dos índices de precios básicos de la EPA son los que corresponden a los bienes producidos («domésticos») P_t y los bienes importados P_t^N . Los índices de precios del consumo y de la inversión son ambos compuestos de elasticidad constante de sustitución (ESC) de estos índices de precios básicos, como especificamos más adelante. Por conveniencia, definimos los precios relativos de los bienes de consumo e inversión en términos de bienes domésticos:

$$p_t^C \equiv \frac{P_t^C}{P_t}, \quad p_t^V \equiv \frac{P_t^V}{P_t}.$$

Cuando el ratio moneda/absorción aumenta, los costos de transacción por unidad de absorción disminuyen a una tasa decreciente, reflejando una productividad marginal decreciente de la moneda en reducir los costos de transacción.

2.3. Fijación de salarios nominales pegajosos

Modelamos la rigidez nominal como en Calvo (1983), adaptado al tiempo discreto (Rotemberg, 1987) y extendido a la indexación (completa) (Yun, 1996; y Christiano, Eichenbaum y Evans, 2001). El hogar $h \in [0, 1]$ provee trabajo del tipo h y toma la decisión de fijación de salarios tomando como dados la oferta laboral agregada y el índice salarial agregado. Cada período, cada hogar tiene una probabilidad $1 - \alpha_W$ de estar en condiciones de fijar el salario óptimo para su tipo específico de trabajo. Esta probabilidad es independiente de cuándo fue la última vez que fijó el salario óptimo. Cuando no puede optimizar, el hogar ajusta su índice salarial indexándolo totalmente a la tasa general de inflación salarial del último período. Por consiguiente, cuando puede fijar la tasa salarial óptima debe tomar en cuenta que en cualquier período futuro j existe la probabilidad α_W^j de que su salario será el que fije hoy más la indexación total. De allí que el hogar enfrenta una restricción de supervivencia del salario, según la cual la tasa salarial que fija en t , $W_t(h)$, tiene una probabilidad α_W^j de subsistir (indexada) hasta el período $t + j$:

$$W_{t+j}(h) = W_t(h) \frac{W_t}{W_{t-1}} \frac{W_{t+1}}{W_t} \dots \frac{W_{t+j-1}}{W_{t+j-2}} \quad (5)$$

$$\equiv W_t(h) \pi_t^w \pi_{t+1}^w \dots \pi_{t+j-1}^w \equiv W_t(h) \Psi_{t,j}^w,$$

donde definimos la tasa de inflación salarial $\pi_t^w \equiv W_t/W_{t-1}$ y la inflación salarial acumulada entre $t+j-2$ y t , $\Psi_{t,j}^w$, con $\Psi_{t,0}^w \equiv 1$. Al derivar la condición de primer orden para $W_t(h)$ a continuación, utilizamos la siguiente identidad:

$$\frac{W_t(h)}{W_{t+j}} \Psi_{t,j}^w = \frac{W_t(h)}{W_t} \frac{\pi_t^w \pi_{t+1}^w \dots \pi_{t+j-1}^w}{\pi_{t+j}^w \pi_{t+j-1}^w \dots \pi_{t+1}^w} = \frac{W_t(h)}{W_t} \frac{\pi_t^w}{\pi_{t+j}^w}. \quad (6)$$

Otra restricción que enfrenta el hogar es su función de demanda laboral:

$$h_t(h) = h_t \left(\frac{W_t(h)}{W_t} \right)^{-\psi}, \quad (7)$$

donde W_t es el índice salarial agregado, definido como:

$$W_t = \left\{ \int_0^\infty W_t(h)^{1-\psi} dh \right\}^{1/(1-\psi)}, \quad (8)$$

y donde ψ es la elasticidad de sustitución entre los servicios laborales diferenciados⁴. Cuando h fija el salario óptimo, debe tomar en cuenta que existe una probabilidad α_W^j que en el tiempo $t+j$ su salario sea $W_t(h) \Psi_{t,j}^w$, y que en consecuencia la demanda laboral que enfrenta sea:

$$h_{t+j}(h) = h_{t+j} \left(\frac{W_t(h) \Psi_{t,j}^w}{W_{t+j}} \right)^{-\psi}. \quad (9)$$

2.4. El problema de la optimización de los hogares

El hogar recibe ingresos por beneficios, salario, renta e interés y gasta en consumo, inversión, impuestos y costos de transacción. Su restricción presupuestaria real en el período t es:

$$\begin{aligned} \frac{M_t^{0,H}(h)}{P_t} + \frac{D_t(h)}{P_t} &= \frac{\Pi_t(h)}{P_t} + \frac{W_t(h)}{P_t} h_t(h) - \frac{T_t(h)}{P_t} + \frac{Y_t(h)}{P_t} \\ &+ [i^K u_t(h) - \tau_u(u_t(h))] K_t(h) + \frac{M_{t-1}^{0,H}(h)}{P_t} + (1 + i_{t-1}^D) \frac{D_{t-1}(h)}{P_t} \\ &- \left[1 + \tau_M \left(\frac{M_t^{0,H}(h)/P_t}{p_t^C C_t(h) + p_t^V V_t(h)} \right) \right] (p_t^C C_t(h) + p_t^V V_t(h)) \end{aligned} \quad (10)$$

donde $\Pi_t(h)$ es el beneficio nominal (de todas las empresas) que le corresponde a h , $h_t(h)$ es horas de trabajo, $T_t(h)$ es impuestos *per cápita* netos de transferencias y

⁴ Derivamos estas ecuaciones de la minimización del costo de las empresas intermedias del sector doméstico en la sección 3.2.

$Y_t(h)$ es el ingreso obtenido en t por la tenencia de títulos valores contingentes al estado. Nuestra convención sobre los tiempos en lo concerniente al efectivo y a los depósitos difiere de CEE (2001). En nuestro caso, el hogar en t elige sus demandas de efectivo y depósitos en el período t (en vez del período $t + 1$). Esto tiene la ventaja de hacer que nuestro modelo bancario (que es considerablemente más complicado que en CEE, 2001) sea consistente a costa de volver dinámicas algunas de las ecuaciones de los sectores bancario y de empresas domésticas, que de otro modo serían estáticas.

El hogar h maximiza una función de utilidad intertemporal que es aditivamente separable en el consumo de bienes privados C_t , bienes públicos C_t^G y ocio:

$$E_t \sum_{j=0}^{\infty} \beta^j \left\{ z_{t+j}^C \log[C_{t+j}(h) - \xi C_{t+j-1}(h)] + \right. \\ \left. + \eta_G \log[C_{t+j}^G(h) - \xi_G C_{t+j-1}^G(h)] + \left[\bar{h} - \frac{\eta_H z_{t+j}^H}{1 + \chi} h_{t+j}(h)^{1+\chi} \right] \right\}, \quad (11)$$

donde β es el factor de descuento intertemporal, $\bar{h}$ es el tiempo laboral máximo disponible (y por ello el último término entre corchetes es el «ocio») y z_t^C y z_t^H son *shocks* de demanda de consumo y oferta laboral que son comunes a todos los hogares. Los términos que dan la utilidad del consumo anidan la formación de hábitos, donde ξ y ξ_G son menores que la unidad (ver Fuhrer, 2000; y Christiano, Eichenbaum y Evans, 2001), dentro de subfunciones de utilidad logarítmicas. Los consumidores, en consecuencia, obtienen utilidad tanto de su consumo como de la tasa de crecimiento del mismo. Dado que el consumo de bienes públicos no es una variable de decisión para el hogar, el término que lo incluye sólo es relevante para la evaluación de los efectos de bienestar de políticas fiscales alternativas. Para mayor simplicidad, lo descartamos en el resto del trabajo.

La solvencia intertemporal del hogar está garantizada por su incapacidad de incurrir en deuda, la que suponemos no es restrictiva en ningún tiempo finito:

$$D_{t+T} \geq 0, \quad \forall T \geq 0. \quad (12)$$

El hogar h elige $C_{t+j}(h)$, $V_{t+j}(h)$, $K_{t+1+j}(h)$, $u_{t+j}(h)$, $D_{t+j}(h)$, $M_{t+j}^{0,H}(h)$, ($j=1,2,\dots$) y $W_t(h)$, para maximizar (11) sujeto a su secuencia de restricciones presupuestarias (10), restricciones de acumulación de capital físico (1), restricciones de sus demandas de trabajo y supervivencia salarial combinadas (9) y su restricción de no endeudamiento (12). En consecuencia, la Lagrangiana es:

$$E_t \sum_{j=0}^{\infty} (\beta)^j \left\{ z_{t+j}^C \log[C_{t+j}(h) - \xi C_{t+j-1}(h)] + \bar{h} \right. \\ \left. - (\alpha_W)^j \frac{\eta_H z_{t+j}^H}{1 + \chi} \left(h_{t+j} \left(\frac{W_t(h) \Psi_{t,j}^w}{W_{t+j}} \right)^{-\psi} \right)^{1+\chi} + \lambda_{t+j}(h) \left\{ \frac{\Pi_{t+j}(h)}{P_{t+j}} - \frac{T_{t+j}(h)}{P_{t+j}} \right. \right. \\ \left. \left. + (\alpha_W)^j \frac{W_t(h) \Psi_{t,j}^w}{P_{t+j}} h_{t+j} \left(\frac{W_t(h) \Psi_{t,j}^w}{W_{t+j}} \right)^{-\psi} + [i_{t+j}^K u_{t+j}(h) - \tau_u(u_{t+j}(h))] K_{t+j}(h) \right\} \right\} \quad (13)$$

$$\begin{aligned}
& - \left[1 + \tau_M \left(\frac{M_{t+j}^{0,H} / P_{t+j}}{p_{t+j}^C C_{t+j}(h) + p_{t+j}^V V_{t+j}(h)} \right) \right] \left(p_{t+j}^C C_{t+j}(h) + p_{t+j}^V V_{t+j}(h) \right) \\
& + \frac{M_{t+j-1}^{0,H}(h)}{P_{t+j}} + \left(1 + i_{t+j-1}^D \right) \frac{D_{t+j-1}(h)}{P_{t+j}} - \frac{M_{t+j}^{0,H}(h)}{P_{t+j}} - \frac{D_{t+j}(h)}{P_{t+j}} \Bigg) + \frac{Y_{t+j}(h)}{P_{t+j}} \Bigg\} \\
& + \zeta_{t+j}(h) \left\{ (1 - \delta^K) K_{t+j}(h) + z_{t+j}^V V_{t+j}(h) \left[1 - \tau_V \left(\frac{V_{t+j}(h)}{V_{t-1+j}(h)} \right) \right] \right. \\
& \left. - K_{t+1+j}(h) \right\} \Bigg\}.
\end{aligned}$$

donde $\beta^j \lambda_{t+j}(h)$ y $\beta^j \zeta_{t+j}(h)$ son los multiplicadores de Lagrange (para las restricciones presupuestarias y de acumulación de capital), que pueden ser interpretados como la utilidad marginal del ingreso real y el precio sombra del capital físico instalado, respectivamente.

Nos referiremos a λ_t y ζ_t como los multiplicadores de Lagrange no descontados.

2.5. Condiciones de primer orden

Dado que los hogares sólo difieren en si pueden o no elegir el salario óptimo, eliminamos el índice de hogares y utilizamos $\tilde{W}_t$ para distinguir el salario óptimo del índice salarial agregado W_t (que incluye tanto los salarios óptimos como los indexados). Las condiciones de primer orden para un óptimo (incluida la condición de transversalidad) son las siguientes:

$$C_t : \quad \frac{z_t^C}{C_t - \xi C_{t-1}} - \beta \xi E_t \left(\frac{z_{t+1}^C}{C_{t+1} - \xi C_t} \right) = \lambda_t \phi_M \left(\frac{M_t^{0,H} / P_t}{p_t^C C_t + p_t^V V_t} \right) p_t^C \quad (14)$$

$$\begin{aligned}
V_t : \quad & \zeta_t z_t^V \phi_V \left(\frac{V_t}{V_{t-1}} \right) + \beta E_t \left\{ \zeta_{t+1} z_{t+1}^V \tau'_V \left(\frac{V_{t+1}}{V_t} \right) \left(\frac{V_{t+1}}{V_t} \right)^2 \right\} \\
& = \lambda_t \phi_M \left(\frac{M_t^{0,H} / P_t}{p_t^C C_t + p_t^V V_t} \right) p_t^V
\end{aligned} \quad (15)$$

$$K_{t+1} : \quad \zeta_t = \beta E_t \{ \zeta_{t+1} (1 - \delta^K) + \lambda_{t+1} [i_{t+1}^K u_{t+1} - \tau_u(u_{t+1})] \} \quad (16)$$

$$u_t : \quad \lambda_t K_t [\tau'_u(u_t) - i_t^K] = 0 \quad (17)$$

$$D_t : \quad \lambda_t = \beta (1 + i_t^D) E_t \left(\frac{\lambda_{t+1}}{\pi_{t+1}} \right) \quad (18)$$

$$M_t^{0,H} : \quad \lambda_t \left[1 + \tau'_M \left(\frac{M_t^{0,H} / P_t}{p_t^C C_t + p_t^V V_t} \right) \right] = \beta E_t \left(\frac{\lambda_{t+1}}{\pi_{t+1}} \right) \quad (19)$$

$$W_t : \quad 0 = E_t \sum_{j=0}^{\infty} (\beta \alpha_W)^j \lambda_{t+j} h_{t+j} \frac{W_{t+j}}{P_{t+j}} (\pi_{t+j}^w)^\psi \quad (20)$$

$$\left\{ \left(\frac{\tilde{W}_t}{W_t} \frac{\pi_t^w}{\pi_{t+j}^w} \right) - \frac{\psi}{\psi - 1} \frac{\eta_H z_{t+j}^H h_{t+j}^\chi}{\lambda_{t+j} W_{t+j} / P_{t+j}} \left(\frac{\tilde{W}_t}{W_t} \frac{\pi_t^w}{\pi_{t+j}^w} \right)^{-\psi \chi} \right\}.$$

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \beta^t D_t = 0. \quad (21)$$

Hay varios comentarios que deben hacerse sobre estas condiciones de primer orden.

Hemos utilizado algunas funciones auxiliares para aliviar la notación. En (14) y (15) definimos la función φ_M que da el efecto total (es decir, incluyendo los gastos relacionados con el costo de transacción) de un incremento marginal en la absorción sobre el gasto:⁵

$$\varphi_M(\varpi_t) \equiv 1 + \tau_M(\varpi_t) - \varpi_t \tau'_M(\varpi_t), \quad (22)$$

$$\varphi'_M(\varpi_t) = -\varpi_t \tau''_M(\varpi_t) < 0.$$

Obsérvese que φ_M es decreciente en el ratio efectivo/absorción ϖ_t y que el efecto sobre el gasto generado por un incremento marginal en ϖ_t está dado por un incremento en el gasto con el ratio efectivo/absorción inicial, $1 + \tau_M$, más el incremento debido a la reducción en el ratio efectivo/absorción, $\varpi_t(-\tau'_M(\varpi_t))$.

De manera análoga, en (15) hemos utilizado la función auxiliar φ_V definida como:

$$\varphi_V(\mu_t^V) \equiv 1 - \tau_V(\mu_t^V) - \mu_t^V \tau'_V(\mu_t^V),$$

(donde $\mu_t^V \equiv V_t/V_{t-1}$ es la tasa de crecimiento bruto de V_t) que da el incremento en la inversión bruta neto de costos de ajuste (pero no de depreciación del *stock* de capital) que resulta de un incremento marginal en la tasa de crecimiento de inversión bruta.⁶

(14) muestra que en equilibrio la ganancia de utilidad de un incremento marginal en el consumo, corregida por la reducción relacionada con el hábito en la utilidad que se espera genere en el período siguiente (el lado izquierdo de la igualdad), equivale a la pérdida de utilidad marginal del ingreso real que genera, incluida la relacionada con los costos de transacción (dados por $\varphi_M(\cdot)$).

(15) muestra que la pérdida de utilidad debida a una inversión bruta incrementada marginalmente (medida a través del precio sombra no descontado del capital físico instalado ζ_t e incluyendo los costos de ajuste de la inversión) menos el incremento descontado en la utilidad que se espera genere en el período siguiente, equivale a la pérdida de utilidad marginal del ingreso real que genera (incluida la relacionada con los costos de transacción).

⁵ $\varphi_M(m/a)$ es la derivada parcial de $[1 + \tau_M(m/a)]a$ con respecto a a .

⁶ $\varphi_V(V/V_{-1})$ es la derivada parcial de $[1 - \tau_V(V/V_{-1})]V$ con respecto a V .

(16) establece que la ganancia de utilidad de una adición marginal al capital instalado equivale al valor de utilidad esperada descontada del período siguiente (corregida por depreciación del capital) más el valor de utilidad descontada de la adición neta al ingreso del alquiler que se espera que genere.

(17) establece que cuando la utilidad marginal de ingreso real y el *stock* de capital físico son diferentes de cero (lo cual suponemos es así para todos los t), la tasa de equilibrio de la utilización del capital físico es tal que el costo de utilización anormal marginal equivale a la tasa de alquiler. De allí que esta condición determina directamente la intensidad óptima de utilización del capital físico como una función de la tasa de alquiler:

$$u_t = (\tau'_u)^{-1}(i_t^K). \quad (23)$$

Insertar esta expresión en (2) da la siguiente función auxiliar para el retorno neto de alquilar una unidad de capital luego de tomar en cuenta los costos de utilización anormales:

$$\Gamma^K(i_t^K) \equiv i_t^K (\tau'_u)^{-1}(i_t^K) - \tau_u((\tau'_u)^{-1}(i_t^K)). \quad (24)$$

(18) establece que la pérdida de utilidad de incrementar marginalmente la tenencia de depósitos equivale a la utilidad esperada descontada de la adición al ingreso real por intereses que genera en el período siguiente. Y (19) establece que la pérdida neta de la utilidad por incrementar marginalmente la tenencia de moneda después de tomar en cuenta la reducción en los costos de transacción que genera, es igual a la utilidad marginal esperada descontada de tenerla disponible mañana con su poder adquisitivo corregido por inflación. La combinación de (18) y (19) arroja el siguiente resultado:

$$-\tau'_M \left(\frac{M_t^{0,H}/P_t}{p_t^C C_t + p_t^V V_t} \right) = 1 - \frac{1}{1 + i_t^D}, \quad (25)$$

que muestra que el *stock* de moneda óptimo como fracción del gasto en consumo e inversión es tal que la reducción en los costos de transacción generados por un incremento marginal en este ratio equivale al costo de oportunidad de mantener el efectivo. Invertiendo $-\tau'_M$ se obtiene la siguiente función de demanda de efectivo como vehículo para las transacciones (a veces denominada función de «preferencia por la liquidez»):

$$\frac{M_t^{0,H}}{P_t} = \mathcal{L}(1 + i_t^D)[p_t^C C_t + p_t^V V_t], \quad (26)$$

donde:

$$\begin{aligned} \mathcal{L}(1 + i_t^D) &\equiv (-\tau'_M)^{-1} \left(1 - \frac{1}{1 + i_t^D} \right) \\ \mathcal{L}'(1 + i_t^D) &= \left[-\tau''_M(\cdot)(1 + i_t^D)^2 \right]^{-1} < 0. \end{aligned}$$

De aquí en adelante reemplazamos la condición de primer orden (19) por (26) y también utilizamos (26) para eliminar el ratio efectivo/absorción del hogar cada vez que aparece a través del uso de las siguientes funciones auxiliares:

$$\tilde{\varphi}_M(\cdot) \equiv \varphi_M(\mathcal{L}(\cdot)), \quad \tilde{\tau}_M(\cdot) \equiv \tau_M(\mathcal{L}(\cdot)). \quad (27)$$

Obsérvese en (20) que dado que todos los hogares que pueden establecer su salario óptimo en t toman la misma decisión, hemos denotado la tasa salarial óptima como $\tilde{W}_t$. De allí que, (8) y (5) implican la siguiente ley de movimiento para la tasa salarial agregada (luego de tomar en cuenta que en la configuración de Calvo, porque los optimizadores son elegidos al azar en la población, su tasa salarial promedio en $t - 1$ es igual al nivel salarial general promedio -indexado por inflación salarial-, independientemente de cuándo hayan optimizado por última vez):

$$W_t^{1-\theta} = \alpha_W (W_{t-1} \pi_{t-1}^w)^{1-\theta} + (1 - \alpha_W) \tilde{W}_t^{1-\theta}. \quad (28)$$

Definiendo el salario real en términos de bienes domésticos y el salario relativo entre los optimizadores y el nivel general:

$$w_t = \frac{W_t}{P_t}, \quad \tilde{w}_t = \frac{\tilde{W}_t}{W_t},$$

la condición de primer orden para W_t es:

$$0 = E_t \sum_{j=0}^{\infty} (\beta \alpha_W)^j \lambda_{t+j} h_{t+j} w_{t+j} (\pi_{t+j}^w)^\psi \left\{ \left(\frac{\tilde{w}_t \pi_t^w}{\pi_{t+j}^w} \right) - \frac{\psi}{\psi - 1} \frac{\eta_H z_{t+j}^H h_{t+j}^\chi}{\lambda_{t+j} w_{t+j}} \left(\frac{\tilde{w}_t \pi_t^w}{\pi_{t+j}^w} \right)^{-\psi\chi} \right\}. \quad (29)$$

Y dividiendo ambos lados de (28) por $W_{t-1}^{1-\theta}$ obtenemos:

$$(\pi_t^w)^{1-\theta} = \alpha_W (\pi_{t-1}^w)^{1-\theta} + (1 - \alpha_W) (\tilde{w}_t \pi_t^w)^{1-\theta}, \quad (30)$$

que puede utilizarse para eliminar $\tilde{w}_t$ de (29), dejando una ecuación dinámica en π_t^w . Nos abstenemos de hacerlo en el modelo no lineal, manteniendo dos ecuaciones dinámicas para cada tasa de inflación (salario y bienes domésticos, importados y exportados) a los fines de mayor claridad en el análisis de EE, pero eliminamos este salario relativo (y los precios relativos correspondientes para los diferentes tipos de bienes) cuando log-linealizamos el modelo.⁷

2.6. Bienes de inversión y de consumo importados y domésticos

Hasta el momento hemos desatendido los aspectos de economía abierta del consumo y la inversión, así como también la diferenciación de productos dentro de estas clases. Ahora consideramos la asignación del gasto de los hogares en consumo e inversión en distintas clases y variedades de productos. Primero distinguimos entre los bienes importados y domésticos. El índice de consumo que utilizamos en el problema de optimización de los hogares es en realidad un índice de consumo agregado de elasticidad de sustitución constante (ESC) de bienes de consumo importados y domésticos:

$$C_t = \left(a_D \frac{1}{\theta_C} (C_t^D)^{\frac{\theta_C-1}{\theta_C}} + a_N \frac{1}{\theta_C} (C_t^N)^{\frac{\theta_C-1}{\theta_C}} \right)^{\frac{\theta_C}{\theta_C-1}}, \quad a_D + a_N = 1. \quad (31)$$

⁷ La log-linealización detallada de (29) y (30) se encuentra en el Anexo I.

θ_C es la elasticidad de sustitución entre los bienes de consumo importados y domésticos. Y C_t^D y C_t^N son también agregados de ESC de las infinitas variedades disponibles de bienes importados y domésticos (respectivamente) disponibles:

$$C_t^D = \left(\int_0^1 C_t^D(i)^{\frac{\theta-1}{\theta}} di \right)^{\frac{\theta}{\theta-1}}, \quad \theta > 1 \quad (32)$$

$$C_t^N = \left(\int_0^1 C_t^N(i)^{\frac{\theta_N-1}{\theta_N}} di \right)^{\frac{\theta_N}{\theta_N-1}}, \quad \theta_N > 1. \quad (33)$$

θ y θ_N son las elasticidades de sustitución entre variedades de bienes importados y variedades de bienes domésticos en el gasto de los hogares, respectivamente. Suponemos que estas elasticidades son las mismas, ya sea que el gasto de los hogares sea para consumo o para inversión. El gasto de consumo total es:

$$P_t^C C_t = P_t C_t^D + P_t^N C_t^N. \quad (34)$$

Luego, la minimización de (34) sujeta a (31) para un determinado C_t , arroja las siguientes relaciones:

$$P_t = a_D^{\frac{1}{\theta_C}} P_t^C \left(\frac{C_t^D}{C_t} \right)^{-\frac{1}{\theta_C}} \quad (35)$$

$$P_t^N = a_N^{\frac{1}{\theta_C}} P_t^C \left(\frac{C_t^N}{C_t} \right)^{-\frac{1}{\theta_C}}. \quad (36)$$

Introduciendo éstas en (31) se obtiene el índice de precios del consumo:

$$P_t^C = \left(a_D (P_t)^{1-\theta_C} + a_N (P_t^N)^{1-\theta_C} \right)^{\frac{1}{1-\theta_C}}. \quad (37)$$

Más aun, se verifica fácilmente que a_D y a_N en (31) son las participaciones del consumo doméstico e importado en el total de los gastos de consumo:

$$a_D = \frac{P_t C_t^D}{P_t^C C_t}, \quad a_N = \frac{P_t^N C_t^N}{P_t^C C_t}. \quad (38)$$

Con la demanda de inversión procedemos exactamente de la misma manera. V_t es un índice de inversión agregado de ESC de los bienes de inversión importados y domésticos:

$$V_t = \left(b_D^{\frac{1}{\theta_V}} (V_t^D)^{\frac{\theta_V-1}{\theta_V}} + b_N^{\frac{1}{\theta_V}} (V_t^N)^{\frac{\theta_V-1}{\theta_V}} \right)^{\frac{\theta_V}{\theta_V-1}}, \quad b_D + b_N = 1, \quad (39)$$

donde θ_V es la elasticidad de sustitución entre los bienes de inversión importados y domésticos, y V_t^D y V_t^N son los agregados de ESC de los bienes importados y domésticos:

$$V_t^D = \left(\int_0^1 V_t^D(i)^{\frac{\theta-1}{\theta}} di \right)^{\frac{\theta}{\theta-1}}, \quad \theta > 1 \quad (40)$$

$$V_t^N = \left(\int_0^1 V_t^N(i)^{\frac{\theta_N-1}{\theta_N}} di \right)^{\frac{\theta_N}{\theta_N-1}}, \quad \theta_N > 1. \quad (41)$$

Luego, se deduce que el índice de precios de la inversión es:

$$P_t^V = \left(b_D (P_t)^{1-\theta_V} + b_N (P_t^N)^{1-\theta_V} \right)^{\frac{1}{1-\theta_V}}. \quad (42)$$

y que las siguientes relaciones son válidas :

$$P_t^V V_t = P_t V_t^D + P_t^N V_t^N$$

$$P_t = b_D^{\frac{1}{\theta_V}} P_t^V \left(\frac{V_t^D}{V_t} \right)^{-\frac{1}{\theta_V}} \quad (43)$$

$$P_t^N = b_N^{\frac{1}{\theta_V}} P_t^V \left(\frac{V_t^N}{V_t} \right)^{-\frac{1}{\theta_V}} \quad (44)$$

$$b_D = \frac{P_t V_t^D}{P_t^V V_t}, \quad b_N = \frac{P_t^N V_t^N}{P_t^V V_t}. \quad (45)$$

Las condiciones (35), (36), (43) y (44) son necesarias para la asignación óptima de los gastos de los hogares en bienes importados y domésticos ya sea en el consumo o en la inversión, respectivamente. De modo similar, para la asignación óptima en las variedades de bienes importados y domésticos dentro de estas clases, y utilizando (32), (33), (40) y (41), son válidas las siguientes condiciones:

$$P_t(i) = P_t \left(\frac{C_t^D(i)}{C_t^D} \right)^{-\frac{1}{\theta_C}}$$

$$P_t^N(i) = P_t^N \left(\frac{C_t^N(i)}{C_t^N} \right)^{-\frac{1}{\theta_C}}$$

$$P_t(i) = P_t \left(\frac{V_t^D(i)}{V_t^D} \right)^{-\frac{1}{\theta_V}}$$

$$P_t^N(i) = P_t^N \left(\frac{V_t^N(i)}{V_t^N} \right)^{-\frac{1}{\theta_V}}$$

Finalmente, obsérvese que (37) y (42) implican las siguientes tasas de inflación en el consumo y la inversión:

$$\pi_t^C = \left[\frac{a_D}{a_D + a_N (p_{t-1}^N)^{1-\theta_C}} (\pi_t)^{1-\theta_C} + \left(1 - \frac{a_D}{a_D + a_N (p_{t-1}^N)^{1-\theta_C}} \right) (\pi_t^N)^{1-\theta_C} \right]^{\frac{1}{1-\theta_C}}$$

$$\pi_t^V = \left[\frac{b_D}{b_D + b_N (p_{t-1}^N)^{1-\theta_V}} (\pi_t)^{1-\theta_V} + \left(1 - \frac{b_D}{b_D + b_N (p_{t-1}^N)^{1-\theta_V}} \right) (\pi_t^N)^{1-\theta_V} \right]^{\frac{1}{1-\theta_V}}$$

cuyas versiones log-lineales son:⁸

$$\hat{\pi}_t^C = a_{PC} \hat{\pi}_t^N + (1 - a_{PC}) \hat{\pi}_t,$$

$$\hat{\pi}_t^V = a_{PV} \hat{\pi}_t^N + (1 - a_{PV}) \hat{\pi}_t. \quad (46)$$

⁸ Los coeficientes a_{PC} y a_{PV} se definen en el Anexo II.

3. Empresas de bienes domésticos

3.1. Bienes domésticos finales

Existe competencia perfecta en la producción (o empaquetamiento) del producto doméstico final Q_t , con el producto de empresas intermedias como insumos. Una empresa de producto doméstico final representativa utiliza la siguiente tecnología ESC:

$$Q_t = \left(\int_0^1 Q_t(i)^{\frac{\theta-1}{\theta}} di \right)^{\frac{\theta}{\theta-1}}, \quad \theta > 1 \quad (47)$$

donde θ es la elasticidad de sustitución entre cualquier par de variedades de bienes domésticos y $Q_t(i)$ es el producto del bien doméstico intermedio i . Luego, la firma representativa del producto doméstico final resuelve cada período el siguiente problema:

$$\max_{Q_t(i)} P_t \left(\int_0^1 Q_t(i)^{\frac{\theta-1}{\theta}} di \right)^{\frac{\theta}{\theta-1}} - \int_0^1 P_t(i) Q_t(i) di, \quad (48)$$

cuya solución es:

$$Q_t(i) = Q_t \left(\frac{P_t(i)}{P_t} \right)^{-\theta}. \quad (49)$$

Introduciendo (49) en (47) y simplificando, se obtiene el índice de precios de bienes domésticos:

$$P_t = \left(\int_0^1 P_t(i)^{1-\theta} di \right)^{\frac{1}{1-\theta}}. \quad (50)$$

Además, al introducir (49) en la parte de costos de (48) se obtiene:

$$\int_0^1 P_t(i) Q_t(i) di = P_t Q_t.$$

3.2. Bienes domésticos intermedios

Un continuo de empresas monopolísticamente competitivas produce bienes domésticos intermedios utilizando trabajo, capital e insumos primarios e importados, sin entrada a ni salida de la industria. Ellas enfrentan mercados de alquiler de capital físico y de bienes primarios perfectamente competitivos así como empaquetadores de bienes de importación y tipos de trabajo perfectamente competitivos. La función de producción de la firma i es:

$$Q_t(i) = \begin{cases} \varepsilon_t K_t^{uD}(i)^{a^q} (z_t h_t(i))^{b^q} (Q_t^{AD}(i))^{c^q} N_t^D(i)^{1-a^q-b^q-c^q} - z_t F^D & \text{si es positivo} \\ 0 & \text{si no lo es} \end{cases} \quad (51)$$

ε_t y z_t son *shocks* de productividad comunes para toda la industria. $K_t^{uD} \equiv u_t K_t^D$ es el flujo de servicios prestados por el *stock* de capital (alquilado) K_t^D a las firmas del sector doméstico cuando es usado a la intensidad u_t determinada por los hogares que las poseen. Q_t^{AD} y N_t^D son el consumo de insumos primarios («agrícolas») e importados intermedios. $z_t F^D$ es un costo fijo que crece junto con la economía y se puede utilizar

para calibrar las ganancias en el EE.⁹ $h_t(i)$ es un índice ESC de todos los tipos de trabajo:

$$h_t(i) = \left(\int_0^1 h_t(h, i)^{\frac{\psi-1}{\psi}} dh \right)^{\frac{\psi}{\psi-1}}, \quad (52)$$

donde $h_t(h, i)$ es la cantidad de trabajo de tipo h utilizado por la firma doméstica i . La decisión de producción de i está sujeta a la función de la demanda de los productores de bienes finales (49) y a la restricción de supervivencia del precio, en la cual el precio que fija en t , $P_t(i)$ tiene una probabilidad α de subsistir (totalmente indexado) hasta el período siguiente.

3.3. Demandas de insumos y costo marginal

Ampliando los supuestos de CEE (2001) y ALLV (2005) al uso del capital físico y los insumos primarios e importados intermedios, y permitiendo aleatoriedad en las fracciones de los costos de los diferentes insumos que son financiados por los bancos, suponemos que las fracciones estocásticas ς_t^W , ς_t^K , ς_t^A , ς_t^N del trabajo, alquiler de capital, costos totales de insumos primarios y de insumos importados, respectivamente, son financiadas por el sistema bancario doméstico. Supongamos que i_t^L es la tasa de préstamo nominal bancario. Al final del período $t - 1$ la firma formula su demanda de préstamos bancarios tomando en cuenta sus necesidades de financiamiento esperadas para el período t . Entonces, podemos escribir el costo variable total como:

$$\Omega_t^K P_t i_t^K K_t^{uD}(i) + \Omega_t^W W_t h_t(i) + \Omega_t^A P_t^A Q_t^{AD}(i) + \Omega_t^N P_t^N N_t^D(i)$$

donde P_t^A es el precio en moneda doméstica de los bienes primarios, y:¹⁰

$$\Omega_t^q = 1 + \varsigma_t^q i_{t-1}^L = [1 - \varsigma_t^q + \varsigma_t^q (1 + i_{t-1}^L)], \quad q = K, W, A, N. \quad (53)$$

Para maximizar las ganancias, la empresa debe minimizar los costos. Toma como dados los salarios $W_t(h)$ fijados por los diferentes hogares. Consideremos primero la minimización del costo laboral total de la empresa i :

$$\int_0^1 W_t(h) h_t(h, i) dh \quad (54)$$

sujeto a un índice agregado constante de tipos de trabajo (52). Denominamos W_t al multiplicador de Lagrange. No depende de i dado que el problema es el mismo para todas las firmas. Luego, la minimización resulta en la función de la demanda inversa de la empresa i para el tipo de trabajo h :

$$W_t(h) = W_t \left(\frac{h_t(h, i)}{h_t(i)} \right)^{-\frac{1}{\psi}}. \quad (55)$$

⁹ Christiano, Eichenbaum y Evans (2001), por ejemplo, calibran las ganancias en cero.

¹⁰ La última expresión en esta definición es conveniente para la log-linealización.

Definiendo la demanda agregada (de todas las empresas) del tipo de trabajo h :

$$h_t(h) = \int_0^1 h_t(h, i) di,$$

y la demanda agregada (de todas las empresas) del agregado de trabajos (de todos los hogares):

$$h_t = \int_0^1 h_t(i) di,$$

(55) implica la demanda laboral de los hogares (7) que utilizamos para el problema de los hogares. Más aun, introduciendo (55) en (52) se obtiene:

$$W_t = \left(\int_0^1 W_t(h)^{1-\psi} di \right)^{\frac{1}{1-\psi}},$$

confirmando que el multiplicador de Lagrange es por cierto el índice salarial agregado, como la notación insinuaba. E introduciendo (55) en (54) se obtiene una expresión más conveniente para el costo laboral de la firma i :

$$\int_0^1 W_t(h) h_t(h, i) dh = W_t h_t(i).$$

Ahora obtenemos demandas de préstamos bancarios y de factores resolviendo el siguiente problema de minimización de costos:

$$\min_{K_t^D(i), h_t(i), Q_t^{AD}(i), N_t^D(i)} \{ \Omega_t^K P_t i_t^K K_t^{uD}(i) + \Omega_t^W W_t h_t(i) + \Omega_t^A P_t^A Q_t^{AD}(i) + \Omega_t^N P_t^N N_t^D(i) \}$$

sujeto a (51), donde $Q_t(i)$ está dado. El problema es el mismo para todas las empresas, de manera que eliminamos el índice de empresas. Las condiciones de primer orden son:

$$\Omega_t^K P_t i_t^K K_t^{uD} = a^q MC_t [Q_t + z_t F^D] \quad (56)$$

$$\Omega_t^W W_t h_t = b^q MC_t [Q_t + z_t F^D] \quad (57)$$

$$\Omega_t^A P_t^A Q_t^{AD} = c^q MC_t [Q_t + z_t F^D] \quad (58)$$

$$\Omega_t^N P_t^N N_t^D = (1 - a^q - b^q - c^q) MC_t [Q_t + z_t F^D], \quad (59)$$

donde MC_t es el multiplicador de Lagrange. Sumando estas ecuaciones término por término se demuestra que el costo variable total es:

$$\Omega_t^K P_t i_t^K K_t^{uD} + \Omega_t^W W_t h_t + \Omega_t^A P_t^A Q_t^{AD} + \Omega_t^N P_t^N N_t^D = MC_t [Q_t + z_t F^D],$$

y que MC_t es precisamente el costo marginal nominal. Más aun, introduciendo las condiciones de primer orden y (53) en la función de producción (51) se obtienen las siguientes expresiones para el costo marginal nominal:

$$\begin{aligned} MC_t &= \frac{1}{\kappa \epsilon_t(z_t)^{b^q}} (\Omega_t^K P_t i_t^K)^{a^q} (\Omega_t^W W_t)^{b^q} (\Omega_t^A P_t^A)^{c^q} (\Omega_t^N P_t^N)^{1-a^q-b^q-c^q}, \\ &= \frac{1}{\kappa \epsilon_t(z_t)^{b^q}} f_{MC}(1 + i_{t-1}^L) (P_t i_t^K)^{a^q} W_t^{b^q} (P_t^A)^{c^q} (P_t^N)^{1-a^q-b^q-c^q} \end{aligned} \quad (60)$$

donde definimos:

$$\kappa \equiv (a^q)^{a^q} (b^q)^{b^q} (c^q)^{c^q} (1 - a^q - b^q - c^q)^{1-a^q-b^q-c^q},$$

y la función auxiliar:

$$\begin{aligned} f_{MC}(1 + i_{t-1}^L) &\equiv [1 - \varsigma_t^K + \varsigma_t^K(1 + i_{t-1}^L)]^{a^q} [1 - \varsigma_t^W + \varsigma_t^W(1 + i_{t-1}^L)]^{b^q} \\ &\quad [1 - \varsigma_t^A + \varsigma_t^A(1 + i_{t-1}^L)]^{c^q} [1 - \varsigma_t^N + \varsigma_t^N(1 + i_{t-1}^L)]^{1-a^q-b^q-c^q}, \\ f'_{MC}(1 + i_{t-1}^L) &> 0. \end{aligned}$$

En consecuencia, el costo marginal real (propio) en el sector doméstico es:

$$mc_t \equiv \frac{MC_t}{P_t} = \frac{1}{\kappa \epsilon_t} f_{MC}(1 + i_{t-1}^L) (i_t^K)^{a^q} \left(\frac{w_t}{z_t} \right)^{b^q} (p_t^A)^{c^q} (p_t^N)^{1-a^q-b^q-c^q}, \quad (61)$$

donde:

$$p_t^A \equiv \frac{P_t^A}{P_t}, \quad p_t^N \equiv \frac{P_t^N}{P_t}$$

son los precios relativos (en moneda doméstica) de los bienes primarios e importados, respectivamente, en términos de bienes domésticos. Nos referimos a estos precios relativos como términos de intercambio internos primarios y manufacturados, respectivamente, de la EPA.

Las funciones de demanda agregada de h_t , K_t^{uD} , Q_t^{AD} y N_t^D se obtienen directamente de (56)-(59) y (60). Obsérvese que todas dependen de la tasa de préstamo i_{t-1}^L , a través de Ω_t^q ($q = W, K, A, N$). Además, la demanda nominal agregada resultante de préstamos bancarios por parte de las empresas en el período t es:

$$L_t^F = E_t \{ f_L(1 + i_t^L) MC_{t+1} [Q_{t+1} + z_{t+1} F^D] \}, \quad (62)$$

donde definimos la función auxiliar:

$$\begin{aligned} f_L(1 + i_{t-1}^L) &\equiv \frac{a^q \varsigma_t^K}{1 + \varsigma_t^K i_{t-1}^L} + \frac{b^q \varsigma_t^W}{1 + \varsigma_t^W i_{t-1}^L} + \frac{c^q \varsigma_t^A}{1 + \varsigma_t^A i_{t-1}^L} + \frac{(1 - a^q - b^q - c^q) \varsigma_t^N}{1 + \varsigma_t^N i_{t-1}^L} \\ f'_L(1 + i_{t-1}^L) &< 0. \end{aligned} \quad (63)$$

3.4. Fijación de precios nominales pegajosos

Como en el caso de los hogares, las empresas toman decisiones de fijación de precios tomando los índices de precios y de cantidades agregados como paramétricos. Cada período, cada empresa tiene una probabilidad $1 - \alpha$ de poder fijar el precio óptimo para su tipo de bien y cuando no pueda optimizar ajusta a su precio indexándolo totalmente a la tasa general de la inflación doméstica del último período. En consecuencia, cuando puede fijar su precio óptimo debe tomar en cuenta que en cualquier período futuro j existe una probabilidad α^j de que su precio será el que fija hoy más la indexación total. En consecuencia, la restricción de la supervivencia del precio de una empresa establece que

el precio que fija en t , $P_t(i)$ tiene una probabilidad α^j de subsistir (indexado) hasta el período $t + j$:

$$P_{t+j}(i) = P_t(i)\pi_t\pi_{t+1}\dots\pi_{t+j-1} \equiv P_t(i)\Psi_{t,j}^p. \quad (64)$$

donde $\Psi_{t,0}^p \equiv 1$. Como en el caso de los salarios (ver (6)), hacemos uso de la siguiente igualdad:

$$\frac{P_t(i)}{P_{t+j}}\Psi_{t,j}^p = \frac{P_t(i)}{P_t}\frac{\pi_t}{\pi_{t+j}}. \quad (65)$$

De allí que podemos expresar el problema de fijación de precios de la empresa como:

$$\max_{P_t(i)} E_t \sum_{j=0}^{\infty} \alpha^j \Lambda_{t,t+j} \left\{ \frac{P_t(i)\Psi_{t,j}^p}{P_{t+j}} Q_{t+j}(i) - mc_{t+j}(i)[Q_{t+j}(i) + z_{t+j}F^D] \right\}$$

sujeto a:

$$Q_{t+j}(i) = Q_{t+j} \left(\frac{P_t(i)\Psi_{t,j}^p}{P_{t+j}} \right)^{-\theta}.$$

$\Lambda_{t,t+j}$ es el núcleo de valuación (*pricing kernel*) utilizado por las empresas para descontar, que equivale a la tasa de sustitución marginal intertemporal en el consumo de los hogares entre los períodos $t + j$ y t :

$$\Lambda_{t,t+j} \equiv \beta^j \frac{U_{C^D,t+j}}{U_{C^D,t}} = \beta^j \frac{\lambda_{t+j}\tilde{\varphi}_M(1+i_{t+j})}{\lambda_t\tilde{\varphi}_M(1+i_t)} \equiv \beta^j \frac{\bar{\Lambda}_{t+j}}{\bar{\Lambda}_t},$$

donde $U_{C^D,t}$ es la utilidad marginal del consumo de bienes domésticos del hogar en t corregida por el hábito y la segunda igualdad deriva de (14) y (27).

La condición de primer orden es la siguiente (luego de dejar de lado el índice de empresa):

$$0 = E_t \sum_{j=0}^{\infty} (\beta\alpha)^j \bar{\Lambda}_{t+j} Q_{t+j} \pi_{t+j}^{\theta} \left\{ \frac{\tilde{P}_t}{P_t} \frac{\pi_t}{\pi_{t+j}} - \frac{\theta}{\theta-1} mc_{t+j} \right\}. \quad (66)$$

Dado que todas las empresas que optimizan toman la misma decisión llamamos $\tilde{P}_t$ al precio óptimo. En consecuencia, (50) y (64) implican la siguiente ley de movimiento para el índice de precios de bienes domésticos agregados:

$$P_t^{1-\theta} = \alpha(P_{t-1}\pi_{t-1})^{1-\theta} + (1-\alpha)\tilde{P}_t^{1-\theta}. \quad (67)$$

Procediendo como lo hemos hecho con la ecuación de Phillips de inflación salarial, definimos el precio doméstico relativo de óptimo a promedio:

$$\tilde{p}_t = \frac{\tilde{P}_t}{P_t},$$

y expresamos las ecuaciones anteriores como:

$$0 = E_t \sum_{j=0}^{\infty} (\beta\alpha)^j \bar{\Lambda}_{t+j} Q_{t+j} (\pi_{t+j})^{\theta} \left\{ \frac{\tilde{p}_t \pi_t}{\pi_{t+j}} - \frac{\theta}{\theta-1} m c_{t+j} \right\},$$

$$\pi_t^{1-\theta} = \alpha \pi_{t-1}^{1-\theta} + (1-\alpha)(\tilde{p}_t \pi_t)^{1-\theta}.$$

4. Empresas productoras de bienes primarios

Las empresas del sector primario utilizan bienes domésticos, servicios de capital y la «tierra» (que representa los recursos naturales) para producir bienes primarios. Se supone que la tierra es fija en cantidad y por ello genera rendimientos decrecientes. Suponemos que existe un único bien primario homogéneo. Las empresas de este sector venden su producto en el mercado internacional y también a las empresas domésticas que lo utilizan como insumo. Son tomadoras de precio en los mercados de productos y de factores.

Supongamos que la función de producción empleada por las empresas del sector primario es la siguiente:

$$A_t = z_t^{1-\alpha_A-\beta_A} (Q_t^{DA})^{\alpha_A} (u_t K_t^A)^{\beta_A}, \quad \alpha_A + \beta_A < 1, \quad (68)$$

donde A_t (por «Agricultura») es el monto producido, y Q_t^{DA} (que no se debe confundir con Q_t^{AD}) y $u_t K_t^A$ son los montos de bienes y servicios de capital físico domésticos utilizados como insumos en la agricultura. Estas empresas maximizan la ganancia:

$$\Pi_t^A = P_t^A A_t - P_t Q_t^{DA} - P_t i_t^K u_t K_t^A$$

sujeto a (68). Las condiciones de primer orden arrojan las demandas de factores:

$$Q_t^{DA} = \alpha_A p_t^A A_t \quad (69)$$

$$u_t K_t^A = \beta_A \frac{p_t^A}{i_t^K} A_t. \quad (70)$$

El precio doméstico de los bienes primarios es meramente el precio internacional exógeno P_t^{**A} multiplicado por el tipo de cambio nominal: $P_t^A = S_t P_t^{**A}$. En consecuencia, los términos de intercambio internos primarios (TIIP) que utilizamos en (69) y (70) equivalen a:

$$p_t^A \equiv \frac{P_t^A}{P_t} = \frac{S_t P_t^{**A}}{P_t} = e_t p_t^{**A}, \quad (71)$$

donde hemos definido el tipo de cambio real (TCR) y los términos de intercambio externos primarios (TIEP) de la EPA:

$$e_t \equiv \frac{S_t P_t^{**N}}{P_t}, \quad p_t^{**A} \equiv \frac{P_t^{**A}}{P_t^{**N}}.$$

TIEP es una variable exógena en nuestro modelo, dado que está completamente determinada en el RM. Utilizando (23) en (70) se demuestra que las proporciones de los factores en la agricultura son determinadas por la tasa de alquiler del capital físico:

$$\frac{Q_t^{DA}}{K_t^A} = \frac{\alpha_A}{\beta_A} i_t^K (\tau_u')^{-1} (i_t^K).$$

Además, insertando las funciones de la demanda de factores en la función de la producción vemos que el producto óptimo varía directamente con el TCR y los TIEP, e inversamente con la tasa de alquiler:

$$A_t = z_t \left(\kappa_A \frac{(e_t p_t^{**A})^{\alpha_A + \beta_A}}{(i_t^K)^{\beta_A}} \right)^{\frac{1}{1 - \alpha_A - \beta_A}}, \quad \kappa_A \equiv (\alpha_A)^{\alpha_A} (\beta_A)^{\beta_A}.$$

Las exportaciones de bienes primarios consisten en la producción que resta luego de satisfacer la demanda de producto del sector doméstico dada por (58):

$$X_t^A = A_t - c^q \frac{MC_t [Q_t + z_t F^D]}{(1 + \varsigma_t^A i_{t-1}^L) S_t P_t^{**A}} = A_t - c^q \frac{mc_t [Q_t + z_t F^D]}{(1 + \varsigma_t^A i_{t-1}^L) e_t p_t^{**A}}.$$

5. Empresas dedicadas al comercio exterior

Seguimos a ALLV (2005) al permitir un traspaso (*pass through*) imperfecto de las fluctuaciones cambiarias recurriendo a las empresas de importación y exportación monopolísticamente competitivas que fijan precios pegajosos y en moneda local. Dado que el concepto de «EPA» no se utiliza siempre con el mismo significado, a continuación explicamos cómo la entendemos nosotros. Adoptamos las siguientes convenciones de notación: 1) como en el caso del precio de los bienes primarios (P^{**A}), una estrella doble (**) como superíndice o dentro de un superíndice significa que su valor está determinado en el «resto del mundo» (RM) y, en consecuencia, la variable es exógena en el modelo; 2) un asterisco único dentro de un superíndice significa que se refiere a precios en moneda extranjera (es decir, la moneda promedio en el RM). Por ejemplo, las empresas exportadoras de la EPA fijan los precios de exportación P_t^{*MX} en la moneda local (fijación de precios en moneda local), y ésta es una variable endógena.

5.1. Empresas de bienes importados

5.1.1. Bienes importados finales

Empresas (comercializadoras) perfectamente competitivas producen (o empaquetan) bienes importados finales utilizando el producto de los fabricantes de bienes importados intermedios monopolísticamente competitivos. La empresa representativa de este sector utiliza la siguiente tecnología ESC:

$$N_t = \left(\int_0^1 N_t(i)^{\frac{\theta_N - 1}{\theta_N}} di \right)^{\frac{\theta_N}{\theta_N - 1}}, \quad \theta_N > 1,$$

donde θ_N es la elasticidad de sustitución entre variedades de bienes importados en el consumo y en la inversión, así como también en su uso como insumos para empresas de bienes domésticos. Maximizando las ganancias (como en (48) para las empresas de producto doméstico final) se obtiene la función de la demanda que enfrenta el importador intermedio del bien i :

$$N_t(i) = N_t \left(\frac{P_t^N(i)}{P_t^N} \right)^{-\theta_N},$$

donde ambos índices de precios están denominados en moneda doméstica. El índice de precios (en moneda doméstica) resultante para los bienes importados es:

$$P_t^N = \left(\int_0^1 P_t^N(i)^{1-\theta_N} di \right)^{\frac{1}{1-\theta_N}}, \quad (72)$$

y el costo total de las importaciones es:

$$\int_0^1 P_t^N(i) N_t(i) di = P_t^N N_t.$$

5.1.2. Bienes importados intermedios

Un continuo de empresas monopolísticamente competitivas genera bienes importados intermedios. Compran un bien final empaquetado en el exterior al precio externo y lo convierten en bienes diferenciados para ser vendidos en el mercado doméstico en la moneda doméstica (ver ALLV, 2005). Compran el bien final empaquetado al precio $S_t P_t^{**N}$, donde P_t^{**N} es el índice de precios en moneda extranjera del agregado importado (que suponemos difiere del índice de precios «domésticos» del RM, P_t^{**}) y S_t es el tipo de cambio nominal (pesos por unidad de moneda extranjera). Obsérvese que $S_t P_t^{**N}$ es entonces el costo marginal para estas empresas. Su fijación de precios (en la moneda doméstica) sigue la misma configuración que utilizamos para las empresas que producen bienes intermedios domésticos, con una probabilidad $1 - \alpha_N$ de fijación de precios óptimos e indexación plena cuando no pueden optimizar el precio. Según la restricción de supervivencia del precio, el precio $P_t^N(i)$ que la firma fija en t tiene una probabilidad α_N^j de subsistir (indexado) hasta $t + j$:

$$P_{t+j}^N(i) = P_t^N(i) \pi_t^N \pi_{t+1}^N \dots \pi_{t+j-1}^N \equiv P_t^N(i) \Psi_{t,j}^N, \quad (\Psi_{t,0}^N \equiv 1). \quad (73)$$

Cuando la empresa optimiza toma en cuenta que existe una probabilidad α_N^j de que la demanda de su bien en $t + j$ sea:

$$N_{t+j}(i) = N_{t+j} \left(\frac{P_t^N(i) \Psi_{t,j}^N}{P_{t+j}^N} \right)^{-\theta_N}. \quad (74)$$

En consecuencia, resuelve:

$$\max_{P_t^N(i)} E_t \sum_{j=0}^{\infty} \alpha_N^j \Lambda_{t,t+j}^N N_{t+j}(i) \left\{ \frac{P_t^N(i) \Psi_{t,j}^N}{P_{t+j}^N} - \frac{S_{t+j} P_{t+j}^{**N}}{P_{t+j}^N} \right\}$$

sujeto a (74), donde $\Lambda_{t,t+j}^N \equiv \Lambda_{t,t+j} P_{t+j}^N / P_t^N$. Luego de eliminar el índice de empresas, la condición de primer orden resultante es:

$$0 = E_t \sum_{j=0}^{\infty} (\beta \alpha_N)^j \bar{\Lambda}_{t+j}^N N_{t+j} (\pi_{t+j}^N)^{\theta_N} \left\{ \frac{\tilde{P}_t^N \pi_t^N}{P_t^N \pi_{t+j}^N} - \frac{\theta_N}{\theta_N - 1} \frac{S_{t+j} P_{t+j}^{**N}}{P_{t+j}^N} \right\}, \quad (75)$$

donde $\bar{\Lambda}_{t,t+j}^N \equiv \bar{\Lambda}_{t+j}^N P_{t+j}^N$. Dado que todas las empresas que optimizan toman la misma decisión, al precio de importación óptimo lo llamamos $\tilde{P}_t^N$. En consecuencia, (72) y (73) implican la siguiente ley de movimiento para el índice agregado de precios de importación en moneda doméstica:

$$(P_t^N)^{1-\theta_N} = \alpha_N (P_{t-1}^N \pi_{t-1}^N)^{1-\theta_N} + (1 - \alpha_N) \left(\tilde{P}_t^N \right)^{1-\theta_N}. \quad (76)$$

Utilizando nuestras definiciones de e_t y p_t^N , podemos expresar las ecuaciones anteriores como:

$$0 = E_t \sum_{j=0}^{\infty} (\beta \alpha_N)^j \bar{\Lambda}_{t+j}^N N_{t+j} (\pi_{t+j}^N)^{\theta_N} \left\{ \frac{\tilde{p}_t^N \pi_t^N}{\pi_{t+j}^N} - \frac{\theta_N}{\theta_N - 1} \frac{e_{t+j}}{p_{t+j}^N} \right\}$$

$$(\pi_t^N)^{1-\theta_N} = \alpha_N (\pi_{t-1}^N)^{1-\theta_N} + (1 - \alpha_N) (\tilde{p}_t^N \pi_t^N)^{1-\theta_N},$$

donde:

$$\tilde{p}_t^N \equiv \frac{\tilde{P}_t^N}{P_t^N}$$

es el precio relativo entre los bienes importados optimizados y generales. Obsérvese que:

$$\frac{e_t}{p_t^N} = \frac{S_t P_t^{**N}}{P_t^N}$$

mide el desvío (cuando difiere de 1) de la ley de precio único para los bienes importados.

5.2. Empresas de exportaciones manufacturadas

Existen dos tipos de empresas de exportación en el presente trabajo: aquellas que exportan bienes primarios (a las cuales ya nos hemos referido) y aquellas que exportan bienes domésticos (es decir, manufacturados). En esta sección se aborda el segundo grupo de empresas, que fijan precios rígidos y en moneda local.

5.2.1. Exportaciones manufacturadas finales

Cada una de las empresas exportadoras intermedias que conforman un continuo compra el bien doméstico final a su precio P_t (que en consecuencia es su costo marginal) y lo diferencia para venderlo en diferentes mercados externos con fijación de precio en moneda local. Los bienes son comprados por una empresa exportadora final representativa perfectamente competitiva que tiene una tecnología ESC:

$$X_t^M = \left(\int_0^1 X_t^M(i)^{\frac{\theta^*-1}{\theta^*}} di \right)^{\frac{\theta^*}{\theta^*-1}}, \quad \theta^* > 1,$$

donde θ^* es la elasticidad de sustitución en el resto del mundo para los bienes importados que se originan en la EPA. Maximizando la ganancia, como en los casos anteriores, se obtiene la función de demanda que cada empresa exportadora intermedia enfrenta ante los exportadores finales:

$$X_t^M(i) = X_t^M \left(\frac{P_t^{*MX}(i)}{P_t^{*MX}} \right)^{-\theta^*}. \quad (77)$$

Obsérvese que el precio $P_t^{*MX}(i)$ está en moneda extranjera. El índice de precios en moneda extranjera resultante para los bienes manufacturados exportados es:

$$P_t^{*MX} = \left(\int_0^1 P_t^{*MX}(i)^{1-\theta^*} di \right)^{\frac{1}{1-\theta^*}}, \quad (78)$$

y el costo total en moneda extranjera para la empresa exportadora (o empaquetadora) final representativa es:

$$\int_0^1 P_t^{*MX}(i) X_t^M(i) di = P_t^{*MX} X_t^M.$$

Obsérvese que en la función de la demanda de exportaciones (77), X_t^M representa las importaciones de bienes manufacturados producidos por la EPA efectuadas por el resto del mundo (que puede escribirse alternativamente como N_t^{*M}) y P_t^{*MX} es el precio de importación manufacturera agregada desde la EPA que enfrenta el resto del mundo. En consecuencia, podemos escribir alternativamente (77) como:

$$X_t^M(i) = N_t^{*M} \left(\frac{P_t^{*MX}(i)}{P_t^{*MX}} \right)^{-\theta^*}.$$

Suponemos también que la demanda del resto del mundo de importaciones manufacturadas agregadas de la EPA X_t^M está relacionada con su producto (Y_t^{**}) y el índice de precios de su producto (P_t^{**}) por:

$$N_t^{*M} \equiv X_t^M = Y_t^{**} \left(\frac{P_t^{*MX}}{P_t^{**}} \right)^{-\theta^{**}},$$

donde θ^{**} es un parámetro que puede ser diferente de θ^* . Adviértase que el precio relativo de la última expresión se puede escribir de la siguiente manera:

$$\frac{P_t^{*MX}}{P_t^{**}} = \frac{P_t^{*MX}}{P_t^{**N}} \frac{P_t^{**N}}{P_t^{**}} = p_t^{*MX} p_t^{**X}, \quad (79)$$

donde definimos los términos de intercambio externos manufacturados de la EPA (TIEM) y el precio relativo de las exportaciones (de bienes manufacturados) del RM con respecto a su bien «doméstico»:

$$p_t^{*MX} \equiv \frac{P_t^{*MX}}{P_t^{**N}}, \quad p_t^{**X} \equiv \frac{P_t^{**N}}{P_t^{**}}.$$

El primero de estos precios relativos es endógeno en nuestro modelo debido a la fijación de precio de los exportadores de manufacturas, según elaboramos a continuación, y el segundo es exógeno. Obsérvese que no suponemos que la ley de precio único prevalece en el largo plazo (EE). En el contexto de la competencia monopolística, cualquier bien producido por una empresa en la economía doméstica no es producido por ninguna otra empresa en el mundo. En consecuencia la ley de precio único sólo significa que cual-

quier bien doméstico i debe ser vendido en el resto del mundo al mismo precio que se vende domésticamente luego de expresarlo en moneda extranjera: $P_t^{*MX}(i) = P_t(i)/S_t$, y que cualquier bien i producido en el RM debe ser vendido domésticamente al precio $P_t^N(i) = S_t P_t^{*N}(i)$. No vemos ninguna razón como para suponer tal falta de segmentación de mercados para los bienes manufacturados, inclusive en el largo plazo del modelo (ver Kollman, 2001).

5.2.2. Exportaciones manufacturadas intermedias

Las empresas de exportaciones manufacturadas intermedias fijan los precios en moneda extranjera tomando como parámetros a los índices externos de precios y cantidades P_t^{**} , Y_t^{**} . La fijación de precio en la moneda (extranjera) local de las empresas de bienes de exportación manufacturados intermedios sigue la misma configuración que utilizamos anteriormente, con una probabilidad $1 - \alpha_X$ de fijación de precio óptimo e indexación plena cuando no pueden modificar el precio. En consecuencia, según su restricción de supervivencia del precio enfrentan una probabilidad α_X^j de que el precio que fijan en t subsista (indexado) hasta $t + j$:

$$P_{t+j}^{*MX}(i) = P_t^{*MX}(i) \pi_t^{*MX} \pi_{t+1}^{*MX} \dots \pi_{t+j-1}^{*MX} \equiv P_t^{*MX}(i) \Psi_{t,j}^{*X}. \quad (80)$$

Por lo tanto, cuando toman (77) como una restricción, deben considerar que hay una probabilidad α_X^j de que su demanda en $t + j$ sea:

$$X_{t+j}^M(i) = X_{t+j}^M \left(\frac{P_t^{*MX}(i) \Psi_{t,j}^{*X}}{P_{t+j}^{*MX}} \right)^{-\theta^*}. \quad (81)$$

Cuando pueden fijar su precio óptimo, resuelven:

$$\max_{P_t^{*X}(i)} E_t \sum_{j=0}^{\infty} \alpha_X^j \Lambda_{t,t+j} X_{t+j}^M(i) \left\{ \frac{P_t^{*MX}(i) \Psi_{t,j}^{*X}}{P_{t+j}^{*MX}} - \frac{P_{t+j}}{S_{t+j} P_{t+j}^{*MX}} \right\}$$

sueto a (81). La condición de primer orden es:

$$0 = E_t \sum_{j=0}^{\infty} (\beta \alpha_X)^j \bar{\Lambda} (X_{t+j}^M \pi_{t+j}^{*X})^{\theta^*} \left\{ \frac{\tilde{P}_t^{*MX}}{P_t^{*MX}} \frac{\pi_t^{*MX}}{\pi_{t+j}^{*MX}} - \frac{\theta^*}{\theta^* - 1} \frac{P_{t+j}}{S_{t+j} P_{t+j}^{*MX}} \right\}.$$

Dado que todas las empresas que optimizan toman la misma decisión, llamamos $\tilde{P}_t^{*MX}$ al precio de exportación manufacturada en moneda extranjera óptimo, y (78) y (80) implican la siguiente ley de movimiento para el nivel de precio agregado de las exportaciones:

$$(P_t^{*MX})^{1-\theta^*} = \alpha_X (P_{t-1}^{*MX} \pi_{t-1}^{*MX})^{1-\theta^*} + (1 - \alpha_X) \left(\tilde{P}_t^{*MX} \right)^{1-\theta^*}. \quad (82)$$

Para simplificar estas expresiones como hicimos anteriormente, obsérvese primero que el costo marginal propio de las empresas exportadoras intermedias es la inversa del producto del TCR de la EPA y de sus TIEM:

$$\frac{P_t}{S_t P_t^{*MX}} = \frac{1}{e_t p_t^{*MX}}. \quad (83)$$

Además, definimos el precio relativo entre el precio óptimo y el índice general de precios de exportación manufacturada:

$$\tilde{p}_t^{*MX} \equiv \frac{\tilde{P}_t^{*MX}}{P_t^{*MX}},$$

y expresamos las ecuaciones dinámicas para los precios de exportación de la siguiente manera:

$$0 = E_t \sum_{j=0}^{\infty} (\beta \alpha_X)^j \bar{\Lambda}_{t+j} X_{t+j}^M (\pi_{t+j}^{*MX})^{\theta^*} \left\{ \frac{\tilde{p}_t^{*MX} \pi_t^{*MX}}{\pi_{t+j}^{*MX}} - \frac{\theta^*}{\theta^* - 1} \frac{1}{e_{t+j} p_{t+j}^{*MX}} \right\}.$$

$$(\pi_t^{*MX})^{1-\theta^*} = \alpha_X (\pi_{t-1}^{*MX})^{1-\theta^*} + (1 - \alpha_X) (\tilde{p}_t^{*MX} \pi_t^{*MX})^{1-\theta^*}.$$

Obsérvese que (83) mide el desvío (cuando difiere de 1) de la ley de precio único para los bienes de exportación manufacturados (ver Kollman, 2001). En general tenemos exportadores de bienes manufacturados (tanto en la EPA como en el RM) que ejercen su poder monopólico incluso en el EE. De allí que, como vemos más adelante, en el EE tenemos $e/p^N < 1$ y $ep^{*MX} > 1$.

6. Revisión de algunos precios relativos importantes

La Tabla 1 resume la fijación de precios internacionales del modelo. Los principales índices de precios monetarios de la EPA y del RM (P_t , P_t^N , y P_t^{**} , P_t^{*MX} , P_t^{**N} , P_t^{**A} , respectivamente) se muestran en las dos columnas centrales. Para cada uno existe un índice de precios doméstico y un índice de precios de bienes manufacturados importados, cada uno en términos de su propia moneda. Las dos columnas externas muestran los principales precios relativos. En cada economía, el precio relativo entre los índices de precios importados y domésticos manufacturados define sus términos de intercambio internos manufacturados (TIEM): p_t^N y p_t^{N*} , respectivamente. En el resto del mundo, sin embargo, también distinguimos un índice de precios de exportaciones manufacturadas P_t^{**N} y un índice de precios de bienes primarios P_t^{**A} , que difieren de su índice de precios «domésticos» P_t^{**} . En consecuencia, hay precios relativos adicionales p_t^{*MX} y p_t^{**A} para sus bienes de importación y exportación manufacturados en términos de bienes «domésticos», todos expresados en moneda «doméstica» (es decir, moneda extranjera). El primero representa los términos de intercambio externo manufacturado de la EPA (TIEEM); y el segundo, sus términos de intercambio externo primario (TIEP).

Tabla 1

Fijación de precios internacionales en el modelo

	EPA		RM	
	Moneda doméstica		Moneda extranjera	
	Precios Relativos	Precios Monetarios	Precios Monetarios	Precios Relativos
TCR	$e = SP^{**N}/P$			$e^* = P/SP^{**} = p^{**X}/e$
TIIM	$p^N = P^N/P$	P	P^{**}	$p^{N*} = P^{*MX}/P^{**} = p^{*MX}p^{**X}$
TIEM de EPA		P^N	P^{*MX}	$p^{*MX} = P^{*MX}/P^{**N}$
TIEP de EPA		SP^{**N}	P^{**N}	$p^{**A} = P^{**A}/P^{**N}$
THA	$p^A = P^A/P$	$P^A = SP^{**A}$	P^{**A}	$p^{A**} = P^{**A}/P^{**} = p^{**A}p^{**X}$

En cada economía un determinado índice de precios es convertido en el índice de precios de exportación correspondiente a través de la fijación de precios en moneda de destino o moneda local (es decir, la fijación de precio en la moneda del socio comercial) y éste es el índice de precios de importaciones manufacturadas del socio comercial. Las flechas sólidas indican la fijación de precios en moneda local de los exportadores. Además, en cada economía el TCR se define como el precio relativo entre la canasta de exportaciones de bienes manufacturados del socio, convertida a la moneda doméstica (o «doméstica») a través del tipo de cambio nominal, y la canasta doméstica (o «doméstica»). En consecuencia, el TCR de la EPA es el precio relativo entre los bienes importados tal como son comprados en el RM por los importadores, y los bienes domésticos, ambos expresados en una moneda común:

$$e_t \equiv \frac{S_t P_t^{**N}}{P_t}. \quad (84)$$

Aquí, P_t^{**N} es el índice de precios de exportación del resto del mundo y, en consecuencia, es una variable exógena en nuestro modelo. Con la misma definición, el TCR del RM resulta ser su precio relativo de exportación con respecto al doméstico ($p_t^{**X} \equiv P_t^{**N}/P_t^{**}$) dividido por el TCR de la EPA:

$$e_t^* \equiv \frac{P_t/S_t}{P_t^{**}} = \frac{P_t}{S_t P_t^{**N}} \frac{P_t^{**N}}{P_t^{**}} = \frac{p_t^{**X}}{e_t}.$$

Dado que la EPA es insignificante en relación al tamaño del RM, sus acciones no tienen influencia sobre la asignación de recursos de éste último. Por consiguiente, no necesitamos e_t^* en el modelo.

Los términos de intercambio internos manufacturados de la EPA (TIIM) representan el precio relativo entre los bienes importados y domésticos que enfrentan los hogares y las empresas domésticas y es una variable endógena:

$$p_t^N \equiv \frac{P_t^N}{P_t}. \quad (85)$$

Es un ratio entre dos precios en moneda doméstica. Con una definición similar, TIIM del RM es un ratio entre los índices de precios de sus bienes importados manufacturados (es decir, las exportaciones manufacturadas de la EPA) y sus bienes «domésticos» (ambos en moneda extranjera):

$$p_t^{N*} \equiv \frac{P_t^{*MX}}{P_t^{**}} = p_t^{*MX} p_t^{**X}, \quad (86)$$

y, como en (79), puede ser expresado como el producto de los TIEM de la EPA (que es una variable endógena) y el índice de precios relativos de las exportaciones al RM y domésticos (que es exógena). Nuevamente, no necesitamos p_t^{N*} en el modelo. De manera similar tenemos los términos de intercambio internos primarios (TIIP) para la economía de la EPA y el RM, respectivamente:

$$p_t^A \equiv \frac{P_t^A}{P_t} = e_t p_t^{**A} \quad (87)$$

$$p_t^{**A} \equiv \frac{P_t^{**A}}{P_t^{**}} = p_t^{**A} p_t^{**X}. \quad (88)$$

Aunque hemos elegido denominar e_t tipo de cambio real (a secas), una manera alternativa de definir nuestros términos sería llamar a esta variable tipo de cambio real de las importaciones y a:

$$e_t p_t^{**X} = \frac{S_t P_t^{*MX}}{P_t} \quad \text{y} \quad e_t p_t^{**A} = \frac{S_t P_t^{**A}}{P_t}, \quad (89)$$

los tipos de cambio real de las exportaciones manufacturadas y de los bienes primarios, respectivamente. Hemos preferido tener una variable única definida como tipo de cambio real.

7. Bancos

Suponemos que hay una industria bancaria competitiva, sin entrada ni salida de bancos. Los bancos son propiedad de los hogares y son tomadores de precios en los mercados financieros. Obtienen fondos en el mercado internacional B_t^{*B} (una fracción constante γ^{FX} de los cuales mantienen como reservas en efectivo en divisas), brindan facilidades de depósitos de un período a los hogares D_t y utilizan el producido para otorgar préstamos de un período a las empresas y al gobierno ($L_t = L_t^F + L_t^G$), prestar (o tomar prestado) en el mercado interbancario, comprar (o vender) bonos del Banco Central B_t^{CB} y mantener reservas en efectivo en pesos $M_t^{0,B}$ además de las reservas regulatorias R_t^B en el Banco Central. Toda cancelación de préstamos interbancarios y ganancias que surjan de operaciones del período $t - 1$ son distribuidas a sus titulares en el período t , de manera que la restricción contable para el banco representativo es:

$$L_t + B_t^{CB} + M_t^{0,B} + R_t^B = D_t + (1 - \gamma^{FX}) S_t B_t^{*B}. \quad (90)$$

Suponemos que las reservas en efectivo son una fracción (técnica) γ^B de los depósitos, y que los depósitos interbancarios son sustitutos perfectos de los bonos del Banco Central (de modo que generan la misma tasa de interés i_t). Dado que también suponemos

que el Banco Central no paga interés sobre las reservas regulatorias, los bancos las mantienen en su nivel mínimo, que se supone es una proporción γ_t^R de los depósitos. γ_t^B y γ_t^R son exógenas y pueden ser procesos estocásticos. En consecuencia, (90) es equivalente a:

$$L_t + B_t^{CB} = (1 - \gamma_t^B - \gamma_t^R)D_t + (1 - \gamma^{FX})S_t B_t^{*B} \quad (91)$$

Suponemos que el interés sobre la deuda externa de los bancos se cancela totalmente en el período siguiente, antes de que se distribuyan las ganancias a los titulares. Dado que el negocio de los bancos es (básicamente) en moneda doméstica, ellos enfrentan incertidumbre cambiaria. Por cada unidad de moneda extranjera que restituyen deben esperar tener pesos por un monto de:

$$\delta_{t+1}^e (1 + i_t^B),$$

donde

$$\delta_{t+1} = \frac{S_{t+1}}{S_t}$$

δ_{t+1} y δ_{t+1}^e , son las tasas verdadera y esperada de la depreciación nominal del peso, respectivamente. Para añadir cierta inercia adicional, suponemos que una fracción β^B de los bancos tiene expectativas racionales y que la fracción restante tiene expectativas estáticas simples por lo cual:

$$\delta_{t+1}^e = \delta_t.$$

Excepto por esta heterogeneidad en las expectativas, todos los bancos son iguales. En consecuencia, en promedio la tasa de depreciación nominal esperada por los bancos es:

$$\delta_{t+1}^e = \beta^B E_t \delta_{t+1} + (1 - \beta^B) \delta_t.$$

También suponemos que los bancos deben pagar una prima (de riesgo y/o de liquidez) sobre la tasa internacional libre de riesgo i_t^{**} por los fondos que obtienen en el extranjero. Dado que no generamos un modelo para el resto del mundo, la (función de) prima está dada de manera exógena. Tiene un componente exógeno ϕ_t^{**B} (un *shock* de prima de riesgo) así como también un componente endógeno $p_B(\cdot)$ que es una función convexa creciente de la deuda externa bancaria (individual) ajustada por la tendencia (ver Turnovsky, 2000; y Schmitt-Grohé y Uribe, 2003)¹¹. Así, los bancos en forma individual internalizan plenamente el hecho de que su decisión de deuda externa determina la tasa de interés en moneda extranjera, que es:

$$1 + i_t^B = (1 + i_t^{**}) \left[1 + \phi_t^{**B} + p_B \left(\frac{S_t B_t^{*B}}{P_t z_t} \right) \right], \quad (92)$$

donde z_t es el *shock* de productividad permanente en el sector de producto doméstico que utilizamos para eliminar la tendencia y suponemos que $p_B' > 0$ y $p_B'' > 0$.

¹¹ Suponemos que los acreedores externos no netean las reservas en efectivo en dólares que los bancos mantienen cuando evalúan el riesgo.

Los bancos tienen una función del costo real que depende de las actividades que crean préstamos y depósitos reales realizados por el banco. Suponemos que esta función del costo es cuadrática e implica que existen economías de complementación entre las actividades de préstamo y de toma de depósitos (ver Freixas y Rochet, 1997, capítulo 3). Específicamente, suponemos la siguiente función del costo real:

$$\begin{aligned} C_{t+1}^B &= C^B(L_t, D_t, z_t P_t) = \\ &= \frac{1}{2} \left[a_L^B \left(\frac{L_t}{z_t P_t} \right)^2 + a_D^B \left(\frac{D_t}{z_t P_t} \right)^2 - 2a_0^B \left(\frac{L_t}{z_t P_t} \right) \left(\frac{D_t}{z_t P_t} \right) \right] \\ &= \frac{1}{2} \left[\frac{a_L^B L_t^2 + a_D^B D_t^2 - 2a_0^B L_t D_t}{(z_t P_t)^2} \right], \quad (a_L^B > a_0^B > 0, a_D^B > a_0^B,). \end{aligned} \quad (93)$$

El banco representativo maximiza la ganancia esperada cada período:

$$E_t \Pi_{t+1}^B = i_t^L L_t + i_t B_t^{CB} - i_t^D D_t - \delta_{t+1}^e i_t^B S_t B_t^{*B} (1 - \gamma^{FX}) - P_t z_t C_{t+1}^B$$

sujeto a su restricción de balance (91), su restricción de oferta de fondos extranjeros (92) y su función de costos (93). De la solución de este programa se obtiene la oferta de préstamos y depósitos en términos del margen del préstamos $i_t^L - i_t$ y del margen del depósitos $(1 - \gamma_t^B - \gamma_t^R) i_t - i_t^D$ así como la demanda de financiamiento extranjero bajo la forma de una relación de «paridad de tasas de interés no cubierta ajustada por riesgo»:

$$L_t^S = \frac{z_t P_t}{a^B} \{ a_D^B (i_t^L - i_t) + a_0^B [(1 - \gamma_t^B - \gamma_t^R) i_t - i_t^D] \} \quad (94)$$

$$D_t^S = \frac{z_t P_t}{a^B} \{ a_L^B [(1 - \gamma_t^B - \gamma_t^R) i_t - i_t^D] + a_0^B (i_t^L - i_t) \} \quad (95)$$

$$i_t = [\beta^B E_t \delta_{t+1} + (1 - \beta^B) \delta_t] \left[(1 + i_t^{**}) \varphi_B \left(\frac{S_t B_t^{*B}}{P_t z_t} \right) - 1 \right], \quad (96)$$

donde definimos la siguiente función auxiliar para el ajuste por riesgo a la paridad de tasas de interés no cubierta:

$$\varphi_B \left(\frac{S_t B_t^{*B}}{P_t z_t} \right) \equiv 1 + \phi_t^{**B} + p_B \left(\frac{S_t B_t^{*B}}{P_t z_t} \right) + \left(\frac{S_t B_t^{*B}}{P_t z_t} \right) p_B' \left(\frac{S_t B_t^{*B}}{P_t z_t} \right). \quad (97)$$

Obsérvese que los supuestos sobre a_L^B , a_D^B y a_0^B implican:

$$a^B \equiv a_L^B a_D^B - (a_0^B)^2 > 0.$$

Dados nuestros supuestos sobre $p_B(\cdot)$, la positividad de a^B es necesaria y suficiente para asegurar que las condiciones de primer orden arrojen el máximo de ganancias. Los costos y ganancias óptimas resultantes del banco son:

$$\begin{aligned} C_{t+1}^B &= \frac{1}{2a^B} \left\{ a_D^B [i_t^L - i_t]^2 + a_L^B [(1 - \gamma_t^B - \gamma_t^R) i_t - i_t^D]^2 \right. \\ &\quad \left. + 2a_0^B [i_t^L - i_t] [(1 - \gamma_t^B - \gamma_t^R) i_t - i_t^D] \right\}. \\ \frac{\Pi_{t+1}^B}{z_t P_t} &= C_{t+1}^B + \left(\frac{S_t B_t^{*B}}{P_t z_t} \right)^2 p_B' \left(\frac{S_t B_t^{*B}}{P_t z_t} \right). \end{aligned}$$

Dadas L_t^S , D_t^S y B_t^{*B} , la demanda agregada de los bancos de bonos del Banco Central está dada por la restricción de balance agregada del banco:

$$B_t^{CB,D} = (1 - \gamma_t^B - \gamma_t^R)D_t^S + (1 - \gamma^{FX})S_t B_t^{*B} - L_t^S. \quad (98)$$

8. El sector público

El sector público está compuesto por el Gobierno y el Banco Central.

8.1. El Gobierno

El Gobierno emite bonos denominados en moneda extranjera en los mercados internacionales, obtiene préstamos de los bancos y paga intereses sobre estos bonos y préstamos, gasta en bienes y recauda impuestos. Suponemos que la política fiscal consiste en trayectorias exógenas para la recaudación de impuestos *lump sum* nominales (T_t), préstamos bancarios nominales (L_t^G) y gastos reales (G_t). El Gobierno financia todo déficit resultante emitiendo bonos denominados en moneda extranjera (B_t^{*G}). Se supone que las trayectorias exógenas son compatibles con una deuda del gobierno finita en el EE. Para mantener bonos del gobierno denominados en moneda extranjera, los inversores extranjeros cobran una prima de riesgo sobre la tasa de interés extranjera libre de riesgo (i_t^{**}). Como en el caso de los bancos, la (función de) prima de riesgo es dada en forma exógena y se supone que tiene un componente estocástico exógeno (un *shock* de financiamiento externo) y un componente endógeno que es una función creciente del pasivo extranjero neto del sector público ajustado por tendencia. En consecuencia, la tasa de interés bruta sobre la deuda externa del gobierno es:

$$1 + i_t^G = (1 + i_t^{**}) \left[1 + \phi_t^{**G} + p_G \left(\frac{S_t(B_t^{*G} - R_t^{*CB})}{P_t z_t} \right) \right]. \quad (99)$$

donde $p_G' > 0$ y R_t^{*CB} representa las reservas internacionales del Banco Central. La restricción presupuestaria de flujo del Gobierno es:

$$S_t B_t^{*G} + L_t^G = P_t G_t - T_t + (1 + i_{t-1}^G) S_t B_{t-1}^{*G} + (1 + i_{t-1}^L) L_{t-1}^G. \quad (100)$$

8.2. El Banco Central

El Banco Central emite moneda (M_t^0), bonos en moneda doméstica (B_t^{CB}) y certificados de deuda a bancos por reservas no-remuneradas (R_t^B) y mantiene reservas internacionales (R_t^{*CB}) en forma de bonos libres de riesgo denominados en moneda extranjera emitidos en el extranjero. Suponemos que los bonos del Banco Central sólo son mantenidos por los bancos domésticos. La restricción presupuestaria (de flujo) del Banco Central es:

$$\begin{aligned} M_t^0 + R_t^B + B_t^{CB} - S_t R_t^{*CB} &= M_{t-1}^0 + R_{t-1}^B + (1 + i_{t-1}) B_{t-1}^{CB} - (1 + i_{t-1}^*) S_t R_{t-1}^{*CB} \\ &= [M_{t-1}^0 + R_{t-1}^B + B_{t-1}^{CB} - S_{t-1} R_{t-1}^{*CB}] - [i_{t-1}^* S_t R_{t-1}^{*CB} + (S_t - S_{t-1}) R_{t-1}^{*CB} - i_{t-1} B_{t-1}^{CB}] \end{aligned} \quad (101)$$

El segundo término entre corchetes después del último signo de igualdad es el superávit cuasi-fiscal del Banco Central. Incluye el interés ganado y las ganancias de capital sobre las reservas internacionales menos el interés pagado sobre sus bonos. Suponemos que el Banco Central transfiere su superávit (o déficit) cuasi-fiscal al Gobierno cada período. En consecuencia la «restricción» de balance del Banco Central siempre se preserva:

$$M_t^0 + R_t^B = S_t R_t^{*CB} - B_t^{CB}. \quad (102)$$

En nuestro modelo, esta ecuación define implícitamente el respaldo del Banco Central de su base monetaria ($M_t^0 + R_t^B$) con sus reservas internacionales netas de sus pasivos en bonos. El Banco Central provee la base monetaria demandada por los hogares y los bancos y puede influir en esta oferta modificando R_t^{*CB} o B_t^{CB} , es decir, interviniendo en el mercado cambiario o en el mercado de bonos del Banco Central (e interbancario).

Sumando (100) y (101) término a término se obtiene la restricción presupuestaria del sector público consolidado:

$$\begin{aligned} M_t^0 + R_t^B + B_t^{CB} + S_t(B_t^{*G} - R_t^{*CB}) + L_t^G = P_t G_t - T_t + (1 + i_{t-1}^L) L_{t-1}^G \\ + M_{t-1}^0 + R_{t-1}^B + (1 + i_{t-1}) B_{t-1}^{CB} + (1 + i_{t-1}^G) S_t B_{t-1}^{*G} - (1 + i_{t-1}^{**}) S_t R_{t-1}^{*CB}. \end{aligned} \quad (103)$$

Utilizando (102) y su equivalente para $t - 1$, esta expresión se reduce a:

$$S_t B_t^{*G} = (1 + i_{t-1}^G) S_t B_{t-1}^{*G} - QF_t - GD_t, \quad (104)$$

donde QF_t es el superávit cuasi-fiscal del Banco Central y GD_t es el superávit doméstico del Gobierno:

$$\begin{aligned} QF_t &\equiv [i_{t-1}^{**} + (1 - S_{t-1}/S_t)] S_t R_{t-1}^{*CB} - i_{t-1} B_{t-1}^{CB} \\ GD_t &\equiv T_t - P_t G_t + L_t^G - (1 + i_{t-1}^L) L_{t-1}^G \end{aligned}$$

El Gobierno vende bonos en moneda extranjera en los mercados de capitales internacionales en la medida que la suma de sus pagos de devolución de capital y de intereses sobre estos bonos supera la suma del valor en moneda doméstica del superávit cuasi-fiscal del Banco Central y el superávit doméstico del Gobierno. El superávit cuasi-fiscal del Banco Central está compuesto por las ganancias de interés sobre las reservas internacionales, más las ganancias de capital sobre las reservas internacionales debido a las alteraciones en el tipo de cambio y menos los pagos de interés sobre su *stock* de bonos en pesos.

9. Ecuaciones de equilibrio de mercado, PIB y balanza de pagos

9.1. Equilibrio de mercado

En el mercado de alquiler de capital físico, el equilibrio de mercado significa que la oferta de los hogares de capital físico al nivel de intensidad óptima equivale a las demandas del sector doméstico (56) y primario (70):

$$(\tau'_u)^{-1}(i_t^K)K_t = a^q \frac{mC_t}{(1 + \varsigma_t^W i_{t-1}^L)i_t^K} [Q_t + z_t F^D] + \beta_A \frac{e_t p^{**A}}{i_t^K} A_t. \quad (105)$$

En el mercado de trabajo, la oferta laboral de los hogares h_t equivale a la demanda de las empresas domésticas (57):

$$h_t = b^q \frac{mC_t}{(1 + \varsigma_t^W i_{t-1}^L)w_t} [Q_t + z_t F^D]. \quad (106)$$

En el mercado de préstamos, la oferta de préstamos bancarios (dada por (94), que mantenemos como una ecuación separada) equivale a la demanda de préstamos de las empresas (62) y el gobierno:

$$\frac{L_t}{P_t} = E_t \{ f_L (1 + i_t^L) mC_{t+1} [Q_{t+1} + z_{t+1} F^D] \} + \frac{L_t^G}{P_t}. \quad (107)$$

Obsérvese que en las últimas tres ecuaciones mC_t está dada por (61).

En el mercado de depósitos, la demanda de depósitos de los hogares equivale a la oferta de depósitos bancarios (95):

$$\frac{D_t}{P_t} = (z_t/a^B) \{ a_L^B [(1 - \gamma_t^B - \gamma_t^R) i_t - i_t^D] + a_0^B (i_t^L - i_t) \} \quad (108)$$

En el mercado de bonos del Banco Central, se cancelan entre sí los préstamos interbancarios y la oferta de bonos del Banco Central B_t^{CB} equivale a la demanda bancaria agregada (98):

$$B_t^{CB} = (1 - \gamma_t^B - \gamma_t^R) D_t + (1 - \gamma^{FX}) S_t B_t^{*B} - L_t, \quad (109)$$

donde la oferta del Banco Central se deriva de su restricción de balance (102), que mantenemos como una ecuación separada.

En el mercado de efectivo, la oferta monetaria equivale a la demanda de los hogares (26) y bancaria:

$$M_t^0 = \mathcal{L}(1 + i_t^D) [P_t^C C_t + P_t^V V_t] + \gamma_t^B D_t. \quad (110)$$

En el mercado de bienes domésticos, el producto de las empresas domésticas Q_t debe satisfacer la demanda final de los hogares y el Gobierno, la demanda intermedia del sector de exportaciones de bienes manufacturados, del sector primario y del sector bancario, así como el consumo de bienes relacionados con los costos anormales de utilización del capital y los costos de transacción:

$$Q_t = a_D p_t^C C_t + b_D p_t^V V_t + G_t + X_t^M + Q_t^{DA} + z_t C_{t+1}^B + \tau_u ((\tau'_u)^{-1}(i_t^K)) K_t + \tilde{\tau}_M (1 + i_t^D) (p_t^C C_t + p_t^V V_t). \quad (111)$$

Finalmente, en el mercado de bienes primarios, la oferta de bienes equivale a la demanda intermedia de las empresas domésticas (58) más la demanda para exportación:

$$A_t = c^q \frac{mc_t}{(1 + \varsigma_t^A i_{t-1}^L) e_t p_t^{**A}} [Q_t + z_t F^D] + X_t^A. \quad (112)$$

9.2. PIB

El total de importaciones N_t , es la suma de la demanda de los hogares y las empresas:

$$P_t^N N_t = (1 - a_D) P_t^C C_t + (1 - b_D) P_t^V V_t + P_t^N N_t^D. \quad (113)$$

Utilizando (38), (45) y (113), podemos expresar el producto doméstico (111) como:

$$\begin{aligned} Q_t &= p_t^C C_t + p_t^V V_t + G_t + X_t^M - p_t^N (C_t^N + V_t^N - Q_t^{IN}) + Q_t^{ID} + p_t^N Q_t^{IN} \\ &= (p_t^C C_t + p_t^V V_t + G_t + X_t^M + p_t^A X_t^A - p_t^N N_t) - p_t^A X_t^A + Q_t^{ID} + p_t^N Q_t^{IN} \\ &= Y_t - p_t^A X_t^A + Q_t^{ID} + p_t^N Q_t^{IN}. \end{aligned} \quad (114)$$

donde definimos el producto intermedio de origen doméstico e importado y el PIB real en términos de bienes domésticos como:

$$Q_t^{ID} = Q_t^{DA} + z_t C_{t+1}^B + \tau_u ((\tau_u')^{-1} (i_t^K)) K_t + \tilde{\tau}_M (1 + i_t^D) (p_t^C C_t + p_t^V V_t) \quad (115)$$

$$Q_t^{IN} = N_t^D. \quad (116)$$

$$Y_t = p_t^C C_t + p_t^V V_t + G_t + X_t^M + p_t^A X_t^A - p_t^N N_t. \quad (117)$$

9.3. La balanza de pagos

Utilizando (26) en (27), la restricción presupuestaria agregada nominal de los hogares (10) (donde los Υ_t se cancelan) se convierte en:

$$\begin{aligned} (M_t^{0,H} - M_{t-1}^{0,H}) + (D_t - D_{t-1}) &= \Pi_t + W_t h_t + [i_t^K u_t - \tau_u(u_t)] P_t K_t \\ &\quad + i_{t-1}^D D_{t-1} - [1 + \tilde{\tau}_M ((1 + i_t^D))] (P_t^C C_t + P_t^V V_t) - T_t. \end{aligned} \quad (118)$$

Aquí Π_t es la suma de las ganancias de los cuatro tipos de empresas (domésticas, primarias, importadoras y manufactureras) y de los bancos:

$$\begin{aligned} \Pi_t &= \Pi_t^D + \Pi_t^A + \Pi_t^N + \Pi_t^{MX} + \Pi_t^B \\ &= (P_t Q_t - W_t h_t - P_t i_t^K u_t K_t^D - S_t P_t^{**A} Q_t^{AD} - P_t^N N_t^D - i_t^L L_t^F) \\ &\quad + (S_t P_t^{**A} (X_t^A + Q_t^{AD}) - P_t Q_t^{DA} - P_t i_t^K u_t K_t^A) \\ &\quad + (P_t^N - S_t P_t^{**N}) N_t + (S_t P_t^{*MX} - P_t) X_t^M \\ &\quad + [i_{t-1}^L L_{t-1} + i_{t-1} B_{t-1}^{CB} - i_{t-1}^D D_{t-1} - \delta i_{t-1}^B S_{t-1} B_{t-1}^B (1 - \gamma^{FX}) \\ &\quad - \Delta S_t B_t^{*B} (1 - \gamma^{FX}) - C_t^B z_{t-1} P_{t-1}]. \end{aligned} \quad (119)$$

Adviértase que debemos restar las pérdidas de capital de la deuda externa bancaria a fin de obtener las ganancias bancarias realizadas durante el período t . Consolidando (103), (118) y (119), tomando en cuenta (111) - (117) y la restricción de balance consolidado de bancos y empresas (por la cual se cancelan los préstamos a las empresas) se obtiene la ecuación de la balanza de pagos:

$$(R_t^{*CB} - R_{t-1}^{*CB}) - (B_t^{*G} - B_{t-1}^{*G}) - (B_t^{*B} - B_{t-1}^{*B}) = TB_t + i_{t-1}^{**} R_{t-1}^{*CB} - i_{t-1}^G B_{t-1}^{*G} - i_{t-1}^B B_{t-1}^{*B}. \quad (120)$$

donde definimos la balanza comercial como:

$$TB_t \equiv p_t^{*MX} X_t^M + p_t^{**A} X_t^A - N_t.$$

A continuación también utilizamos una ecuación que consolida la ecuación de la balanza de pagos y la ecuación del sector público consolidado (104):

$$R_t^{*CB} - B_t^{*B} = (1 + i_{t-1}^{**}) R_{t-1}^{*CB} - (1 + i_{t-1}^B) B_{t-1}^{*B} + TB_t - (QF_t + GD_t)/S_t. \quad (121)$$

10. Política monetaria

Hemos realizado el esfuerzo de incluir a los bancos y al Banco Central con cierto grado de detalle a fin de poder considerar políticas monetarias (incluyendo la cambiaria) alternativas dentro de un marco unificado y, en particular, para generar un modelo de régimen de flotación cambiaria administrada (FCA). El último es el régimen que utilizamos para la solución numérica del presente modelo. En este régimen, el Banco Central, a través de sus intervenciones habituales en los mercados monetarios y cambiarios, está en condiciones de apuntar a lograr una meta operacional para la tasa de interés i_t y simultáneamente una meta operacional para la tasa de depreciación nominal δ_t a través de sendas reglas simple de retroalimentación.

Desde un punto de vista más general, definimos las políticas monetarias alternativas según el ancla nominal que prevalece y cómo se definen las metas operacionales y las reglas de retroalimentación, y consideramos dos grandes clases de políticas monetarias: el tipo de cambio deslizando, en el que el ancla nominal es el tipo de cambio nominal, y la fijación de metas inflacionarias, en la cual el ancla nominal es la meta de inflación. En el caso del tipo de cambio deslizando (*crawling peg*), el Banco Central interviene principalmente en el mercado cambiario apuntando a lograr una determinada depreciación nominal de la tasa de la moneda doméstica. En el caso de la fijación de metas inflacionarias, el Banco Central interviene principalmente en el mercado interbancario, apuntando a lograr una determinada meta operacional para la tasa de interés nominal (de corto plazo) que considera apropiada para alcanzar una meta inflacionaria. En consecuencia, existen dos regímenes de política monetaria *puros* (o «extremos»). En el caso de un régimen de *crawling peg* puro (CPP), el Banco Central no interviene activamente en absoluto en el mercado monetario. Esto significa que las reservas internacionales del Banco Central crecen a la tasa de crecimiento tendencial de la economía. Un caso particular de este

régimen es un tipo de cambio fijo.¹² El régimen ubicado en el extremo opuesto es la flotación cambiaria pura (FCP). En este régimen el Banco Central no interviene activamente en absoluto en el mercado cambiario, con lo cual queremos decir que sus pasivos en bonos en pesos reales crecen a la tasa de crecimiento tendencial de la economía.

El último es el caso que más captura la atención en la literatura, quizás debido al grado de flexibilidad cambiaria mucho mayor que existe en los países desarrollados y al alto y creciente uso de una política monetaria de fijación de metas inflacionarias. En algunos países desarrollados, como los EE.UU. y Japón, las intervenciones en el mercado cambiario son esporádicas y principalmente tienen un objetivo de señalización. Sin embargo, ésta no es la situación típica ya que en la mayoría de los países desarrollados la intervención del mercado cambiario con el objeto de influir en la tasa cambiaria nominal es bastante común (ver Bofinger y Wollmerhäuser, 2001; y Wollmerhäuser, 2003). En los países en desarrollo la intervención diaria en el mercado cambiario es incluso más frecuente y a menudo es la acción de política más importante que ejerce el Banco Central.

Dado que nuestro modelo principalmente apunta a ser utilizado en los países en desarrollo, lo construimos a fin de permitir una amplia gama de políticas monetarias alternativas. A continuación, consideramos los dos extremos «puros» (atípicos) que acabamos de mencionar, pero principalmente desarrollamos el caso de una flotación de tipo de cambio administrada (FCA) en la que el Banco Central busca metas de tasa de inflación, de producto y de TCR a través de dos reglas simples de retroalimentación: una para la meta operacional para la tasa de interés (del «mercado monetario»), y otra que define su política de intervención en el mercado cambiario y puede alternativamente fijarse en términos de meta operacional para la tasa de depreciación nominal.

A continuación, consideramos estas políticas monetarias alternativas más explícitamente. Nuestro objetivo se concentra más en obtener un marco consistente que pueda tratar con las complejidades verdaderas de las políticas monetarias de los países en desarrollo que en la propuesta o análisis de una política monetaria «mixta» en particular con dos instrumentos de política paralelos.

10.1. Régimen de *crawling peg* puro (CPP)

Definimos el régimen de *crawling peg* puro como un régimen en el que el Banco Central se abstiene de intervenir activamente en el mercado monetario. En consecuencia, mantiene su pasivo real de bonos en moneda doméstica con un crecimiento que acompaña la tendencia de crecimiento de la economía:

$$\frac{B_t^{CB}}{P_t} = b_0^{CB} z_t, \quad \forall t.$$

Además, el Banco Central ata el tipo de cambio nominal a la moneda extranjera interviniendo en el mercado cambiario a fin de asegurar que la tasa de depreciación nominal siga un sendero meta predeterminado $\{\delta_t^T\}$, de manera tal que $S_t/S_{t-1} = \delta_t^T$, para todo

¹² En particular, una caja de conversión es una versión extrema de un régimen de tipo de cambio fijo en el que se apunta a que el nivel del tipo de cambio nominal sea fijo «para siempre».

t . Restringimos la atención a los senderos que convergen a una constante δ^T en un tiempo finito. Esto implica que el Banco Central compra toda oferta en exceso o satisface toda demanda en exceso de divisas que el sector privado pueda tener al tipo de cambio nominal $S_t = S_{t-1} \delta_t^T$. Podríamos formalizar esto como una regla de retroalimentación infinitamente rápida con la que el Banco Central contrarresta las apreciaciones (depreciaciones) nominales (excesivas) comprando (vendiendo) reservas internacionales («recostándose contra el viento»). En el caso que se considera aquí, el Banco Central contrarresta todo desvío de la tasa de depreciación nominal de su sendero hacia la meta. En consecuencia, la siguiente ecuación debe incluirse en el sistema:

$$\delta_t = \delta_t^T, \quad \forall t. \quad (122)$$

En el caso particular de una política de tipo de cambio deslizante fijo, la tasa de depreciación nominal es mantenida a un nivel constante δ^T , y en el caso en particular de una política de tipo de cambio fijo, ese nivel constante es la unidad.¹³

10.2. Régimen de flotación cambiaria pura (FCP)

Existen diversas posibilidades para las reglas de retroalimentación de la política monetaria que pueden definir la meta operacional del Banco Central para la tasa de interés nominal i_t . Una bastante general es aquella en la que el Banco Central responde simultáneamente a desvíos de la tasa de inflación doméstica bruta de una trayectoria meta $\{\pi_t^T\}$, a desvíos de la tasa de inflación del consumo (46) de una trayectoria meta $\{\pi_t^{CT}\}$, a desvíos del nivel del PIB ajustado por tendencia de una trayectoria meta $\{(Y_t/z_t)^T\}$, y posiblemente también a desvíos de la TCR de una trayectoria meta $\{e_t^T\}$ (como fue sugerido por Smets y Wouters, 2002; y ALLV, 2005a) y a los desvíos del TCR rezagado de la trayectoria meta. Se supone que todas estas trayectorias, si varían en el tiempo, convergen a una constante en un tiempo finito, y en el caso de las trayectorias meta del producto ajustado por tendencia y del TCR, deben converger a sus niveles de EE no-estocásticos. También introducimos dependencia de la historia (*history dependence*) de la tasa de interés nominal a través de la presencia de la tasa de interés rezagada. Entonces, la regla simple de retroalimentación de la tasa de interés es la siguiente:

$$1 + i_t = (\Xi^{TR})^{1-h_0} (1 + i_{t-1})^{h_0} \left(\frac{\pi_t}{\pi_t^T} \right)^{h_1} \left(\frac{\pi_t^C}{\pi_t^{CT}} \right)^{h_2} \left(\frac{Y_t/z_t}{(Y_t/z_t)^T} \right)^{h_3} \left(\frac{e_t}{e_t^T} \right)^{h_4} \left(\frac{e_{t-1}}{e_{t-1}^T} \right)^{-h_5}, \quad (123)$$

$$h_0, h_1, h_2, h_3, h_4, h_5 \geq 0, \quad h_1 h_2 = 0, \quad h_1 + h_2 > 1,$$

donde:

$$\Xi^{TR} \equiv \frac{\pi^T}{\pi} (1 + i). \quad (124)$$

Hay varios comentarios para hacer. 1) El término multiplicativo (124) de la regla de retroalimentación está diseñado para obtener un EE consistente para el modelo, en el que la meta de inflación (de EE) es alcanzada. Abordamos en detalle el EE en la sección 13 más adelante. 2) Suponemos que sólo una de las metas inflacionarias es utilizada

¹³ En el caso aun más particular de una caja de conversión, es igual a la unidad «para siempre».

($h_1 h_2 = 0$) y normalmente suponemos que la regla de retroalimentación tiene la «propiedad de Taylor» ($h_1 > 1$ o $h_2 > 1$) por la cual el Banco Central responde al desvío esperado de la inflación (ya sea doméstica o IPC) con respecto a la meta incrementando la tasa de interés real esperada (y no solamente la tasa de interés nominal). 3) Normalmente suponemos que el coeficiente de suavización de la tasa de interés h_0 no es mayor que uno, pero no descartamos la posibilidad de tener reglas de política «superinerciales» para la tasa de interés nominal ($h_0 > 1$) (ver Woodford, 2003, capítulo 2). 4) Damos lugar a la posibilidad de que la regla de retroalimentación de la tasa de interés responda al TCR, dado que este precio relativo es particularmente importante en la mayoría de los países en desarrollo para la determinación no sólo de la inflación sino también de su competitividad (en el corto plazo) en los mercados externos. 5) Una posible variante es hacer que la regla de retroalimentación de la tasa de interés responda a la inflación salarial. En dicho caso π_t podría ser reemplazada por π_t^w en (123). 6) Otra variante para la regla de retroalimentación consiste en adoptar una función de reacción que mira hacia el futuro, reemplazando el desvío de la inflación de su meta por el desvío esperado para el o los próximos períodos $E_t(\pi_{t+1}/\pi_{t+1}^T)$ (y de igual manera para las tasas de IPC o inflación salarial). 7) En un modelo trimestral, la meta de inflación típicamente sería una tasa año a año π_t^A mientras que π_t sería una tasa trimestre a trimestre. En consecuencia, deberíamos incorporar la ecuación que relaciona a ambas, cuya versión log-lineal es:

$$\hat{\pi}_t^A = \hat{\pi}_t + \hat{\pi}_{t-1} + \hat{\pi}_{t-2} + \hat{\pi}_{t-3}$$

(y de igual manera, para las tasas de IPC o las metas de inflación salarial).

Dentro de un régimen FCP, además de seguir una regla simple de retroalimentación para la tasa de interés, el Banco Central se abstiene de intervenir activamente en el mercado cambiario. Esto significa que mantiene el valor real de sus reservas internacionales creciendo a la tasa de crecimiento tendencial de la economía:

$$\frac{R_t^{*CB}}{P_t^{**N}} = r_0 z_t, \quad \forall t.$$

10.3. Régimen de flotación cambiaria administrada (FCA)

En un sistema de flotación cambiaria administrada (FCA), además de seguir la regla simple de retroalimentación para la tasa de interés, el Banco Central interviene activamente en el mercado cambiario. Además, suponemos que el Banco Central tiene una meta operacional de largo plazo para el nivel de las reservas internacionales. La siguiente es una regla de retroalimentación bastante general para las reservas internacionales, en la cual el Banco Central tiene una preferencia por suavizar las variaciones en el nivel de reservas internacionales, y además tiene una meta de largo plazo (γ^T) para la fracción del total del pasivo del sistema financiero que está respaldado por reservas internacionales del Banco Central:

$$\frac{R_t^{*CB}}{P_t^{**N} z_t} = (\Xi^{FX})^{1-k_0} \left(\frac{R_{t-1}^{*CB}}{P_{t-1}^{**N} z_{t-1}} \right)^{k_0} \left(\frac{\pi_t}{\pi_t^T} \right)^{-k_1} \left(\frac{\pi_t^C}{\pi_t^{CT}} \right)^{-k_2} \left(\frac{Y_t/z_t}{(Y_t/z_t)^T} \right)^{-k_3} \quad (125)$$

$$\times \left(\frac{e_t}{e_t^T} \right)^{-k_4} \left(\frac{e_{t-1}}{e_{t-1}^T} \right)^{k_5}, \quad k_0 \in (0, 1), k_1 > 0$$

donde

$$\Xi^{FX} \equiv \gamma^T \frac{M^{0,H} + D + (1 - \gamma^{FX}) e B^{*B} / P^{**N}}{z P e} \quad (126)$$

El término multiplicativo (126) está diseñado para obtener un EE consistente en el que la meta de las reservas es satisfecha. Obsérvese que dentro de esta regla de retroalimentación de política el Banco Central no apunta a ningún nivel específico de tipo de cambio nominal. Sin embargo, tiene una política de responder sistemáticamente a los acontecimientos a través de la compra y venta de reservas. El ancla nominal aún es la meta de inflación, como cuando existe una flotación pura. Sin embargo, no es nuestra intención enfatizar esto exageradamente, dado que más adelante veremos, cuando consideremos el EE del modelo, que para toda «meta de inflación» de largo plazo hay una correspondiente «meta de depreciación nominal» de largo plazo. Más aun, siempre que $k_4 \neq 1$, uno siempre puede obtener de la regla de retroalimentación precedente una regla de retroalimentación equivalente para la tasa de depreciación nominal. Utilizando minúsculas para las variables estacionarias que introducimos en la sección 12 más adelante, las versiones log-lineales de la identidad (130), del balance del Banco Central (134) y de (125) (con $k_1 = 0$ y sin trayectorias meta) son:

$$\hat{\delta}_t = \hat{e}_t - \hat{e}_{t-1} + \hat{\pi}_t - \hat{\pi}_t^{**N}$$

$$\hat{r}_t^{*CB} = a_1^{CB} \hat{m}_t^0 + a_2^{CB} (\hat{d}_t + \hat{\gamma}_t^R) + (1 - a_1^{CB} - a_2^{CB}) \hat{b}_t^{CB} - \hat{e}_t$$

$$\hat{r}_t^{*CB} = k_0 \hat{r}_{t-1}^{*CB} - k_2 \hat{\pi}_t^C - k_3 \hat{y}_t - k_4 \hat{e}_t + k_5 \hat{e}_{t-1}.$$

Manipulando estas ecuaciones se obtiene una regla de retroalimentación equivalente para la tasa de depreciación nominal:

$$\hat{\delta}_t = -\hat{e}_{t-1} + \hat{\pi}_t - \hat{\pi}_t^{**N} + \frac{k_4}{k_4 - 1} \left[k_0 \hat{r}_{t-1}^{*CB} - k_2 \hat{\pi}_t^C - k_3 \hat{y}_t + k_5 \hat{e}_{t-1} \right]$$

$$- \frac{1}{k_4 - 1} \left[a_1^{CB} \hat{m}_t^0 + a_2^{CB} (\hat{d}_t + \hat{\gamma}_t^R) + (1 - a_1^{CB} - a_2^{CB}) \hat{b}_t^{CB} \right].$$

Como en el caso de la meta operacional para la tasa de interés de corto plazo que el Banco Central logra (aproximadamente) por medio de operaciones de mercado abierto de alta frecuencia, podemos pensar en una meta operacional para la tasa de depreciación nominal que el Banco Central logra por medio de intervenciones en el mercado cambiario de alta frecuencia. El hecho de que el período de tiempo del modelo sea un trimestre (o un año) implica que no se pueden utilizar mecanismos de corrección de errores de alta frecuencia que sí podrían modelar el logro de estas metas operacionales en un modelo con un período de tiempo (mucho) más corto.

11. Enumeración de (la mayor parte) de las ecuaciones del sistema no-lineal

En esta sección reunimos las ecuaciones no-lineales encontradas hasta ahora que son comunes a todos los regímenes monetarios posibles. Para mayor claridad, reunimos las ecuaciones en unas pocas categorías y a cada una le asignamos un nombre distintivo que la caracteriza. En estas ecuaciones hemos utilizado (71) para eliminar p_t^A , (92) y (99) para eliminar i_t^B y i_t^G , y (116) y (59) para eliminar Q_t^{IN} y N_t^D .

Ecuaciones dinámicas que no son de política:

Consumo:

$$\frac{z_t^C}{C_t - \xi C_{t-1}} - \beta \xi E_t \left(\frac{z_{t+1}^C}{C_{t+1} - \xi C_t} \right) = \lambda_t \tilde{\varphi}_M (1 + i_t^D) p_t^C$$

Inversión:

$$\zeta_t z_t^V \varphi_V \left(\frac{V_t}{V_{t-1}} \right) + \beta E_t \left\{ \zeta_{t+1} z_{t+1}^V \tau'_V \left(\frac{V_{t+1}}{V_t} \right) \left(\frac{V_{t+1}}{V_t} \right)^2 \right\} = \lambda_t \tilde{\varphi}_M (1 + i_t^D) p_t^V$$

Utilidad marginal del capital físico instalado:

$$\zeta_t = \beta E_t \{ (1 - \delta^K) \zeta_{t+1} + \lambda_{t+1} \Gamma^K(i_{t+1}^K) \}$$

Utilidad marginal del ingreso real:

$$\lambda_t = \beta (1 + i_t^D) E_t \left(\frac{\lambda_{t+1}}{\pi_{t+1}} \right)$$

Acumulación de capital físico:

$$K_{t+1} = (1 - \delta^K) K_t + z_t^V V_t \left[1 - \tau_V \left(\frac{V_t}{V_{t-1}} \right) \right],$$

Ecuaciones de Phillips de la inflación salarial:

$$0 = E_t \sum_{j=0}^{\infty} (\beta \alpha_W)^j \lambda_{t+j} w_{t+j} h_{t+j} (\pi_{t+j}^w)^\psi \left\{ \left(\frac{\tilde{w}_t \pi_t^w}{\pi_{t+j}^w} \right) - \frac{\psi}{\psi - 1} \frac{\eta_H z_{t+j}^H h_{t+j}^\chi}{\lambda_{t+j} w_{t+j}} \left(\frac{\tilde{w}_t \pi_t^w}{\pi_{t+j}^w} \right)^{-\psi \chi} \right\}$$

$$(\pi_t^w)^{1-\theta} = \alpha_W (\pi_{t-1}^w)^{1-\theta} + (1 - \alpha_W) (\tilde{w}_t \pi_t^w)^{1-\theta}$$

Ecuaciones de Phillips de la inflación doméstica:

$$0 = E_t \sum_{j=0}^{\infty} (\beta \alpha)^j \bar{\Lambda}_{t+j} Q_{t+j} (\pi_{t+j})^\theta \left\{ \frac{\tilde{p}_t \pi_t}{\pi_{t+j}} - \frac{\theta}{\theta - 1} m c_{t+j} \right\},$$

$$\pi_t^{1-\theta} = \alpha \pi_{t-1}^{1-\theta} + (1 - \alpha) (\tilde{p}_t \pi_t)^{1-\theta}.$$

Ecuaciones de Phillips de la inflación de bienes importados:

$$0 = E_t \sum_{j=0}^{\infty} (\beta \alpha_N)^j \bar{\Lambda}_{t+j} N_{t+j} (\pi_{t+j}^N)^{\theta_N} \left\{ \frac{\tilde{p}_t^N \pi_t^N}{\pi_{t+j}^N} - \frac{\theta_N}{\theta_N - 1} \frac{e_{t+j}}{p_{t+j}^N} \right\}.$$

$$(\pi_t^N)^{1-\theta_N} = \alpha_N (\pi_{t-1}^N)^{1-\theta_N} + (1 - \alpha_N) (\tilde{p}_t^N \pi_t^N)^{1-\theta_N}.$$

Ecuaciones de Phillips de la inflación de las exportaciones manufacturadas:

$$0 = E_t \sum_{j=0}^{\infty} (\beta \alpha_X)^j \bar{\Lambda}_{t+j} X_{t+j} (\pi_{t+j}^{*X})^{\theta^*} \left\{ \frac{\tilde{p}_t^{*X} \pi_t^{*X}}{\pi_{t+j}^{*X}} - \frac{\theta^*}{\theta^* - 1} \frac{1}{e_{t+j} p_{t+j}^{*X}} \right\}.$$

$$(\pi_t^{*X})^{1-\theta^*} = \alpha_X (\pi_{t-1}^{*X})^{1-\theta^*} + (1 - \alpha_X) (\tilde{p}_t^{*X} \pi_t^{*X})^{1-\theta^*}.$$

Identidades:

$$\frac{w_t}{w_{t-1}} = \frac{\pi_t^w}{\pi_t}$$

$$\frac{p_t^N}{p_{t-1}^N} = \frac{\pi_t^N}{\pi_t}$$

$$\frac{p_t^{*MX}}{p_{t-1}^{*MX}} = \frac{\pi_t^{*MX}}{\pi_t^{**N}}$$

$$\frac{e_t}{e_{t-1}} = \frac{\delta_t \pi_t^{**N}}{\pi_t}$$

Fiscal:

$$\begin{aligned} \frac{e_t B_t^{*G}}{P_t^{**N}} = (1 + i_{t-1}^{**}) \left[1 + \phi_{t-1}^{**G} + p_G \left(\left(\frac{B_{t-1}^{*G}}{z_{t-1} P_{t-1}^{**N}} - \frac{R_{t-1}^{*CB}}{z_{t-1} P_{t-1}^{**N}} \right) e_{t-1} \right) \right] \frac{e_t B_{t-1}^{*G}}{\pi_t^{**N} P_{t-1}^{**N}} \\ - \frac{QF_t}{P_t} - \frac{GD_t}{P_t}. \end{aligned}$$

Superávit cuasi-fiscal del Banco Central:

$$\frac{QF_t}{P_t} = \left(1 + i_{t-1}^{**} - \frac{1}{\delta_t} \right) \frac{e_t R_{t-1}^{*CB}}{\pi_t^{**N} P_{t-1}^{**N}} - i_{t-1} \frac{B_{t-1}^{*CB}}{P_t}$$

Superávit doméstico del Gobierno:

$$\frac{GD_t}{P_t} = \frac{T_t}{P_t} - G_t + \frac{L_t^G - (1 + i_{t-1}^L) L_{t-1}^G}{P_t}$$

Balanza de pagos:

$$\begin{aligned} \frac{R_t^{*CB}}{P_t^{**N}} - \frac{B_t^{*B}}{P_t^{**N}} - \frac{B_t^{*G}}{P_t^{**N}} = TB_t + (1 + i_{t-1}^{**}) \frac{R_{t-1}^{*CB}}{\pi_t^{**N} P_{t-1}^{**N}} \\ - (1 + i_{t-1}^{**}) \left[1 + \phi_{t-1}^{**B} + p_B \left(\frac{B_{t-1}^{*B} e_{t-1}}{z_{t-1} P_{t-1}^{**N}} \right) \right] \frac{B_{t-1}^{*B}}{\pi_t^{**N} P_{t-1}^{**N}} \\ - (1 + i_{t-1}^{**}) \left[1 + \phi_{t-1}^{**G} + p_G \left(\left(\frac{B_{t-1}^{*G}}{z_{t-1} P_{t-1}^{**N}} - \frac{R_{t-1}^{*CB}}{z_{t-1} P_{t-1}^{**N}} \right) e_{t-1} \right) \right] \frac{B_{t-1}^{*G}}{\pi_t^{**N} P_{t-1}^{**N}}. \end{aligned}$$

Balanza comercial:

$$TB_t \equiv p_t^{*MX} X_t^M + p_t^{**A} X_t^A - N_t$$

Arbitraje bancario:

$$1 + i_t = 1 + [\beta^B E_t \delta_{t+1} + (1 - \beta^B) \delta_t] \left[(1 + i_t^{**}) \varphi_B \left(\frac{S_t B_t^{*B}}{P_t z_t} \right) - 1 \right]$$

Equilibrio del mercado de préstamos:

$$\frac{L_t}{P_t} = E_t \{ f_L (1 + i_t^L) m c_{t+1} [Q_{t+1} + z_{t+1} F^D] \} + \frac{L_t^G}{P_t}.$$

Costo marginal real:

$$m c_t = \frac{1}{K \epsilon_t} f_{MC} (1 + i_{t-1}^L) (i_t^K)^{a^q} \left(\frac{w_t}{z_t} \right)^{b^q} (p_t^A)^{c^q} (p_t^N)^{1-a^q-b^q-c^q}.$$

Demanda de importaciones:

$$p_t^N N_t = (1 - a_D) p_t^C C_t + (1 - b_D) p_t^V V_t + \frac{(1 - a^q - b^q - c^q) m c_t}{1 + \varsigma_t^N i_{t-1}^L} [Q_t + z_t F^D].$$

Equilibrio del mercado de alquiler de capital físico:

$$(\tau_u')^{-1} (i_t^K) K_t = a^q \frac{m c_t}{(1 + \varsigma_t^W i_{t-1}^L) i_t^K} [Q_t + z_t F^D] + \beta_A \frac{e_t p^{**A}}{i_t^K} A_t.$$

Equilibrio del mercado laboral:

$$h_t = b^q \frac{m c_t}{(1 + \varsigma_t^W i_{t-1}^L) w_t} [Q_t + z_t F^D]$$

Equilibrio del mercado de bienes domésticos:

$$Q_t = Y_t - e_t p^{**A} X_t^A + Q_t^{ID} + \frac{(1 - a^q - b^q - c^q) m c_t}{1 + \varsigma_t^N i_{t-1}^L} [Q_t + z_t F^D].$$

Exportaciones primarias:

$$X_t^A = A_t - c^q \frac{m c_t}{(1 + \varsigma_t^A i_{t-1}^L) e_t p_t^{**A}} [Q_t + z_t F^D].$$

Ecuaciones estáticas:

Equilibrio del mercado de depósitos:

$$\frac{D_t}{P_t} = \frac{z_t}{a^B} \{ a_L^B [(1 - \gamma_t^B - \gamma_t^R) i_t - i_t^D] + a_0^B (i_t^L - i_t) \}$$

Equilibrio del mercado de bonos del Banco Central:

$$\frac{B_t^{CB}}{P_t} = (1 - \gamma_t^B - \gamma_t^R) \frac{D_t}{P_t} + (1 - \gamma^{FX}) e_t \frac{B_t^{*B}}{P_t^{**N}} - \frac{L_t}{P_t}.$$

Equilibrio del mercado de efectivo:

$$\frac{M_t^0}{P_t} = \mathcal{L}(1 + i_t^D)[p_t^C C_t + p_t^V V_t] + \gamma_t^B \frac{D_t}{P_t}$$

PIB real:

$$Y_t = p_t^C C_t + p_t^V V_t + G_t + X_t^M + e_t p^{**A} X_t^A - p_t^N N_t.$$

Demanda intermedia de bienes domésticos:

$$Q_t^{ID} = \alpha_A e_t p^{**A} A_t + z_t C_{t+1}^B + \tilde{\tau}_M (1 + i_t^D) (p_t^C C_t + p_t^V V_t) + \tau_u ((\tau_u')^{-1} (i_t^K)) K_t$$

Oferta de préstamos:

$$\frac{L_t}{P_t} = \frac{z_t}{a^B} \{a_D^B (i_t^L - i_t) + a_0^B [(1 - \gamma_t^B - \gamma_t^R) i_t - i_t^D]\}$$

Balance del Banco Central:

$$\frac{B_t^{CB}}{P_t} = e_t \frac{R_t^{*CB}}{P_t^{**N}} - \frac{M_t^0}{P_t} - \gamma_t^R \frac{D_t}{P_t}.$$

Oferta de bienes primarios:

$$A_t = z_t \left(\kappa_A \frac{(e_t p_t^{**A})^{\alpha_A + \beta_A}}{(i_t^K)^{\beta_A}} \right)^{\frac{1}{1 - \alpha_A - \beta_A}}$$

Demanda de exportaciones de bienes manufacturados:

$$X_t^M = Y_t^{**} (p_t^{MX} p_t^{*X})^{-\theta^{**}}$$

Tasa de inflación de bienes de consumo:

$$\pi_t^C = \left[\frac{a_D}{a_D + a_N (p_{t-1}^N)^{1-\theta_C}} (\pi_t)^{1-\theta_C} + \left(1 - \frac{a_D}{a_D + a_N (p_{t-1}^N)^{1-\theta_C}} \right) (\pi_t^N)^{1-\theta_C} \right]^{\frac{1}{1-\theta_C}}$$

Costo real bancario:

$$C_{t+1}^B = \frac{1}{2} \left[a_L^B \left(\frac{L_t}{z_t P_t} \right)^2 + a_D^B \left(\frac{D_t}{z_t P_t} \right)^2 - 2a_0^B \left(\frac{L_t}{z_t P_t} \right) \left(\frac{D_t}{z_t P_t} \right) \right].$$

Precio relativo de los bienes de consumo:

$$p_t^C = \left[a_D + (1 - a_D) (p_t^N)^{1-\theta_C} \right]^{\frac{1}{1-\theta_C}}.$$

Precio relativo de los bienes de inversión:

$$p_t^V = \left[b_D + (1 - b_D) (p_t^N)^{1-\theta_V} \right]^{\frac{1}{1-\theta_V}}.$$

Hasta el momento tenemos 43 ecuaciones para determinar las siguientes 45 variables endógenas:

4 tasas de retorno: i_t^K, i_t, i_t^L, i_t^D .

6 tasas de inflación: $\pi_t^w, \pi_t, \pi_t^N, \pi_t^{*X}, \delta_t, \pi_t^C$.

11 precios relativos: $p_t^N, p_t^{*X}, w_t, e_t, \tilde{w}_t, \tilde{p}_t, \tilde{p}_t^N, \tilde{p}_t^{*X}, mc_t, p_t^C, p_t^V$.

11 flujos: $C_t, V_t, h_t, N_t, X_t^M, X_t^A, A_t, Q_t, Q_t^{ID}, Y_t, C_t^B$.

11 *stocks*: K_t , M_t^0/P_t , R_t^{*CB}/P_t^{**N} , B_t^{CB}/P_t , D_t/P_t , L_t/P_t , B_t^{*B}/P_t^{**N} , B_t^{*G}/P_t^{**N} , QF_t/P_t , GD_t/P_t , TB_t .
 2 multiplicadores de Lagrange: λ_t , ζ_t .

En consecuencia, tenemos espacio para las dos ecuaciones de política monetaria que definen los regímenes monetarios alternativos. En vez de enumerarlos ahora nuevamente (ver la sección 10), lo hacemos en la sección siguiente, donde colocamos el modelo en términos de variables estacionarias. Se incorporarán algunas ecuaciones adicionales cuando se especifiquen los supuestos sobre la relación entre las tasas de crecimiento de la EPA y el RM.

12. Las ecuaciones no-lineales en formato estacionario

A fin de tener un EE bien definido necesitamos expresar las ecuaciones del sistema en términos de variables estacionarias. La única fuente de crecimiento en este modelo es el progreso tecnológico, de modo que utilizamos letras minúsculas para expresar las variables con letras mayúsculas cuando están deflactadas por el *shock* de tecnología permanente en la producción de bienes domésticos z_t (o z_t^{**} en el caso de las variables del RM), y agregamos un superíndice $^\circ$ a los multiplicadores de Lagrange para denotar que están inflacionados por el mismo factor. Utilizamos el mismo superíndice para denotar el *shock* de tecnología permanente del RM comparado con el de la EPA (z_t°) (que está en minúscula desde un principio).

$$\begin{aligned}\bar{w}_t &= \frac{w_t}{z_t} = \frac{W_t}{P_t z_t}, & c_t &= \frac{C_t}{z_t}, & v_t &= \frac{V_t}{z_t}, & q_t &= \frac{Q_t}{z_t}, & y_t &= \frac{Y_t}{z_t}, \\ q_t^{ID} &= \frac{Q_t^{ID}}{z_t}, & k_{t+1} &= \frac{K_{t+1}}{z_t}, & n_t &= \frac{N_t}{z_t}, & x_t^M &= \frac{X_t^M}{z_t}, & x_t^A &= \frac{X_t^A}{z_t}, \\ a_t &= \frac{A_t}{z_t}, & g_t &= \frac{G_t}{z_t}, & m_t^0 &= \frac{M_t^0}{P_t z_t}, & d_t &= \frac{D_t}{P_t z_t}, & b_t^{CB} &= \frac{B_t^{CB}}{P_t z_t}, \\ r_t^{*CB} &= \frac{R_t^{*CB}}{P_t^{**N} z_t}, & b_t^{*B} &= \frac{B_t^{*B}}{P_t^{**N} z_t}, & b_t^{*G} &= \frac{B_t^{*G}}{P_t^{**N} z_t}, & t_t &= \frac{T_t}{P_t z_t}, \\ \ell_t &= \frac{L_t}{P_t z_t}, & \ell_t^G &= \frac{L_t^G}{P_t z_t}, & y_t^{**} &= \frac{Y_t^{**}}{z_t^{**}}, & \lambda_t^\circ &= \lambda_t z_t, & \zeta_t^\circ &= \zeta_t z_t, \\ \bar{\Lambda}_t^\circ &= \bar{\Lambda}_t z_t, & z_t^\circ &= \frac{z_t^{**}}{z_t}, & qf_t &= \frac{QF_t}{P_t z_t}, & gd_t &= \frac{GD_t}{P_t z_t}, & tb_t &= \frac{TB_t}{P_t^{**N} z_t}.\end{aligned}$$

Además, definimos la tasa de crecimiento del *shock* de tecnología permanente:

$$\mu_t^z \equiv \frac{z_t}{z_{t-1}}. \quad (128)$$

En consecuencia, reescribimos las ecuaciones del sistema no-lineal en el formato estacionario como:

Ecuaciones dinámicas que no son de política:

Consumo:

$$\mu_t^z \left(\frac{z_t^C}{c_t \mu_t^z - \xi c_{t-1}} \right) - \beta \xi E_t \left(\frac{z_{t+1}^C}{c_{t+1} \mu_{t+1}^z - \xi c_t} \right) = \lambda_t^\circ \tilde{\varphi}_M (1 + i_t^D) p_t^C$$

Inversión:

$$\begin{aligned} \zeta_t^\circ z_t^V \varphi_V \left(\frac{v_t}{v_{t-1}} \mu_t^z \right) + \beta E_t \left\{ \frac{\zeta_{t+1}^\circ z_{t+1}^V}{\mu_{t+1}^z} \tau_V' \left(\frac{v_{t+1}}{v_t} \mu_{t+1}^z \right) \left(\frac{v_{t+1}}{v_t} \mu_{t+1}^z \right)^2 \right\} \\ = \lambda_t^\circ \tilde{\varphi}_M (1 + i_t^D) p_t^V \end{aligned}$$

Utilidad marginal del capital físico instalado:

$$\zeta_t^\circ = \beta E_t \left\{ (1 - \delta^K) \left(\frac{\zeta_{t+1}^\circ}{\mu_{t+1}^z} \right) + \left(\frac{\lambda_{t+1}^\circ}{\mu_{t+1}^z} \right) \Gamma^K(i_{t+1}^K) \right\}$$

Utilidad marginal del ingreso real:

$$\lambda_t^\circ = \beta (1 + i_t^D) E_t \left(\frac{\lambda_{t+1}^\circ}{\mu_{t+1}^z \pi_{t+1}} \right)$$

Acumulación de capital físico:

$$k_{t+1} = (1 - \delta^K) \frac{k_t}{\mu_t^z} + z_t^V v_t \left[1 - \tau_V \left(\frac{v_t}{v_{t-1}} \mu_t^z \right) \right],$$

Ecuaciones de Phillips de la inflación salarial:

$$\begin{aligned} 0 = E_t \sum_{j=0}^{\infty} (\beta \alpha_W)^j \lambda_{t+j}^\circ \bar{w}_{t+j} h_{t+j} (\pi_{t+j}^w)^\psi \left\{ \left(\frac{\tilde{w}_t \pi_t^w}{\pi_{t+j}^w} \right) \right. \\ \left. - \frac{\psi}{\psi - 1} \frac{\eta_H z_{t+j}^H h_{t+j}^\chi}{\lambda_{t+j}^\circ \bar{w}_{t+j}} \left(\frac{\tilde{w}_t \pi_t^w}{\pi_{t+j}^w} \right)^{-\psi \chi} \right\} \end{aligned}$$

$$(\pi_t^w)^{1-\theta} = \alpha_W (\pi_{t-1}^w)^{1-\theta} + (1 - \alpha_W) (\tilde{w}_t \pi_t^w)^{1-\theta}$$

Ecuaciones de Phillips de la inflación doméstica:

$$0 = E_t \sum_{j=0}^{\infty} (\beta \alpha)^j \bar{\Lambda}_{t+j}^\circ q_{t+j} (\pi_{t+j})^\theta \left\{ \frac{\tilde{p}_t \pi_t}{\pi_{t+j}} - \frac{\theta}{\theta - 1} m c_{t+j} \right\},$$

$$\pi_t^{1-\theta} = \alpha \pi_{t-1}^{1-\theta} + (1 - \alpha) (\tilde{p}_t \pi_t)^{1-\theta}.$$

Ecuaciones de Phillips de la inflación de bienes importados:

$$0 = E_t \sum_{j=0}^{\infty} (\beta \alpha_N)^j \bar{\Lambda}_{t+j}^\circ n_{t+j} (\pi_{t+j}^N)^{\theta_N} \left\{ \frac{\tilde{p}_t^N \pi_t^N}{\pi_{t+j}^N} - \frac{\theta_N}{\theta_N - 1} \frac{e_{t+j}}{p_{t+j}^N} \right\}.$$

$$(\pi_t^N)^{1-\theta_N} = \alpha_N (\pi_{t-1}^N)^{1-\theta_N} + (1 - \alpha_N) (\tilde{p}_t^N \pi_t^N)^{1-\theta_N}.$$

Ecuaciones de Phillips de la inflación de las exportaciones manufacturadas:

$$0 = E_t \sum_{j=0}^{\infty} (\beta \alpha_X)^j \bar{\Lambda}_{t+j}^{\circ} x_{t+j}^M (\pi_{t+j}^{*MX})^{\theta^*} \left\{ \frac{\tilde{p}_t^{*MX} \pi_t^{*MX}}{\pi_{t+j}^{*MX}} - \frac{\theta^*}{\theta^* - 1} \frac{1}{e_{t+j} p_{t+j}^{*MX}} \right\}.$$

$$(\pi_t^{*MX})^{1-\theta^*} = \alpha_X (\pi_{t-1}^{*MX})^{1-\theta^*} + (1 - \alpha_X) (\tilde{p}_t^{*MX} \pi_t^{*MX})^{1-\theta^*}.$$

Identidades:

$$\frac{\bar{w}_t}{\bar{w}_{t-1}} = \frac{\pi_t^w}{\pi_t \mu_t^z}$$

$$\frac{p_t^N}{p_{t-1}^N} = \frac{\pi_t^N}{\pi_t}$$

$$\frac{p_t^{*MX}}{p_{t-1}^{*MX}} = \frac{\pi_t^{*MX}}{\pi_t^{**N}}$$

$$\frac{e_t}{e_{t-1}} = \frac{\delta_t \pi_t^{**N}}{\pi_t} \quad (130)$$

Fiscal:

$$b_t^{*G} = (1 + i_{t-1}^{**}) [1 + \phi_{t-1}^{**G} + p_G ((b_{t-1}^{*G} - r_{t-1}^{*CB}) e_{t-1})] \frac{b_{t-1}^{*G}}{\mu_t^z \pi_t^{**N}} - \frac{1}{e_t} (qf_t + gd_t). \quad (131)$$

Superávit cuasi-fiscal del Banco Central:

$$qf_t \equiv \left(1 + i_{t-1}^{**} - \frac{1}{\delta_t} \right) \frac{e_t r_{t-1}^{*CB}}{\pi_t^{**N} \mu_t^z} - i_{t-1} \frac{b_{t-1}^{*CB}}{\pi_t \mu_t^z}$$

Superávit doméstico del Gobierno:

$$gd_t = t_t - g_t + \ell_t^G - \frac{1 + i_{t-1}^L}{\mu_t^z \pi_t} \ell_{t-1}^G$$

Balanza de pagos:

$$r_t^{*CB} - b_t^{*B} - b_t^{*G} = t b_t + (1 + i_{t-1}^{**}) \left\{ \frac{r_{t-1}^{*CB}}{\mu_t^z \pi_t^{**N}} \right. \\ \left. - [1 + \phi_{t-1}^{**B} + p_B (b_{t-1}^{*B} e_{t-1})] \frac{b_{t-1}^{*B}}{\mu_t^z \pi_t^{**N}} \right. \\ \left. - [1 + \phi_{t-1}^{**G} + p_G ((b_{t-1}^{*G} - r_{t-1}^{*CB}) e_{t-1})] \frac{b_{t-1}^{*G}}{\mu_t^z \pi_t^{**N}} \right\}. \quad (132)$$

Balanza comercial:

$$t b_t = p_t^{*MX} x_t^M + p_t^{**A} x_t^A - n_t$$

Arbitraje bancario:

$$1 + i_t = 1 + [\beta^B E_t \delta_{t+1} + (1 - \beta^B) \delta_t] [(1 + i_t^{**}) \varphi_B (e_t b_t^{*B}) - 1] \quad (133)$$

Equilibrio del mercado de préstamos:

$$\ell_t = E_t \{ \mu_{t+1}^z f_L(1 + i_t^L) m c_{t+1} [q_{t+1} + F^D] \} + \ell_t^G$$

Costo marginal real:

$$m c_t = \frac{1}{\kappa \epsilon_t} f_{MC}(1 + i_{t-1}^L)(i_t^K)^{a^q} \bar{w}_t^{b^q} (e_t p_t^{**A})^{c^q} (p_t^N)^{1-a^q-b^q-c^q}.$$

Demanda de importaciones:

$$p_t^N n_t = (1 - a_D) p_t^C c_t + (1 - b_D) p_t^V v_t + \frac{(1 - a^q - b^q - c^q) m c_t}{1 + \varsigma_t^N i_{t-1}^L} [q_t + F^D]$$

Equilibrio del mercado de alquiler de capital físico:

$$(\tau_u')^{-1} (i_t^K) \frac{k_t}{\mu_t^z} = a^q \frac{m c_t}{(1 + \varsigma_t^K i_{t-1}^L) i_t^K} [q_t + F^D] + \beta_A \frac{e_t p_t^{**A}}{i_t^K} a_t$$

Equilibrio del mercado laboral:

$$h_t = b^q \frac{m c_t}{(1 + \varsigma_t^W i_{t-1}^L) \bar{w}_t} [q_t + F^D]$$

Equilibrio del mercado de bienes domésticos:

$$q_t = y_t - e_t p_t^{**A} x_t^A + q_t^{ID} + \frac{(1 - a^q - b^q - c^q) m c_t}{1 + \varsigma_t^N i_{t-1}^L} [q_t + F^D]$$

Exportaciones primarias:

$$x_t^A = a_t - c^q \frac{m c_t}{(1 + \varsigma_t^A i_{t-1}^L) e_t p_t^{**A}} [q_t + F^D]$$

Ecuaciones estáticas que no son de política:

Equilibrio del mercado de depósitos:

$$d_t = \frac{1}{a^B} \{ a_L^B [(1 - \gamma_t^B - \gamma_t^R) i_t - i_t^D] + a_0^B (i_t^L - i_t) \}$$

Equilibrio del mercado de bonos del Banco Central:

$$b_t^{CB} = (1 - \gamma_t^B - \gamma_t^R) d_t + (1 - \gamma^{FX}) e_t b_t^{*B} - \ell_t$$

Equilibrio del mercado de efectivo:

$$m_t^0 = \mathcal{L}(1 + i_t^D) [p_t^C c_t + p_t^V v_t] + \gamma_t^B d_t.$$

PIB real:

$$y_t = p_t^C c_t + p_t^V v_t + g_t + x_t^M + e_t p_t^{**A} x_t^A - p_t^N n_t.$$

Demanda intermedia de bienes domésticos:

$$q_t^{ID} = \alpha_A e_t p_t^{**A} a_t + C_{t+1}^B + \tilde{\tau}_M (1 + i_t^D) (p_t^C c_t + p_t^V v_t) + \tau_u ((\tau_u')^{-1} (i_t^K)) \frac{k_t}{\mu_t^z}$$

Oferta de préstamos:

$$\ell_t = \frac{1}{a^B} \{a_D^B(i_t^L - i_t) + a_0^B[(1 - \gamma_t^B - \gamma_t^R)i_t - i_t^D]\}$$

Balance del Banco Central:

$$b_t^{CB} = e_t r_t^{*CB} - m_t^0 - \gamma_t^R d_t \quad (134)$$

Oferta de bienes primarios:

$$a_t = \left(\kappa_A \frac{(e_t p_t^{**A})^{a_A + \beta_A}}{(i_t^K)^{\beta_A}} \right)^{\frac{1}{1 - a_A - \beta_A}}$$

Demanda de exportaciones de bienes manufacturados:

$$x_t^M = z_t y_t^{**} (p_t^{*MX} p_t^{**X})^{-\theta^{**}} \quad (135)$$

Tasa de inflación del bien de consumo:

$$\pi_t^C = \left[\frac{a_D}{a_D + a_N(p_{t-1}^N)^{1-\theta_C}} (\pi_t)^{1-\theta_C} + \left(1 - \frac{a_D}{a_D + a_N(p_{t-1}^N)^{1-\theta_C}} \right) (\pi_t^N)^{1-\theta_C} \right]^{\frac{1}{1-\theta_C}}$$

Costo real bancario:

$$C_{t+1}^B = \frac{1}{2} [a_L^B(\ell_t)^2 + a_D^B(d_t)^2 - 2a_0^B \ell_t d_t].$$

Precio relativo de los bienes de consumo:

$$p_t^C = \left[a_D + (1 - a_D)(p_t^N)^{1-\theta_C} \right]^{\frac{1}{1-\theta_C}}$$

Precio relativo de los bienes de inversión:

$$p_t^I = \left[b_D + (1 - b_D)(p_t^N)^{1-\theta_I} \right]^{\frac{1}{1-\theta_I}}$$

Ecuaciones de política:

Régimen de *crawling peg* puro (CPP):

$$b_t^{CB} = b_0^{CB}$$

$$\delta_t = \delta_t^T.$$

Régimen de flotación cambiaria pura (FCP):

$$1 + i_t = (\Xi^{TR})^{1-h_0} (1 + i_{t-1})^{h_0} \left(\frac{\pi_t}{\pi_t^T} \right)^{h_1} \left(\frac{\pi_t^C}{\pi_t^{CT}} \right)^{h_2} \left(\frac{y_t}{y_t^T} \right)^{h_3} \left(\frac{e_t}{e_t^T} \right)^{h_4} \left(\frac{e_{t-1}}{e_{t-1}^T} \right)^{-h_5},$$

$$\Xi^{TR} \equiv \frac{\pi^T}{\pi} (1 + i)$$

$$r_t^{*CB} = r_0 \quad \forall t.$$

Régimen de flotación cambiaria administrada (FCA):

$$1 + i_t = (\Xi^{TR})^{1-h_0} (1 + i_{t-1})^{h_0} \left(\frac{\pi_t}{\pi_t^T} \right)^{h_1} \left(\frac{\pi_t^C}{\pi_t^{CT}} \right)^{h_2} \left(\frac{y_t}{y_t^T} \right)^{h_3} \left(\frac{e_t}{e_t^T} \right)^{h_4} \left(\frac{e_{t-1}}{e_{t-1}^T} \right)^{-h_5},$$

$$r_t^{*CB} = (\Xi^{FX})^{1-k_0} (r_{t-1}^{*CB})^{k_0} \left(\frac{\pi_t}{\pi_t^T} \right)^{-k_1} \left(\frac{\pi_t^C}{\pi_t^{CT}} \right)^{-k_2} \left(\frac{y_t}{y_t^T} \right)^{-k_3} \left(\frac{e_t}{e_t^T} \right)^{-k_4} \left(\frac{e_{t-1}}{e_{t-1}^T} \right)^{k_5},$$

$$\Xi^{FX} \equiv \gamma^T \frac{m^{0,H} + d + (1 - \gamma^{FX}) e b^{*B}}{e}.$$

Ahora tenemos 45 ecuaciones. Realizamos dos simplificaciones que reducen el número de ecuaciones a 43. Primero, obsérvese que podemos utilizar (130) para eliminar la tasa de depreciación nominal. En el caso de la condición de arbitraje bancario adelantamos (130) y utilizamos la expresión resultante en (133), obteniendo (136):

$$1 + i_t = 1 + \left[\beta^B E_t \left(\frac{e_{t+1}}{e_t} \frac{\pi_{t+1}}{\pi_{t+1}^{**N}} \right) + (1 - \beta^B) \frac{e_t}{e_{t-1}} \frac{\pi_t}{\pi_t^{**N}} \right] [(1 + i_t^{**}) \varphi_B(e_t b_t^{*B}) - 1].$$

En el caso de regímenes CPP, la ecuación de política cambiaria (122) se convierte en:

$$\frac{e_t}{e_{t-1}} \frac{\pi_t}{\pi_t^{**N}} = \delta_t^T \quad \forall t.$$

Segundo, obsérvese que sumando (131) y (132) término a término nos permite reemplazar la ecuación de balanza de pagos por la siguiente ecuación más sencilla que combina a las dos y es simplemente (121) con las variables en formato estacionario:

$$r_t^{*CB} - b_t^{*B} = t b_t + (1 + i_t^{**}) \left\{ \frac{r_{t-1}^{*CB}}{\mu_t^z \pi_t^{**N}} - [1 + \phi_{t-1}^{**B} + p_B(b_{t-1}^{*B} e_{t-1})] \frac{b_{t-1}^{*B}}{\mu_t^z \pi_t^{**N}} \right\} \quad (137)$$

$$- (q f_t + g d_t) / e_t.$$

La ecuación fiscal (131) se puede descomponer del resto (dado que b_t^{*G} no aparece en ninguna de las ecuaciones restantes), de modo que la dejamos afuera del sistema (principal). Además, en cualquiera de las políticas puras hay una variable que podemos convertir en una constante. Obviamente, muchas otras variables se pueden eliminar del sistema al costo de tener ecuaciones más largas.

13. Análisis del estado estacionario

En la presente sección consideramos los estados estacionarios no estocásticos (EE) alrededor de los cuales realizamos aproximaciones log-lineales a los sistemas dinámicos que corresponden a los regímenes de política monetaria alternativos. Reemplazamos las variables estacionarias del sistema por sus valores de EE (que denotamos con las mismas variables sin indexación por tiempo), recordando que $\tau_V(\mu^z) = \tau_V'(\mu^z) = 0$ (y en consecuencia $\varphi_V(\mu^V) = 1$), y $\tau_u(u) = \tau_u(1) = 0$ (en consecuencia $\Gamma^K(i^K) = i^K$). A los fines prácticos (en el caso de un régimen CPP), tomamos las ecuaciones antes de eliminar δ_t . También suponemos que la tasa de crecimiento en EE de la EPA es igual a la del RM ($\mu^z = \mu^{z**}$, y en consecuencia $z^\circ = 1$), y que los precios relativos en el RM (p^{**A}, p^{**X}) tienen un EE. Elaboramos sobre la dinámica de μ_t^z en la siguiente sección. A los efectos de mayor simplicidad, normalizamos los siguientes *shocks* a la unidad en

el EE: $z^C = z^V = z^H = z^M = \epsilon = 1$. Las ecuaciones del modelo con las variables en sus valores EE son las siguientes:

Ecuaciones que no son de política:

Consumo:

$$\frac{1}{\lambda^{\circ} c p^C} \frac{\mu^{z^{**}} - \beta \xi}{\mu^{z^{**}} - \xi} = \tilde{\varphi}_M (1 + i^D) \quad (138)$$

Inversión:

$$\frac{\xi^{\circ}}{\lambda^{\circ} p^V} = \tilde{\varphi}_M (1 + i^D) \quad (139)$$

Utilidad marginal del capital físico instalado:

$$\frac{\xi^{\circ}}{\lambda^{\circ}} = \frac{1}{\mu^{z^{**}}/\beta - (1 - \delta^K)} i^K \quad (140)$$

Utilidad marginal del ingreso real:

$$\mu^{z^{**}} \pi = \beta (1 + i^D) \quad (141)$$

Acumulación de capital físico:

$$\frac{k}{\mu^{z^{**}} v} = \frac{1}{\mu^{z^{**}} - (1 - \delta^K)}, \quad (142)$$

Ecuaciones de Phillips de la inflación salarial:

$$\tilde{w}^{1+\psi\chi} = \frac{\psi}{\psi - 1} \frac{\eta_H h^{\chi}}{\lambda^{\circ} \bar{w}} \quad (143)$$

$$1 = \tilde{w}$$

Ecuaciones de Phillips de la inflación doméstica:

$$\tilde{p} = \frac{\theta}{\theta - 1} m c, \quad (144)$$

$$1 = \tilde{p}.$$

Ecuaciones de Phillips de inflación de la bienes importados:

$$\tilde{p}^N = \frac{\theta_N}{\theta_N - 1} \frac{e}{p^N} \quad (145)$$

$$1 = \tilde{p}^N$$

Ecuaciones de Phillips de la inflación de las exportaciones manufacturadas:

$$\tilde{p}^{*MX} = \frac{\theta^*}{\theta^* - 1} \frac{1}{e p^{*MX}}. \quad (146)$$

$$1 = \tilde{p}^{*MX}$$

Identidades:

$$1 = \frac{\pi^w}{\pi \mu^z} \quad (147)$$

$$1 = \frac{\pi^N}{\pi} \quad (148)$$

$$1 = \frac{\pi^{*MX}}{\pi^{**N}} \quad (149)$$

$$1 = \frac{\delta \pi^{**N}}{\pi} \quad (150)$$

Balanza de pagos y Fiscal:

$$b^{*B} \left(\frac{1 + i^{**}}{\mu^{z**} \pi^{**N}} [1 + \phi_t^{**B} + p_B(eb^{*B})] - 1 \right) - r^{*CB} \left(\frac{1}{\mu^{z**} \pi} - 1 \right) = tb - (qf + gd)/e.$$

Superávit cuasi-fiscal del Banco Central:

$$qf \equiv \left(1 + i^{**} - \frac{1}{\delta} \right) \frac{er^{*CB}}{\pi^{**N} \mu^z} - i \frac{b^{CB}}{\pi \mu^z}$$

Superávit doméstico del Gobierno:

$$gd = t - g - \left(\frac{1 + i^L}{\mu^z \pi} - 1 \right) \ell^G$$

Balanza comercial:

$$tb = p^{*MX} x^M + p^{**A} x^A - n$$

Arbitraje bancario:

$$i = \delta[(1 + i^{**})\phi_B(eb^{*B}) - 1] \quad (151)$$

Equilibrio del mercado de préstamos:

$$\ell = \mu^{z**} f_L(1 + i^L) mc[q + F^D] + \ell^G \quad (152)$$

Costo marginal real:

$$mc = \frac{1}{K} f_{MC}(1 + i^L)(i^K)^{a^q} \bar{w}^{b^q} (ep^{**A})^{c^q} (p^N)^{1-a^q-b^q-c^q}.$$

Demanda de importaciones:

$$p^N n = (1 - a_D) p^C c + (1 - b_D) p^V v + \frac{(1 - a^q - b^q - c^q) mc}{1 + \varsigma^N i^L} [q + F^D]$$

Equilibrio del mercado de alquiler de capital físico:

$$\frac{ki^K}{\mu^{z**}} = \frac{a^q mc[q + F^D]}{1 + \varsigma^K i^L} + \beta_A ep^{**A} a$$

Equilibrio del mercado laboral:

$$h\bar{w}[1 + \varsigma^W i^L] = b^q mc[q + F^D]$$

Equilibrio del mercado de bienes domésticos:

$$q = y - ep^{**A} x^A + q^{ID} + \frac{(1 - a^q - b^q - c^q) mc}{1 + \varsigma^N i^L} [q + F^D]$$

Exportaciones primarias:

$$a = c^q \frac{mc}{(1 + \varsigma^A i^L) ep^{**A}} [q + F^D] + x^A \quad (153)$$

Equilibrio del mercado de depósitos:

$$d = \frac{1}{a^B} \{a_L^B [(1 - \gamma^B - \gamma^R)i - i^D] + a_0^B (i^L - i)\} \quad (154)$$

Equilibrio del mercado de bonos del Banco Central:

$$b^{CB} = (1 - \gamma^B - \gamma^R)d + (1 - \gamma^{FX})eb^{*B} - \ell.$$

Equilibrio del mercado de efectivo:

$$m^0 = \mathcal{L}(1 + i^D)[p^C c + p^V v] + \gamma^B d.$$

PIB Real:

$$y = p^C c + p^V v + g + x^M + ep^{**A} x^A - p^N n.$$

Demanda intermedia de bienes domésticos:

$$q^{ID} = \alpha_A ep^{**A} a + C^B + \tilde{\tau}_M (1 + i^D)(p^C c + p^V v)$$

Oferta de préstamos

$$\ell = \frac{1}{a^B} \{a_D^B [i^L - i] + a_0^B [(1 - \gamma^B - \gamma^R)i - i^D]\} \quad (155)$$

Balance del Banco Central:

$$b^{CB} = er^{*CB} - m^0 - \gamma^R d$$

Oferta de bienes primarios:

$$a = \left(\kappa_A \frac{(ep^{**A})^{\alpha_A + \beta_A}}{(i^K)^{\beta_A}} \right)^{\frac{1}{1 - \alpha_A - \beta_A}} \quad (156)$$

Demanda de exportaciones de bienes manufacturados:

$$x^M = y^{**} (p^{*MX} p^{**X})^{-\theta^{**}} \quad (157)$$

Tasa de inflación del bien de consumo:

$$(\pi^C)^{1 - \theta_C} = \frac{a_D}{a_D + a_N (p^N)^{1 - \theta_C}} (\pi)^{1 - \theta_C} + \left(1 - \frac{a_D}{a_D + a_N (p^N)^{1 - \theta_C}} \right) (\pi^N)^{1 - \theta_C} \quad (158)$$

Costo real bancario:

$$C^B = \frac{1}{2} [a_L^B \ell^2 + a_D^B d^2 - 2a_0^B \ell d] \quad (159)$$

Precio relativo de los bienes de consumo:

$$p^C = \left[a_D + (1 - a_D)(p^N)^{1 - \theta_C} \right]^{\frac{1}{1 - \theta_C}}. \quad (160)$$

Precio relativo de los bienes de inversión:

$$p^V = \left[b_D + (1 - b_D)(p^N)^{1-\theta_V} \right]^{\frac{1}{1-\theta_V}}. \quad (161)$$

Ecuaciones de políticas:

Régimen de *crawling peg* puro (CPP):

$$b^{CB} = b_0^C.$$

$$\frac{\pi}{\pi^{**N}} = \delta^T.$$

Régimen de flotación cambiaria pura (FCP):

$$1 = \left(\frac{\pi^T}{\pi} \right)^{1-h_0-h_1} \left(\frac{\pi^C}{\pi^{CT}} \right)^{h_2} \left(\frac{y}{y^T} \right)^{h_3} \left(\frac{e}{e^T} \right)^{h_4-h_5} \quad (162)$$

$$r^{*CB} = r_0.$$

Régimen de flotación cambiaria administrada (FCA):

$$1 = \left(\frac{\pi^T}{\pi} \right)^{1-h_0-h_1} \left(\frac{\pi^C}{\pi^{CT}} \right)^{h_2} \left(\frac{y}{y^T} \right)^{h_3} \left(\frac{e}{e^T} \right)^{h_4-h_5}$$

$$r^{*CB} = \gamma^T \frac{m^{0,H} + d + (1 - \gamma^{FX})eb^{*B}}{e} \left(\frac{\pi_t}{\pi_t^T} \right)^{\frac{-k_1}{1-k_0}} \left(\frac{\pi_t^C}{\pi_t^{CT}} \right)^{\frac{-k_2}{1-k_0}} \left(\frac{y_t}{y_t^T} \right)^{\frac{-k_3}{1-k_0}} \left(\frac{e_t}{e_t^T} \right)^{\frac{-k_4+k_5}{1-k_0}}$$

A simple vista estas ecuaciones muestran que los valores de EE de varias de las variables se pueden determinar fácilmente. Es el caso de $\tilde{w}$, $\tilde{p}$, $\tilde{p}^N$, $\tilde{p}^{*X}$, que son todas iguales a uno, lo cual implica que en un EE no hay distinción entre los agentes que optimizan y aquellos que indexan. Además, de (144) tenemos el costo marginal real del sector doméstico igual al inverso del factor de *markup*:

$$mc = \frac{\theta - 1}{\theta} \equiv s_\theta^{-1}.$$

Además, a partir de los dos pares de ecuaciones que siguen a (144) se obtienen los TIIM y los TIEM como funciones del tipo de cambio real:

$$p^N = s_{\theta_N} e, \quad \left(s_{\theta_N} \equiv \frac{\theta_N}{\theta_N - 1} \right) \quad (163)$$

$$p^{*MX} = \frac{s_{\theta^*}}{e}, \quad \left(s_{\theta^*} \equiv \frac{\theta^*}{\theta^* - 1} \right) \quad (164)$$

En consecuencia, utilizando (163) en (160) y (161) y (164) en (157), los precios relativos de consumo e inversión de EE (en términos de bienes domésticos) y la demanda de exportación manufacturera también son funciones del tipo de cambio real:

$$p^C = \left[a_D + (1 - a_D)(s_{\theta_N} e)^{1-\theta_C} \right]^{\frac{1}{1-\theta_C}}$$

$$p^V = \left[b_D + (1 - b_D)(s_{\theta_N} e)^{1-\theta_V} \right]^{\frac{1}{1-\theta_V}}$$

$$x^M = y^{**} \left(\frac{s_{\theta^*}}{e} p^{**X} \right)^{-\theta^{**}}.$$

Las expresiones (147) - (150) arrojan:

$$\pi = \pi^N = \delta \pi^{**N}, \quad \pi^w = \pi \mu^{z**}, \quad \pi^{*MX} = \pi^{**N}. \quad (165)$$

La primera igualdad, junto con (158), implica que $\pi^C = \pi = \pi^N$. En el caso de un régimen CPP, la tasa de *crawl* bruta de EE es igual a la meta: $\delta = \delta^T$. En consecuencia, obtenemos las tasas de inflación endógenas básicas expresadas en términos de variables exógenas:

$$\pi = \pi^N = \pi^C = \delta^T \pi^{**N}, \quad \pi^w = \delta^T \pi^{**N} \mu^{z**} \quad \text{y} \quad \pi^{*MX} = \pi^{**N}. \quad (166)$$

Por lo tanto, (141) implica que la tasa de interés de depósitos del EE es:

$$1 + i^D = \frac{\delta^T \pi^{**N} \mu^{z**}}{\beta} = \frac{\pi^w}{\beta}. \quad (167)$$

Y en el caso de un régimen FCP, primero obsérvese que una restricción obvia para cualquier meta (transicional) del producto, inflación o TCR es que converjan a y , π , y e , respectivamente. En consecuencia, introduciendo $y^T = y$, $e^T = e$ y (158) y (165) en (162), así como también, el obvio requisito de consistencia $\pi^{CT} = \pi^T$ (si ambas variables meta se utilizan simultáneamente), se simplifica la regla de retroalimentación a:

$$1 = \left(\frac{\pi^T}{\pi} \right)^{1-h_0-h_1-h_2}. \quad (168)$$

Recordando que $h_1 + h_2 > 1$ (y en consecuencia $h_0 + h_1 + h_2 > 1$) se obtiene $\pi = \pi^T$. Por lo tanto, utilizando esto en (165) nuevamente tenemos todas las tasas de inflación del EE en términos de variables exógenas:

$$\pi = \pi^N = \pi^C = \delta \pi^{**N} = \pi^T, \quad \pi^w = \pi^T \mu^{z**} \quad \text{y} \quad \pi^{*MX} = \pi^{**N}.$$

Ahora dejamos que δ^T reemplace a π^T/π^{**N} en el caso de regímenes CPP y FCA. En consecuencia, de aquí en adelante podemos utilizar la misma notación en todos los regímenes: δ^T para la tasa de EE de depreciación nominal y π^T para la tasa de EE de inflación.

Utilizando (141) verificamos que, como en el caso de los regímenes CPP, la tasa de depósitos bruta de EE en regímenes FCP y FCA también es igual a la tasa de inflación salarial dividida por el factor de descuento en el tiempo:

$$1 + i^D = \frac{\pi^T \mu^{z**}}{\beta} = \frac{\pi^w}{\beta}.$$

Por lo tanto, podemos utilizar los símbolos $\tilde{\tau}_M$, $\tilde{\varphi}_M$ y ϖ , para abreviar $\tilde{\tau}_M(\pi^T \mu^{z**}/\beta)$, $\tilde{\varphi}_M(\pi^T \mu^{z**}/\beta)$ y $\mathcal{L}(\pi^T \mu^{z**}/\beta)$, respectivamente. En consecuencia, de (139) y (140) obtenemos el valor del EE de i^K como:

$$i^K = (\mu^{z**}/\beta - 1 + \delta^K) \tilde{\varphi}_M \equiv s_0.$$

Y al introducirlo en (156), la oferta de bienes primarios también es una función del TCR:

$$a = \left(\kappa_A(s_0)^{-\beta_A} (ep^{**A})^{\alpha_A+\beta_A} \right)^{\frac{1}{1-\alpha_A-\beta_A}}.$$

Los valores de EE de todas las variables se pueden resolver en términos de parámetros primitivos. Sin embargo, esto es innecesario dado que resulta más práctico utilizar diversos «grandes ratios» (con respecto al PIB) en el proceso de calibración, como lo detallaremos en un trabajo futuro.

14. Shocks estocásticos

14.1. Shocks de productividad permanente

En la especificación del *shock* para el producto doméstico seguimos a ALLV (2005) en cuanto a tener un *shock* de productividad permanente z_t y un *shock* de productividad transitorio ϵ_t . Sin embargo, adoptamos dos versiones diferentes para la dinámica del *shock* permanente. En la primera, la ecuación de crecimiento desaparece. Como en ALLV (2005) postulamos un proceso AR(1) para el desvío entre los *shocks* en la EPA y en el RM $\hat{z}_t^\circ \equiv z_t^{**}/z_t$ (que ALLV (2005) denominan «*shock* de tecnología asimétrico»):

$$\hat{z}_t^\circ = \rho^{z**} \hat{z}_{t-1}^\circ + \varepsilon_t^{z^\circ}. \quad (170)$$

Además, existe un proceso AR(1) para el crecimiento de la productividad del RM:

$$\hat{\mu}_t^{z**} = \rho^{z**} \hat{\mu}_{t-1}^{z**} + \varepsilon_t^{z**}. \quad (171)$$

$\varepsilon_t^{z^\circ}$ y ε_t^{z**} son *shocks* de tecnología distribuidos independiente e idénticamente (i.i.d.). La siguiente identidad vincula la tasa de crecimiento de la EPA con la del RM:

$$\hat{z}_t^\circ - \hat{z}_{t-1}^\circ = \hat{\mu}_t^{z**} - \hat{\mu}_t^z. \quad (172)$$

Como se ha visto en la sección anterior, también seguimos a ALLV (2005) al suponer que en el EE las tasas de crecimiento y los niveles de productividad de los factores totales en el RM y la EPA son iguales ($z^\circ = 1$ y $\mu^z = \mu^{z**}$). En consecuencia, $\hat{z}_{t-1}^\circ = \log z_{t-1}^\circ$.

En la segunda versión, suponemos una relación de cointegración entre los logaritmos de los *shocks* de tecnología en el RM y la EPA, que incluye una influencia rezagada directa de la tasa de crecimiento tecnológico del RM sobre la de la EPA. Esto se acerca en espíritu al procedimiento de Juillard, Kamenik, Kumhof y Laxton (2005). En esta segunda versión, suponemos que es válido el siguiente proceso, junto con (171):

$$\hat{\mu}_t^z = \rho^z \hat{\mu}_{t-1}^z + (1 - \rho^z) \hat{\mu}_{t-1}^{z**} + \alpha_z \hat{z}_{t-1}^\circ + \varepsilon_t^z, \quad (173)$$

donde ε_t^z es un *shock* de tecnología distribuido independiente e idénticamente. A esta ecuación la llamamos «ecuación de crecimiento», porque da la dinámica de la tasa bruta de crecimiento de la productividad (permanente). Poniendo estas expresiones en forma matricial, con los términos de deriva (*drift*) en un vector constante C , quizás refleje el supuesto de cointegración de manera más transparente. Tenemos:

$$\Delta \log \tilde{z}_t = \alpha_z A \log \tilde{z}_{t-1} + B(\Delta \log \tilde{z}_{t-1}) + C + \tilde{\varepsilon}_t,$$

donde:

$$\begin{aligned}\tilde{z}_t &\equiv \begin{bmatrix} z_t^{**} \\ z_t \end{bmatrix}, & \tilde{\varepsilon}_t &\equiv \begin{bmatrix} \varepsilon_t^{z**} \\ \varepsilon_t^z \end{bmatrix} \\ A &\equiv \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 1 & -1 \end{bmatrix}, & B &\equiv \begin{bmatrix} \rho^{z**} & 0 \\ 1 - \rho^z & \rho^z \end{bmatrix}, \\ C &\equiv \begin{bmatrix} (1 - \rho^{z**}) \log \mu^{z**} \\ 0 \end{bmatrix}.\end{aligned}$$

y $\rho^{z**}, \rho^z \in (0,1)$. Durante la transición, la tasa de crecimiento del RM influye en la tasa de crecimiento de la EPA a través del coeficiente $1 - \rho^z$, mientras que la tasa de crecimiento de la EPA no tiene influencia sobre la tasa de crecimiento del RM. Además, los coeficientes de persistencia pueden ser diferentes y los términos de perturbaciones pueden estar correlacionados. En esta versión de cointegración incluimos (173) y (172) como ecuaciones del modelo. Como en la versión sin cointegración, debe incluirse la identidad (172). Puede utilizarse a ésta para eliminar $\hat{\mu}_t^z$, en cuyo caso la ecuación del crecimiento pasa a ser de segundo orden en $\hat{z}_t^o$, lo cual requiere que introduzcamos una nueva variable (y ecuación) $\hat{z}_{1t}^o = \hat{z}_{t-1}^o$, para mantener el sistema en forma «espacio de estados».

14.2. Los procesos estocásticos de forzamiento

Juntamos las variables exógenas en un vector $Z_t^R \equiv (Z_t' P_{R,t}')'$ que se compone de un subvector que es independiente del régimen de política monetaria:

$$\begin{aligned}Z_t &\equiv [\hat{\varepsilon}_t^z \ \hat{\varepsilon}_t \ \hat{z}_t^C \ \hat{z}_t^V \ \hat{z}_t^H \ \hat{z}_t^M \ \hat{\varsigma}_t^K \ \hat{\varsigma}_t^W \ \hat{\varsigma}_t^A \ \hat{\varsigma}_t^N \ \hat{\gamma}_t^B \ \hat{\gamma}_t^R \ \hat{\vartheta}_t^G \ \hat{g}_t \ \hat{t}_t \\ &\quad \hat{\mu}_t^{z**} \ \hat{\pi}_t^{**N} \ \hat{p}_t^{**X} \ \hat{p}_t^{**A} \ \hat{y}_t^{**} \ \hat{i}_t^{**} \ \hat{\phi}_t^{**B} \ \hat{z}_t^{CB}]'. \end{aligned}$$

y un subvector $P_{R,t}$ que depende del régimen de política ($R = CPP, FCP, FCA$). En la versión sin cointegración $\hat{\varepsilon}_t^z$ debe ser reemplazado por $\hat{z}_t^0$ en Z_t . La última de estas variables exógenas es un proceso de *shock* monetario expansivo exógeno implementado a través de una compra de divisas por parte del Banco Central. En un régimen CPP:

$$P_{PEC,t} \equiv [\hat{\delta}_t^T],$$

y en un régimen FCP o FCA:

$$P_{EF,t} \equiv [\hat{\pi}_t^T \ \hat{\pi}_t^{CT} \ \hat{y}_t^T \ \hat{e}_t^T]'$$

En nuestro modelo de base (que es de FCA) simplemente suponemos metas constantes, de modo que sólo necesitamos Z_t . Podemos expresar la dinámica para las variables de forzamiento exógenas y que no son de política en forma de un proceso VAR (vectorial autorregresivo) de primer orden:

$$Z_t = MZ_{t-1} + \varkappa_t, \quad \varkappa_t \sim iid N(0, \Sigma), \quad (174)$$

donde M es una matriz cuadrada que es congruente con Z_t y tiene todos sus autovalores dentro del círculo unitario.

Si no tenemos motivos para creer que los *shocks* exógenos están correlacionados, podemos suponer que siguen procesos individuales AR(1). En particular, podemos suponer que el proceso estocástico para los logaritmos de ϵ_t , z_t^H , z_t^C , z_t^V , z_t^M , y_t^{**} y ζ_t^q son AR(1):

$$\begin{aligned}\epsilon_t &= (\epsilon_{t-1})^{\rho_\epsilon} \epsilon_t^\epsilon \\ z_t^n &= (z_{t-1}^n)^{\rho_n} \epsilon_t^n, \quad n = H, C, V, M, CB \\ \zeta_t^q &= (\zeta_{t-1}^q)^{\rho_{\zeta^q}} (\zeta_t^q)^{1-\rho_{\zeta^q}} \epsilon_t^{\zeta^q}, \quad q = W, K, A, N \\ y_t^{**} &= (y_{t-1}^{**})^{\rho_{y^{**}}} (y_t^{**})^{1-\rho_{y^{**}}} \epsilon_t^{y^{**}},\end{aligned}$$

donde todos los parámetros de persistencia (ρ^i) son positivos y menores que uno, y donde los ϵ_t^i son *shocks* distribuidos independiente e idénticamente. Suponemos que los valores de EE ϵ , z^H , z^C , z^V , z^M y z^{CB} son todos iguales a uno. En el modelo de base tomamos las metas de inflación del Banco Central π_t^T , π_t^{CT} como constantes y omitimos las otras metas transicionales (y_t^T y $\hat{e}_t^T$). Por lo tanto, $\hat{\pi}_t^T$, π_t^{CT} , $\hat{y}_t^T$ y $\hat{e}_t^T$ desaparecen de las reglas de política de retroalimentación de la tasa de interés cuando implementamos el modelo de base.

15. Formas funcionales para funciones auxiliares

Las formas funcionales específicas que utilizamos para las funciones de costos anormales de utilización del capital, de costos de ajuste de inversión y de costos de transacción son las siguientes:

$$\tau_u(u_t) \equiv \frac{i_t^K}{a_u + 1} (u_t^{a_u+1} - 1), \quad a_u > 0 \quad (175)$$

$$\tau_V(\mu_t^V) \equiv \frac{a_V}{2} (\mu_t^V - \mu^z)^2, \quad a_V > 0 \quad (176)$$

$$\tau_M(\varpi_t) \equiv a_M z_t^M \varpi_t + \varpi_t^{-b_M} - c_M, \quad a_M, b_M, c_M > 0. \quad (177)$$

Según (175) y (23), la intensidad de utilización del capital físico como función de la tasa de alquiler es:

$$u_t = \left(\frac{i_t^K}{i^K} \right)^{\frac{1}{a_u}} \quad (178)$$

y el retorno real del alquiler de una unidad de capital (bruto de depreciación) es:

$$\Gamma^K(i_t^K) \equiv \frac{i_t^K}{a_u + 1} \left\{ a_u \left(\frac{i_t^K}{i^K} \right)^{1+\frac{1}{a_u}} + 1 \right\}.$$

En consecuencia, en los EE $u = 1$ y $\Gamma^K(i^K) = i^K$. Se verifica fácilmente que (175) satisface el supuesto teórico (2).

En el caso de los costos de ajuste de inversión hemos definido previamente la tasa de crecimiento del gasto de inversión real $\mu_t^V \equiv V_t/V_{t-1} = (v_t/v_{t-1})\mu_t^z$, que es igual a μ^{z**} en el EE. En consecuencia, (176) cumple con el supuesto teórico (2).

En el caso de los costos de transacción, utilizamos una modificación de la forma funcional utilizada en Uribe y Schmitt-Grohé (2003). Existe un nivel de saciedad del cociente efectivo/absorción a partir del cual la función pasa a ser creciente en su argumento. Obviamente sólo la porción decreciente de la función es relevante. Tenemos tres parámetros para la calibración: a_M , b_M , c_M .¹⁴ Además, incluimos un *shock* (negativo) de tecnología de las transacciones z_t^M . Un incremento en z_t^M eleva los costos de transacción para cualquier ratio dinero efectivo/absorción ϖ_t . Según (25), la función de preferencia de liquidez resultante es:

$$\varpi_t = \frac{m_t^{0,H}}{p_t^C c_t + p_t^V v_t} = \mathcal{L}(1 + i_t^D) \equiv \left[\frac{b_M}{a_M z_t^M + 1 - \frac{1}{1+i_t^D}} \right]^{\frac{1}{1+b_M}}. \quad (179)$$

En consecuencia, la demanda de dinero de los hogares es decreciente con respecto a la tasa de depósitos y creciente (con elasticidad unitaria) con respecto a la absorción privada. Además, un *shock* de los costos de transacción reduce la demanda de los hogares de efectivo como ratio de los gastos de absorción de los hogares (dada la tasa de interés de los depósitos). El efecto real sobre los costos de transacción $\tau_M(\varpi_t)$ depende de la elasticidad de esta función con respecto a z_t^M . Se verifica fácilmente que un aumento en z_t^M eleva $z_t^M \varpi_t$, haciendo que los costos de transacción reales aumenten aun más que este efecto parcial porque el segundo término en (177) $\varpi_t^{-b_M}$ también crece. Utilizando (25), la elasticidad de la demanda de efectivo por parte de los hogares (como una fracción de la absorción) con respecto a la tasa de interés de depósitos bruta es independiente del *shock* de costos de transacción:

$$\varepsilon_{m^{0,H},t} = \frac{\varpi_t^{1+b_M}}{(1+b_M)b_M(1+i_t^D)}.$$

Y la función auxiliar resultante para el efecto total sobre el gasto de un incremento marginal en la absorción (22) también es independiente del *shock* de los costos de transacción:

$$\varphi_M(\varpi_t) = 1 - c_M + (1 + b_M)\varpi_t^{-b_M}.$$

Para la prima de riesgo bancario utilizamos la siguiente forma funcional de elasticidad constante:¹⁵

$$p_B(e_t b_t^{*B}) \equiv \alpha_1^{RP} (e_t b_t^{*B})^{\alpha_2^{RP}}, \quad \alpha_1^{RP} > 0, \alpha_2^{RP} > 1.$$

En consecuencia, en la paridad de tasas de interés no cubierta ajustada por riesgo (97) tenemos:

$$\varphi_B(e_t b_t^{*B}) = 1 + \phi_t^{B*} + (\alpha_2^{RP} + 1)\alpha_1^{RP} (e_t b_t^{*B})^{\alpha_2^{RP}}.$$

¹⁴ Los tres parámetros de la función de costos de transacción son útiles en el proceso de calibración, como detallamos en un trabajo futuro.

¹⁵ En un trabajo posterior (Escudé, 2008) muy relacionado, hemos adoptado una función cuya elasticidad varía entre cero e infinito, con el objetivo de facilitar la calibración.

Si quisiéramos incluir la deuda externa del Gobierno en el sistema (que se descompone del resto del sistema), podríamos calibrar su prima de riesgo utilizando la misma forma funcional que para los bancos.

16. Los sistemas log-lineales

En la presente sección enumeramos la aproximación log-lineal de las ecuaciones del sistema como aparecen en la sección 12 luego de eliminar δ_t y colapsar las ecuaciones fiscal y de balanza de pagos según se indica allí. Introducimos $\hat{\mu}_t^z$ y $\hat{z}_t^\circ$ como variables nuevas, junto con la ecuación de dinámica de crecimiento (173) y la identidad (172). La log-linealización detallada de las ecuaciones de Phillips para los bienes domésticos y los salarios (las más engorrosas) figuran en el Anexo I. Las definiciones de los coeficientes de las ecuaciones figuran en el Anexo II. Para mayor practicidad, cambiamos el orden de las ecuaciones, enumerando primero las ecuaciones estáticas, luego las ecuaciones dinámicas que no son de política y que no tienen términos expectacionales, a continuación las ecuaciones dinámicas que no son de política y que contienen términos expectacionales, y finalmente las ecuaciones de política (que son dinámicas y en la versión de base no contienen términos expectacionales).

16.1. Las ecuaciones

Las ecuaciones log-lineales de nuestros sistemas, en el caso de la cointegración, son las siguientes:

Ecuaciones estáticas:

Equilibrio del mercado de depósitos:

$$\alpha_{DS}^B \hat{d}_t + (1 - \alpha_{DS}^B) \left[\alpha_1^{MD} \hat{i}_t^D - \alpha_2^{MD} \hat{i}_t + \alpha_3^{MD} (\alpha_B^{MD} \hat{\gamma}_t^B + \alpha_R^{MD} \hat{\gamma}_t^R) \right] \\ = (1 + \alpha^{ML}) \hat{i}_t^L - \alpha^{ML} \hat{i}_t$$

Equilibrio del mercado de bonos del Banco Central:

$$\alpha_A^B \hat{e}_t + (1 - \alpha_A^B) \hat{b}_t^{CB} = \alpha_L^B (\hat{d}_t - \alpha_B^{MD} \hat{\gamma}_t^B - \alpha_R^{MD} \hat{\gamma}_t^R) + (1 - \alpha_L^B) (\hat{e}_t + \hat{b}_t^{*B})$$

Equilibrio del mercado de efectivo:

$$\hat{m}_t^0 = a^{CM} \left[\alpha_A^{CM} (\hat{c}_t + \hat{p}_t^C) + (1 - \alpha_A^{CM}) (\hat{v}_t + \hat{p}_t^V) - \alpha_D^{CM} \hat{i}_t^D - \alpha_M^{CM} \hat{z}_t^M \right] \\ + (1 - a^{CM}) (\hat{d}_t + \hat{\gamma}_t^B)$$

PIB real:

$$a^Y \hat{y}_t = \alpha_c^Y (\hat{c}_t + \hat{p}_t^C) + \alpha_v^Y (\hat{v}_t + \hat{p}_t^V) + (1 - \alpha_c^Y - \alpha_v^Y - \alpha_{xm}^Y - \alpha_{xa}^Y) \hat{g}_t \\ + \alpha_{xm}^Y \hat{x}_t^M + \alpha_{xa}^Y (\hat{e}_t + \hat{p}_t^{**A} + \hat{x}_t^A) - (1 - a^Y) (\hat{p}_t^N + \hat{n}_t).$$

Demanda intermedia de bienes domésticos:

$$\hat{q}_t^{ID} = a_1^{qD} \left[\alpha_A^{CM} (\hat{c}_t + \hat{p}_t^C) + (1 - \alpha_A^{CM}) (\hat{v}_t + \hat{p}_t^V) + b_{\tau}^Q \hat{i}_t^D \right] + a_2^{qD} \hat{C}_{t+1}^B \\ + \left(1 - a_1^{qD} - a_2^{qD} \right) (\hat{a}_t + \hat{e}_t + \hat{p}_t^{**A}) + a_0^{qD} \hat{i}_t^K$$

Oferta de préstamos:

$$\alpha_{LS}^B \hat{\ell}_t + (1 - \alpha_{LS}^B) \left[\alpha_1^{MD} \hat{i}_t^D - \alpha_2^{MD} \hat{i}_t + \alpha_3^{MD} (\alpha_B^{MD} \hat{\gamma}_t^B + \alpha_R^{MD} \hat{\gamma}_t^R) \right] \\ = (1 + \alpha^{ML}) \hat{i}_t^L - \alpha^{ML} \hat{i}_t$$

Balance del Banco Central:

$$\hat{r}_t^{*CB} = a_1^{CB} \hat{m}_t^0 + a_2^{CB} (\hat{d}_t + \hat{\gamma}_t^R) + (1 - a_1^{CB} - a_2^{CB}) \hat{b}_t^{CB} - \hat{e}_t$$

Oferta de bienes primarios:

$$\hat{a}_t = \gamma_1^a (\hat{e}_t + \hat{p}_t^{**A}) - \gamma_2^a \hat{i}_t^K$$

Demanda de exportaciones de bienes manufacturados:

$$\hat{x}_t^M = \hat{z}_t^\circ + \hat{y}_t^{**} - \theta^{**} (\hat{p}_t^{*MX} + \hat{p}_t^{**X})$$

Tasa de inflación del bien de consumo:

$$\hat{\pi}_t^C = a_{PC} \hat{\pi}_t^N + (1 - a_{PC}) \hat{\pi}_t.$$

Costo real bancario:

$$\hat{C}_{t+1}^B = a^{BC} \hat{\ell}_t + (2 - a^{BC}) \hat{d}_t.$$

Precio relativo del consumo:

$$\hat{p}_t^C = a_{PC} \hat{p}_t^N$$

Precio relativo de la inversión:

$$\hat{p}_t^V = a_{PV} \hat{p}_t^N$$

Ecuaciones dinámicas que no son de política sin términos expectacionales:

Identidades:

$$\begin{aligned} \hat{w}_t - \hat{w}_{t-1} &= \hat{\pi}_t^w - \hat{\pi}_t - \hat{\mu}_t^z \\ \hat{p}_t^N - \hat{p}_{t-1}^N &= \hat{\pi}_t^N - \hat{\pi}_t \\ \hat{p}_t^{*MX} - \hat{p}_{t-1}^{*MX} &= \hat{\pi}_t^{*MX} - \hat{\pi}_t^{**N} \\ \hat{z}_t^\circ - \hat{z}_{t-1}^\circ &= \hat{\mu}_t^{z**} - \hat{\mu}_t^z. \end{aligned} \tag{180}$$

Crecimiento:

$$\hat{\mu}_t^z = \rho^z \hat{\mu}_{t-1}^z + (1 - \rho^z) \hat{\mu}_{t-1}^{z**} + \alpha_z \hat{z}_{t-1}^\circ + \varepsilon_t^z, \tag{181}$$

Superávit cuasi-fiscal del Banco Central:

$$\widehat{qf}_t = a^{QF} \left\{ \alpha_r^{QF} \widehat{i}_{t-1}^{**} + \left(1 - \alpha_r^{QF} \right) \left[\widehat{\pi}_t^{**N} - \widehat{\pi}_t - (\widehat{e}_t - \widehat{e}_{t-1}) \right] \right. \\ \left. + \widehat{r}_{t-1}^{*CB} + \widehat{e}_t - \widehat{\pi}_t^{**N} - \widehat{\mu}_t^z \right\} + (1 - a^{QF}) \left[(i^{-1} + 1) \widehat{i}_t + b_{t-1}^{CB} - \widehat{\pi}_t - \widehat{\mu}_t^z \right]$$

Superávit doméstico del Gobierno:

$$\widehat{gd}_t = a_1^{GD} \widehat{t}_t - a_2^{GD} \widehat{g}_t + a_3^{GD} \widehat{\ell}_t^G - (a_1^{GD} - a_2^{GD} + a_3^{GD} - 1) \left(\widehat{i}_{t-1}^L + \widehat{\ell}_{t-1}^G - \widehat{\pi}_t - \widehat{\mu}_t^z \right)$$

Balanza de pagos y fiscal:

$$a_1^{BPF} \widehat{r}_t^{*CB} + a_2^{BPF} \left[\widehat{i}_{t-1}^{**} + a^{RP} \widehat{\phi}_{t-1}^{**B} + (1 - a^{RP}) a_2^{RP} \left(\widehat{b}_{t-1}^{*B} + \widehat{e}_{t-1} \right) + \widehat{b}_{t-1}^{*B} - \widehat{\pi}_t^{**N} - \widehat{\mu}_t^z \right] \\ + a_3^{BPF} \widehat{qf}_t + (1 - a_1^{BPF} - a_2^{BPF} - a_3^{BPF}) \widehat{gd}_t - (1 - a_1^{BPF} - a_3^{BPF}) \widehat{e}_t = \\ = a_4^{BPF} \widehat{b}_t^{*B} + a_5^{BPF} \left(\widehat{r}_{t-1}^{*CB} - \widehat{\pi}_t - \widehat{\mu}_t^z \right) + (1 - a_4^{BPF} - a_5^{BPF}) \widehat{tb}_t$$

Balanza comercial:

$$\widehat{tb}_t \equiv a_1^{TB} \left(\widehat{p}_t^{*MX} + \widehat{x}_t^M \right) + a_2^{TB} \left(\widehat{p}_t^{**A} + \widehat{x}_t^A \right) - (a_1^{TB} + a_2^{TB} - 1) \widehat{n}_t$$

Acumulación del capital físico:

$$\widehat{k}_{t+1} = a_K \left(\widehat{k}_t - \widehat{\mu}_t^z \right) + (1 - a_K) \left(\widehat{v}_t + \widehat{z}_t^V \right)$$

Equilibrio del mercado de alquiler de capital físico:

$$(1 + 1/a_u) \widehat{i}_t^K = \widehat{\mu}_t^z - \widehat{k}_t + \gamma^K \left[\widehat{mc}_t + \alpha_q \widehat{q}_t - (1 + 1/i^L) \alpha_K^{MC} \widehat{i}_{t-1}^L - \alpha_K^{MC} \widehat{\varsigma}_t^K \right] \\ + (1 - \gamma^K) \left(\widehat{e}_t + \widehat{p}_t^{**A} + \widehat{a}_t \right)$$

Equilibrio del mercado laboral:

$$\widehat{h}_t = \widehat{mc}_t + \alpha_q \widehat{q}_t - \widehat{w}_t - (1 + 1/i^L) \alpha_W^{MC} \widehat{i}_{t-1}^L - \alpha_W^{MC} \widehat{\varsigma}_t^W$$

Equilibrio del mercado de bienes domésticos:

$$\gamma^Q \widehat{q}_t = a_y^Q \widehat{y}_t + a_D^Q \widehat{q}_t^{ID} + \left(1 - a_y^Q - a_D^Q \right) \left[\widehat{mc}_t + \alpha_q \widehat{q}_t - \delta_N^{LM} \widehat{i}_{t-1}^L - \alpha_N^{MC} \widehat{\varsigma}_t^N \right] \\ - (1 - \gamma^Q) \left(\widehat{e}_t + \widehat{p}_t^{**A} + \widehat{x}_t^A \right)$$

Costo marginal real:

$$\widehat{mc}_t = a^q \widehat{i}_t^K + b^q \widehat{w}_t + c^q \left(\widehat{e}_t + \widehat{p}_t^{**A} \right) + (1 - a^q - b^q - c^q) \widehat{p}_t^N + \alpha_L^{MC} \widehat{i}_{t-1}^L \\ + a^q \alpha_K^{MC} \widehat{\varsigma}_t^K + b^q \alpha_W^{MC} \widehat{\varsigma}_t^W + c^q \alpha_A^{MC} \widehat{\varsigma}_t^A + (1 - a^q - b^q - c^q) \alpha_N^{MC} \widehat{\varsigma}_t^N - \widehat{e}_t.$$

Demanda de importaciones:

$$\widehat{n}_t = a_1^N \left(\widehat{c}_t + \widehat{p}_t^C \right) + a_2^N \left(\widehat{v}_t + \widehat{p}_t^V \right) - \widehat{p}_t^N \\ + (1 - a_1^N - a_2^N) \left[\widehat{mc}_t + \alpha_q \widehat{q}_t - (1 + 1/i^L) \alpha_N^{MC} \widehat{i}_{t-1}^L - \alpha_N^{MC} \widehat{\varsigma}_t^N \right]$$

Exportaciones primarias:

$$\widehat{a}_t = \gamma^{XA} \left[\widehat{mc}_t + \alpha_q \widehat{q}_t - (1 + 1/i^L) \alpha_A^{MC} \widehat{i}_{t-1}^L - \alpha_A^{MC} \widehat{\varsigma}_t^A - \widehat{e}_t - \widehat{p}_t^{**A} \right] + (1 - \gamma^{XA}) \widehat{x}_t^A$$

Ecuaciones dinámicas que no son de política con términos expectacionales:

Consumo:

$$(1 + a_C) \left\{ \hat{\mu}_t^z + \hat{z}_t^C - \left[(1 + \alpha_C) (\hat{c}_t + \hat{\mu}_t^z) - \alpha_C \hat{c}_{t-1} \right] \right\} - a_C \left\{ E_t \hat{z}_{t+1}^C - [(1 + \alpha_C) E_t (\hat{c}_{t+1} + \hat{\mu}_{t+1}^z) - \alpha_C \hat{c}_t] \right\} = \hat{\lambda}_t^\circ + \varepsilon_M \hat{i}_t^D$$

Inversión:

$$\hat{\zeta}_t^\circ + \hat{z}_t^V - a_V (\mu^z)^2 (\hat{v}_t - \hat{v}_{t-1} + \hat{\mu}_t^z) + \beta a_V (\mu^z)^2 E_t (\hat{v}_{t+1} - \hat{v}_t + \hat{\mu}_{t+1}^z) = \hat{\lambda}_t^\circ + \varepsilon_M \hat{i}_t^D$$

Ecuación de Phillips de la inflación salarial:

$$\hat{\pi}_t^w - \hat{\pi}_{t-1}^w = \beta E_t (\hat{\pi}_{t+1}^w - \hat{\pi}_t^w) + \frac{(1 - \alpha_W)(1 - \beta \alpha_W)}{\alpha_W(1 + \psi \chi)} \left(\chi \hat{h}_t + \hat{z}_t^H - \hat{\lambda}_t^\circ - \hat{w}_t \right).$$

Ecuación de Phillips de la inflación doméstica:

$$\hat{\pi}_t - \hat{\pi}_{t-1} = \beta (E_t \hat{\pi}_{t+1} - \hat{\pi}_t) + \frac{(1 - \alpha)(1 - \alpha \beta)}{\alpha} \hat{m} \hat{c}_t.$$

Ecuación de Phillips de la inflación de bienes importados:

$$\hat{\pi}_t^N - \hat{\pi}_{t-1}^N = \beta (E_t \hat{\pi}_{t+1}^N - \hat{\pi}_t^N) + \frac{(1 - \alpha_N)(1 - \alpha_N \beta)}{\alpha_N} (\hat{e}_t - \hat{p}_t^N),$$

Ecuación de Phillips de la inflación de las exportaciones manufacturadas:

$$\hat{\pi}_t^{*MX} - \hat{\pi}_{t-1}^{*MX} = \beta (E_t \hat{\pi}_{t+1}^{*MX} - \hat{\pi}_t^{*MX}) - \frac{(1 - \alpha_X)(1 - \alpha_X \beta)}{\alpha_X} (\hat{e}_t + \hat{p}_t^{*MX})$$

Utilidad marginal del capital físico instalado:

$$\hat{\zeta}_t^\circ = E_t \left\{ \beta a_K \hat{\zeta}_{t+1}^\circ + (1 - \beta a_K) \left[\left(\frac{2a_u + 1}{a_u + 1} \right) \hat{i}_{t+1}^K + \hat{\lambda}_{t+1}^\circ \right] - \hat{\mu}_{t+1}^z \right\}$$

Utilidad marginal del ingreso real:

$$\hat{\lambda}_t^\circ = E_t \hat{\lambda}_{t+1}^\circ + \hat{i}_t^D - E_t \hat{\pi}_{t+1} - E_t \hat{\mu}_{t+1}^z$$

Arbitraje bancario:

$$\begin{aligned} \hat{i}_t = & \gamma_1^B \gamma_2^B \left[\hat{i}_t^{**} + \bar{a}^{RP} \hat{\phi}_t^{**B} + (1 - \bar{a}^{RP}) \alpha_1^{RP} (\hat{e}_t + \hat{b}_t^{*B}) \right] \\ & + \gamma_1^B \beta^B (E_t \hat{e}_{t+1} - \hat{e}_t + E_t \hat{\pi}_{t+1} - E_t \hat{\pi}_{t+1}^{**N}) \\ & + \gamma_1^B (1 - \beta^B) (\hat{e}_t - \hat{e}_{t-1} + \hat{\pi}_t - \hat{\pi}_t^{**N}) \end{aligned}$$

Equilibrio del mercado de préstamos:

$$\begin{aligned} \hat{\ell}_t = & a^{LM} \left[E_t \hat{m} \hat{c}_{t+1} + E_t \hat{\mu}_{t+1}^z + \alpha_q E_t \hat{q}_{t+1} - \gamma^{LM} \hat{i}_t^L + \delta_K^{LM} E_t \hat{\zeta}_{t+1}^K + \delta_W^{LM} E_t \hat{\zeta}_{t+1}^W \right. \\ & \left. + \delta_A^{LM} E_t \hat{\zeta}_{t+1}^A + \delta_N^{LM} E_t \hat{\zeta}_{t+1}^N \right] + (1 - a^{LM}) \hat{\ell}_t^G \end{aligned} \quad (183)$$

Ecuaciones de política:

Régimen de *crawling peg* puro (CPP):

$$\hat{b}_t^{CB} = 0$$

$$\hat{e}_t - \hat{e}_{t-1} + \hat{\pi}_t - \hat{\pi}_t^{**N} = \hat{\delta}_t^T.$$

Régimen de flotación cambiaria pura (FCP):

$$\hat{r}_t^{*CB} = 0,$$

$$\begin{aligned} \hat{i}_t = & h_0 \hat{i}_{t-1} + h_1 (\hat{\pi}_t - \hat{\pi}_t^T) + h_2 (\hat{\pi}_t^C - \hat{\pi}_t^{CT}) + h_3 (\hat{y}_t - \hat{y}_t^T) \\ & + h_4 (\hat{e}_t - \hat{e}_t^T) - h_5 (\hat{e}_{t-1} - \hat{e}_{t-1}^T) \end{aligned} \quad (184)$$

Régimen de flotación de tipo de cambio administrada (FCA):

$$\begin{aligned} \hat{r}_t^{*CB} = & k_0 \hat{r}_{t-1}^{*CB} - k_1 (\hat{\pi}_t - \hat{\pi}_t^T) - k_2 (\hat{\pi}_t^C - \hat{\pi}_t^{CT}) - k_3 (\hat{y}_t - \hat{y}_t^T) \\ & - k_4 (\hat{e}_t - \hat{e}_t^T) + k_5 (\hat{e}_{t-1} - \hat{e}_{t-1}^T). \end{aligned} \quad (185)$$

$$\begin{aligned} \hat{i}_t = & h_0 \hat{i}_{t-1} + h_1 (\hat{\pi}_t - \hat{\pi}_t^T) + h_2 (\hat{\pi}_t^C - \hat{\pi}_t^{CT}) + h_3 (\hat{y}_t - \hat{y}_t^T) \\ & + h_4 (\hat{e}_t - \hat{e}_t^T) - h_5 (\hat{e}_{t-1} - \hat{e}_{t-1}^T). \end{aligned}$$

Ahora tenemos 41 ecuaciones, dado que hemos agregado dos ecuaciones nuevas: (180) y (181), pero hemos eliminado una ecuación por cada ecuación de Phillips. Para obtener el sistema sin cointegración hacemos sólo unos cambios menores en las ecuaciones anteriores. Primero, eliminamos la ecuación de crecimiento, que hace desaparecer a $\hat{e}_t^z$ de la lista de procesos autorregresivos exógenos. En consecuencia, $\hat{z}_t^\circ$ reemplaza $\hat{e}_t^z$ en la lista de procesos autorregresivos exógenos. En ambas versiones eliminamos $\hat{p}_t^C$, $\hat{p}_t^V$, $\hat{C}_t^B$, $\hat{t}b_t$, $\hat{q}f_t$ y $\hat{g}d_t$, a fin de reducir la cantidad de ecuaciones sin complicar significativamente las demás ecuaciones. Esto nos deja con 36 en la versión de cointegración (dado que no sólo tenemos la ecuación de crecimiento sino también la ecuación que define la nueva variable $\hat{z}_{1t}^\circ$ como hemos visto en la sección 14.1). En la versión de no cointegración tenemos 33 ecuaciones y variables endógenas.

16.2. El sistema log-linealizado en forma matricial

Existen diversas maneras de resolver el sistema numéricamente. Hemos optado por organizar las ecuaciones de una manera apta para la aplicación de la descomposición generalizada de Schur (o QZ) (ver Klein, 2000). Otra posibilidad sería utilizar el algoritmo Anderson-Moore (ver Anderson, 2000), que no requiere la manipulación de las variables o las ecuaciones de ninguna manera. Se describen métodos alternativos y relacionados en Blanchard y Kahn (1980), Binder y Pesaran (1995), King y Watson (1998), Uhlig (1999) y Sims (2000).

Para poner el sistema dinámico en forma matricial nos resultó práctico reunir las variables endógenas en tres vectores (W_t, X_t, Y_t):

$$\begin{aligned} W_t &\equiv [\hat{i}_t^D \ \hat{b}_t^{CB} \ \hat{m}_t^0 \ \hat{y}_t \ \hat{q}_t^{ID} \ \hat{v}_t \ \hat{d}_t \ \hat{a}_t \ \hat{x}_t^M \ \hat{\pi}_t^C \ \hat{\mu}_t^z]' \\ X_t &\equiv [\hat{w}_t \ \hat{p}_t^N \ \hat{p}_t^{*MX} \ \hat{b}_t^{*B} \ \hat{k}_{t+1} \ \hat{i}_t^K \ \hat{h}_t \ \hat{q}_t \ \hat{mc}_t \ \hat{n}_t \ \hat{x}_t^A \ \hat{z}_t^\circ \ \hat{z}_{1,t}^\circ \ \hat{r}_t^{*CB} \ \hat{i}_t]' \\ Y_t &\equiv [\hat{c}_t \ \hat{v}_t \ \hat{\pi}_t^w \ \hat{\pi}_t \ \hat{\pi}_t^N \ \hat{\pi}_t^{*MX} \ \hat{e}_t \ \hat{\zeta}_t^\circ \ \hat{\lambda}_t^\circ \ \hat{i}_t^L]', \end{aligned}$$

W_t incluye las variables que más naturalmente podrían ser eliminadas por medio de ecuaciones estáticas. Sin embargo, decidimos mantener todas estas variables pues, por un lado, este vector incluye dos variables meta posibles de las reglas de retroalimentación ($\hat{y}_t$ y $\hat{\pi}_t^C$), pero también, para mantener un conjunto más completo de variables para el análisis de impulso-respuesta. X_t incluye las variables cuyas ecuaciones dinámicas asociadas no contienen términos expectacionales. Obsérvese que nuestros dos instrumentos de política son los últimos dos elementos de este vector (dado que la versión de base del modelo no incluye reglas de retroalimentación que miren hacia adelante). Y_t incluye las variables cuyas ecuaciones dinámicas asociadas contienen términos expectacionales. Podemos expresar los tres bloques de ecuaciones (estáticas, dinámicas sin términos expectacionales y dinámicas con términos expectacionales) de la siguiente forma estructural matricial:

$$H_w W_t = H^x X_t + H^y Y_t + H^z Z_t \quad (186)$$

$$\begin{aligned} B_{11} X_t + B_{12} Y_t &= C_{11} X_{t-1} + C_{12} Y_{t-1} + D_1 W_t \\ &+ J_{11} Z_t + J_{12} Z_{t-1} \end{aligned} \quad (187)$$

$$\begin{aligned} B_{21} X_t + B_{22} Y_t &= A_{21} E_t X_{t+1} + A_{22} E_t Y_{t+1} + C_{22} Y_{t-1} + D_2 W_t \\ &+ J_{21} Z_t + J_{22} Z_{t-1} + J_{20} E_t Z_{t+1}. \end{aligned} \quad (188)$$

Utilizando el hecho de que $E_t Z_{t+1} = MZ_t$ (ver (174)), estas ecuaciones se pueden acoplar de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} H_w & -H^x & -H^y \\ -D_1 & B_{11} & B_{12} \\ -D_2 & B_{21} & B_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} W_t \\ X_t \\ Y_t \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & A_{21} & A_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} E_t W_{t+1} \\ E_t X_{t+1} \\ E_t Y_{t+1} \end{bmatrix} \\ &+ \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ C_{11} & C_{12} \\ 0 & C_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_{t-1} \\ Y_{t-1} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} H^z & 0 \\ J_{11} & J_{12} \\ J_{21} + J_{20}M & J_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Z_t \\ Z_{t-1} \end{bmatrix} \end{aligned} \quad (189)$$

A continuación definimos nuevas variables a fin de poner el sistema en forma de espacio de estados. Ninguna de las variables en W aparecen rezagadas en el sistema. Dado que sólo un subconjunto de las variables de los vectores X_t e Y_t aparecen rezagadas (al menos en una ecuación), definimos matrices selectoras S_X y S_Y que seleccionan sólo los elementos de X_t e Y_t que aparecen rezagados y definimos los nuevos vectores, de una menor dimensión, $X_t = S_X X_{t-1}$ e $\bar{Y}_t = S_Y Y_{t-1}$. Además, definimos las matrices $\bar{C}_{j1} = C_{j1} S_X'$, $\bar{C}_{j2} = C_{j2} S_Y'$ ($j = 1, 2$) que tienen los mismos elementos que las ma-

trices C_{ij} pero dejan afuera las columnas de ceros. Adviértase que, por construcción, $\bar{C}_{11}\bar{X}_t = C_{11}X_t$ y $\bar{C}_{j2}\bar{Y}_t = C_{j2}Y_t$, ($j = 1, 2$). En consecuencia, podemos expresar las ecuaciones anteriores en forma de espacio de estados de la siguiente manera:

$$\begin{bmatrix} I_{7 \times 7} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & I_{8 \times 8} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & A_{21} & A_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \bar{X}_{t+1} \\ \bar{Y}_{t+1} \\ E_t W_{t+1} \\ E_t X_{t+1} \\ E_t Y_{t+1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & S_X & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & S_Y \\ 0 & 0 & H_w & -H^x & -H^y \\ -\bar{C}_{11} & -\bar{C}_{12} & -D_1 & B_{11} & B_{12} \\ 0 & -\bar{C}_{22} & -D_2 & B_{21} & B_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \bar{X}_t \\ \bar{Y}_t \\ W_t \\ X_t \\ Y_t \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ -H^z & 0 \\ -J_{11} & -J_{12} \\ -(J_{21} + MJ_{20}) & -J_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Z_t \\ Z_{t-1} \end{bmatrix} \quad (190)$$

donde:

$$\begin{aligned} \bar{X}_t &\equiv [\hat{w}_{t-1} \ \hat{p}_{t-1}^N \ \hat{p}_{t-1}^{*X} \ \hat{b}_{t-1}^{*B} \ \hat{k}_t \ \hat{r}_{t-1}^{*CB} \ \hat{i}_{t-1}]' \\ \bar{Y}_t &\equiv [\hat{c}_{t-1} \ \hat{v}_{t-1} \ \hat{\pi}_{t-1}^w \ \hat{\pi}_{t-1} \ \hat{\pi}_{t-1}^N \ \hat{\pi}_{t-1}^{*MX} \ \hat{e}_{t-1} \ \hat{i}_{t-1}^L]' \\ S_X &\equiv \begin{bmatrix} I_{5 \times 5} & 0_{5 \times 6} & 0_{5 \times 2} \\ 0_{2 \times 5} & 0_{2 \times 6} & I_{2 \times 2} \end{bmatrix} \\ S_Y &\equiv \begin{bmatrix} I_{7 \times 7} & 0_{7 \times 2} & 0_{7 \times 1} \\ 0_{1 \times 7} & 0_{1 \times 2} & 1 \end{bmatrix}. \end{aligned}$$

Además, la ecuación autorregresiva de primer orden de los procesos de forzamiento puede expresarse de la siguiente manera:

$$\begin{bmatrix} Z_t \\ Z_{t-1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} M & 0 \\ 0 & M \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Z_{t-1} \\ Z_{t-2} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} x_t \\ x_{t-1} \end{bmatrix}. \quad (191)$$

En notación compacta (y obvia), (190) y (191) tienen el formato necesario para aplicar el método de solución en Klein (2000):

$$\tilde{A}E_t\tilde{X}_{t+1} = \tilde{B}\tilde{X}_t + \tilde{C}\tilde{Z}_t$$

$$\tilde{Z}_t = \tilde{M}\tilde{Z}_{t-1} + \tilde{x}_t.$$

Obsérvese que dado que $\tilde{A}$ es claramente singular, el método tradicional de Blanchard y Kahn (1980) no se puede utilizar (al menos en esta configuración particular de espacio de estados). La descomposición generalizada de Schur (también llamada descomposición QZ) es apropiada para este caso. En la medida en que exista un número complejo ω tal que $\det(\tilde{A}\omega - \tilde{B}) \neq 0$, existen matrices unitarias¹⁶ complejas Q y Z tal que $Q\tilde{A}Z \equiv S$ y $Q\tilde{B}Z \equiv T$ son triangulares superiores y tal que para todas las i los elementos diagonales S_{ii} y T_{ii} no son ambos cero. Además, el conjunto de autovalores generalizados es el conjunto de ratios T_{ii}/S_{ii} (donde, abusando del lenguaje, cuando $S_{ii} = 0$ al autovalor generalizado correspondiente lo llamamos «infinito»). Más aun, los pares (S_{ii}, T_{ii}) se pueden disponer en cualquier orden. En consecuencia, los autovalores se pueden disponer de modo que los que están dentro del disco unitario se ubiquen primero. Además, dividimos $\tilde{X}_t$ en dos partes tal que todas las variables predeterminadas se ubiquen primero. En el caso de ARGEM, no todas las variables que aparecen rezagadas en el sistema son variables de estado. La tasa de préstamos de equilibrio en $t - 1$ depende del costo marginal esperado y del producto en t a través de la ecuación de equilibrio del mercado de préstamos y en consecuencia debe ser considerada una variable de salto (como lo es $\hat{i}_t^L$). Las variables de estado son las primeras $nk = 14$ que aparecen rezagadas en el sistema y están incluidas en un vector $\tilde{k}_t$. Y $\hat{i}_{t-1}^L$ y las variables endógenas restantes se reúnen en un vector $\tilde{d}_t$:

$$\tilde{X}_t = \begin{bmatrix} \bar{X}_t & \bar{Y}_t & W_t & X_t & Y_t \end{bmatrix}' = \begin{bmatrix} \tilde{k}_t & \tilde{d}_t \end{bmatrix}',$$

donde:

$$\tilde{k}_t = \begin{bmatrix} \bar{X}_t & \bar{Y}_{1t} \end{bmatrix}', \quad \tilde{d}_t = \begin{bmatrix} \hat{i}_{1t}^L & W_t & X_t & Y_t \end{bmatrix}'$$

$$\bar{Y}_t = \begin{bmatrix} \bar{Y}_{1t} & \hat{i}_{1t}^L \end{bmatrix}', \quad \hat{i}_{1t}^L = \hat{i}_{t-1}^L.$$

Klein (2000) demuestra que si el bloque izquierdo superior resultante (después de la redistribución) Z_{11} de Z (que incluye sus primeras nk filas y columnas) no es singular, y el número de autovalores generalizados dentro del círculo unitario (es decir, el número de $i \in \{1, \dots, nx\}$ tal que $|T_{ii}| < |S_{ii}|$, donde $nx = 14 + 34 = 48$ es la dimensión de $\tilde{X}_t$) es igual a la dimensión $nk = 14$ de $\tilde{k}_t$, entonces para cualquier k_0 dado existe una solución de sendero de ensilladura (que es casi seguramente única (P)) y se puede expresar de la siguiente manera:

$$\tilde{k}_{t+1} = G\tilde{k}_t + H\tilde{Z}_t + \xi_{t+1}$$

$$\tilde{d}_t = K\tilde{k}_t + L\tilde{Z}_t,$$

¹⁶ Una matriz cuadrada es unitaria si su inversa es igual a su transpuesta conjugada. En consecuencia, una matriz unitaria siempre es invertible.

donde ξ_{t+1} es un proceso de diferencias de martingala,

$$G = Z_{11}S_{11}^{-1}T_{11}Z_{11}^{-1}$$

$$H = (GZ_{12} - Z_{11}S_{11}^{-1}T_{12})R + (Z_{11}S_{11}^{-1}S_{12} - Z_{12})R\tilde{M} + Z_{11}S_{11}^{-1}Q_1\tilde{C}$$

$$K = Z_{21}Z_{11}^{-1}$$

$$L = (KZ_{12} - Z_{22})R$$

$$vec(R) = \left[I - \tilde{M} \otimes (T_{22}^{-1}S_{22}) \right]^{-1} vec\left(T_{22}^{-1}Q_2\tilde{C} \right).$$

y Q_1, Q_2 son los bloques superior e inferior correspondientes de Q .

Para poner la solución del modelo en forma de espacio de estados apropiada para el análisis de impulso-respuesta reunimos los procesos autorregresivos exógenos junto con la solución del modelo:

$$\begin{bmatrix} k_{t+1} \\ \tilde{Z}_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} G & H\tilde{M} \\ 0 & \tilde{M} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} k_t \\ \tilde{Z}_{t-1} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} H \\ I \end{bmatrix} \tilde{x}_t$$

$$[d_t] = \begin{bmatrix} K & L\tilde{M} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} k_t \\ \tilde{Z}_{t-1} \end{bmatrix} + L\tilde{x}_t.$$

Ahora tenemos el sistema en la forma necesaria para poder utilizar la Caja de herramientas de Control de Sistemas de MATLAB:

$$x(t+1) = AA * x(t) + BB * z(t)$$

$$y(t) = CC * x(t) + DD * z(t).$$

Este sistema tiene 1656 (=46*36) funciones de impulso-respuesta posibles en la versión de cointegración. Sin embargo, sólo los primeros 23 elementos de $\tilde{Z}_t$ (es decir, aquellos que corresponden a Z_t) son de interés. Además, sólo los últimos 35 elementos de $\tilde{d}_t$ son de interés (dado que podemos omitir la tasa de préstamos rezagada). Nos quedan 805 (=23*35) funciones de impulso-respuesta a los impulsos. Los gráficos de estas funciones aparecen en el Anexo IV.

17. Conclusión

El presente trabajo desarrolla un modelo de equilibrio general estocástico y dinámico con expectativas racionales relativamente grande para una economía abierta y pequeña cuyo crecimiento deriva de un *shock* tecnológico de raíz unitaria que está cointegrado con un *shock* tecnológico análogo en el resto del mundo, si bien también se desarrolla una versión más simple sin cointegración. El modelo tiene hogares, cuatro tipos de empresas (domésticas, de importación, de exportación y primarias), bancos y un sector público. Las empresas del sector primario son perfectamente competitivas mientras que las empresas de los otros tres sectores son monopolísticamente competitivas. Además, exis-

ten bancos perfectamente competitivos (sin entrada ni salida a la industria). Las empresas importadoras y exportadoras fijan precios en moneda local (o sea, en la moneda del país de destino). Los hogares y las empresas de los sectores doméstico, de importación y de exportación de bienes manufacturados, son competidores monopolísticos que fijan precios y salarios con rigidez nominal. En consecuencia, el modelo tiene cuatro ecuaciones de inflación de Phillips (para inflación salarial, inflación de bienes domésticos, inflación de bienes importados e inflación de exportaciones de bienes manufacturados, respectivamente).

Utilizamos el modelo de fijación de precios rígidos de Calvo-Rotemberg complementado por la ampliación de Yun-Christiano-Eichenbaum-Evans para la indexación plena a la inflación del período previo para aquellos que fijan precios o salarios sin la oportunidad de optimizar. Los hogares toman decisiones de consumo e inversión y además deciden sobre la intensidad de utilización del capital físico que alquilan a las empresas de los sectores doméstico y primario en un mercado competitivo. Generan demanda de efectivo, el cual es introducido a través de una función de costos de transacción estilizada, y depósitos bancarios. Los bancos financian una fracción estocástica de los gastos salariales, de alquiler de capital, de insumos primarios y de insumos importados, así como también la demanda exógena de préstamos por parte del Gobierno. Además, emiten depósitos y obtienen fondos en el exterior para financiar sus préstamos, mantener reservas en efectivo y regulatorias y comprar bonos (denominados en moneda local) emitidos por el Banco Central. La maximización de sus beneficios arroja la ecuación de paridad de tasas de interés no cubierta ajustada por riesgo del modelo. El Banco Central emite moneda y bonos en moneda doméstica y mantiene reservas en moneda extranjera y reservas bancarias reguladas.

El principal foco de atención en asuntos de política monetaria está puesto en crear un marco que pueda contener regímenes de política monetaria alternativos, incluidos aquellos en los que el Banco Central utiliza dos instrumentos simultáneos. Para ello, el balance del Banco Central y el equilibrio del mercado de bonos del Banco Central cumplen una función importante. Incluimos los casos extremos de un régimen de *crawling peg* puro y un régimen de flotación pura, pero nos concentramos principalmente en un régimen de flotación administrada en el que el Banco Central interviene simultáneamente en los mercados monetario y cambiario con dos reglas simples de retroalimentación de políticas correspondientes. Calibramos el modelo para Argentina en base a una serie de «grandes ratios» y lo resolvimos numéricamente utilizando el método de Klein (2000) armando las matrices correspondientes. Mostramos las funciones de respuesta a los impulsos resultantes en el Anexo IV. En investigaciones futuras esperamos transformar el modelo a fin de obtener las reglas de retroalimentación óptimas bajo compromiso (*commitment*). En dicha ampliación será interesante ver si resulta óptimo que el Banco Central intervenga en el mercado cambiario y en qué medida.

Anexo I

Log-linealización de las ecuaciones de Phillips

Ecuación Phillips para bienes domésticos

Primero log-linealizamos las ecuaciones de Phillips para bienes domésticos, dado que el procedimiento es más simple que para las correspondientes a la inflación salarial. Reescribimos las ecuaciones a ser log-linealizadas para conveniencia del lector:

$$\pi_t^{1-\theta} = \alpha \pi_{t-1}^{1-\theta} + (1-\alpha)(\tilde{p}_t \pi_t)^{1-\theta}. \quad (192)$$

$$0 = E_t \sum_{j=0}^{\infty} (\beta \alpha)^j \bar{\Lambda}_{t+j}^{\circ} q_{t+j} (\pi_{t+j})^{\theta-1} \left\{ \tilde{p}_t \pi_t - \frac{\theta}{\theta-1} m c_{t+j} \pi_{t+j} \right\}. \quad (193)$$

Primero expresamos estas ecuaciones en términos de desvíos logarítmicos partiendo de valores de estado estacionario (EE). Para una variable π_t , por ejemplo, definimos el desvío logarítmico de EE de la siguiente manera:

$$\hat{\pi}_t \equiv \log\left(\frac{\pi_t}{\pi}\right).$$

Tomemos (192) primero. Dividiendo todo por $\pi_t^{1-\theta}$ y tomando los logaritmos se obtiene:

$$0 = \log\left\{ \alpha \left(\frac{\pi_{t-1}}{\pi_t} \right)^{1-\theta} + (1-\alpha) \tilde{p}_t^{1-\theta} \right\}.$$

Los valores de EE para π_t y $\tilde{p}_t$ son π y 1, respectivamente, de modo que podemos escribir esta expresión en términos de los ratios de las variables y sus valores de EE:

$$\begin{aligned} 0 &= \log\left\{ \alpha \left(\frac{\pi_{t-1}/\pi}{\pi_t/\pi} \right)^{1-\theta} + (1-\alpha) \tilde{p}_t^{1-\theta} \right\} \\ &= \log\left\{ \alpha \exp\left[(1-\theta)\left(\log \frac{\pi_{t-1}}{\pi} - \log \frac{\pi_t}{\pi}\right)\right] + (1-\alpha) \exp[(1-\theta) \log \tilde{p}_t] \right\} \\ &= \log\left\{ \alpha \exp[(1-\theta)(\hat{\pi}_{t-1} - \hat{\pi}_t)] + (1-\alpha) \exp[(1-\theta) \hat{p}_t] \right\} \\ &\equiv G(\hat{\pi}_t, \hat{\pi}_{t-1}, \hat{p}_t). \end{aligned}$$

Segundo, una aproximación lineal de esta expresión es:

$$G(\hat{\pi}_t, \hat{\pi}_{t-1}, \hat{p}_t) \simeq G + G_1 \hat{\pi}_t + G_2 \hat{\pi}_{t-1} + G_3 \hat{p}_t,$$

donde G es el valor de la función a los valores de EE de las variables y G_j es la derivada parcial de G con respecto a su j -ésima variable, valuada en los valores de EE de las variables. Calculando las derivadas parciales correspondientes se obtiene que:

$$0 = -\alpha(1-\theta)(\hat{\pi}_t - \hat{\pi}_{t-1}) + (1-\alpha)(1-\theta)\hat{p}_t$$

y en consecuencia:

$$\hat{p}_t = \frac{\alpha}{1-\alpha}(\hat{\pi}_t - \hat{\pi}_{t-1}). \quad (194)$$

Ahora simplificamos la notación de (193) a:

$$0 = E_t \sum_{j=0}^{\infty} \gamma^j \Gamma_{t+j} \{ \tilde{p}_t \pi_t - s_{\theta} m c_{t+j} \pi_{t+j} \}, \quad (195)$$

definiendo:

$$\Gamma_{t+j} \equiv \bar{\Lambda}_{t+j}^{\circ} q_{t+j}(\pi_{t+j})^{\theta-1}, \quad s_{\theta} \equiv \frac{\theta}{\theta-1}, \quad \gamma \equiv \beta\alpha,$$

y reescribimos (195) de la siguiente manera:

$$\tilde{p}_t \pi_t E_t \sum_{j=0}^{\infty} \gamma^j \Gamma_{t+j} = s_{\theta} E_t \sum_{j=0}^{\infty} \gamma^j \Gamma_{t+j} m c_{t+j} \pi_{t+j}. \quad (196)$$

Recordemos que el valor de EE de $\tilde{p}_t$ es igual a 1. Entonces, dado que $\gamma < 1$, el EE para (196) es:

$$\Gamma \sum_{j=0}^{\infty} \gamma^j = \frac{\Gamma}{1-\gamma} = s_{\theta} \frac{\Gamma}{1-\gamma} m c \pi = s_{\theta} \Gamma m c \pi \sum_{j=0}^{\infty} \gamma^j. \quad (197)$$

Dividiendo término por término (196) por (197), y tomando los logaritmos, se obtiene:

$$\begin{aligned} & \hat{\tilde{p}}_t + \hat{\pi}_t + \log \left((1-\gamma) E_t \sum_{j=0}^{\infty} \gamma^j \exp \left(\log \frac{\Gamma_{t+j}}{\Gamma} \right) \right) \\ &= \log \left((1-\gamma) E_t \sum_{j=0}^{\infty} \gamma^j \exp \left(\log \frac{\Gamma_{t+j}}{\Gamma} \right) \exp \left(\log \frac{m c_{t+j}}{m c} \frac{\pi_{t+j}}{\pi} \right) \right). \end{aligned}$$

Reescribimos esto como:

$$\hat{\tilde{p}}_t + \hat{\pi}_t + H(\hat{\Gamma}_t, \hat{\Gamma}_{t+1}, \dots) = J(\hat{\Gamma}_t, \hat{m}c_t + \hat{\pi}_t, \hat{\Gamma}_{t+1}, \hat{m}c_{t+1} + \hat{\pi}_{t+1}, \dots). \quad (198)$$

donde

$$\begin{aligned} H(\hat{\Gamma}_t, \hat{\Gamma}_{t+1}, \dots) &\equiv \log \left((1-\gamma) E_t \sum_{j=0}^{\infty} \gamma^j \exp \left(\hat{\Gamma}_{t+j} \right) \right) \\ J(\hat{\Gamma}_t, \hat{m}c_t + \hat{\pi}_t, \hat{\Gamma}_{t+1}, \hat{m}c_{t+1} + \hat{\pi}_{t+1}, \dots) &\equiv \\ &\equiv \log \left((1-\gamma) E_t \sum_{j=0}^{\infty} \gamma^j \exp \left(\hat{\Gamma}_{t+j} \right) \exp \left(\hat{m}c_{t+j} + \hat{\pi}_{t+j} \right) \right). \end{aligned}$$

Ahora, log-linealizamos H y J , como hicimos antes para G , notando que las derivadas parciales de H y J con respecto a $\hat{\Gamma}_{t+j}$ son las mismas, de modo que los términos correspondientes se anulan en la aproximación lineal de (198). En consecuencia, sólo queda:

$$\hat{\tilde{p}}_t + \hat{\pi}_t = (1-\gamma) \sum_{j=0}^{\infty} \gamma^j E_t (\hat{m}c_{t+j} + \hat{\pi}_{t+j}).$$

Ahora, obsérvese que esta expresión se puede escribir en forma recursiva:

$$\hat{\tilde{p}}_t + \hat{\pi}_t = (1-\gamma) (\hat{m}c_t + \hat{\pi}_t) + \gamma E_t (\hat{\tilde{p}}_{t+1} + \hat{\pi}_{t+1}),$$

y en consecuencia (reemplazando γ por su expresión original):

$$\hat{\tilde{p}}_t = (1-\beta\alpha) \hat{m}c_t + \beta\alpha E_t (\hat{\tilde{p}}_{t+1} + \hat{\pi}_{t+1} - \hat{\pi}_t).$$

Ahora utilizamos (194) para eliminar $\widehat{\bar{p}}_t$ y $\widehat{\bar{p}}_{t+1}$ y finalmente obtenemos la ecuación de Phillips log-linealizada:

$$\widehat{\pi}_t - \widehat{\pi}_{t-1} = \frac{(1-\alpha)(1-\beta\alpha)}{\alpha} \widehat{mc}_t + \beta E_t(\widehat{\pi}_{t+1} - \widehat{\pi}_t).$$

Ecuación de Phillips para salarios

En este caso las ecuaciones son:

$$(\pi_t^w)^{1-\theta} = \alpha_W (\pi_{t-1}^w)^{1-\theta} + (1-\alpha_W) (\widetilde{w}_t \pi_t^w)^{1-\theta}, \quad (199)$$

$$0 = E_t \sum_{j=0}^{\infty} (\beta \alpha_W)^j \lambda_{t+j}^\circ h_{t+j} \bar{w}_{t+j} (\pi_{t+j}^w)^{\psi-1} \quad (200)$$

$$\left\{ \widetilde{w}_t \pi_t^w - \frac{\psi}{\psi-1} \frac{\eta_{H^Z} H_{t+j}^H h_{t+j}^\chi}{\lambda_{t+j}^\circ \bar{w}_{t+j}} (\pi_{t+j}^w)^{1+\psi\chi} (\widetilde{w}_t \pi_t^w)^{-\psi\chi} \right\}.$$

Repetiendo el procedimiento utilizado para (192), la versión log-lineal de (199) es:

$$\widehat{\widetilde{w}}_t = \frac{\alpha_W}{1-\alpha_W} (\widehat{\pi}_t^w - \widehat{\pi}_{t-1}^w). \quad (201)$$

Ahora dividimos (200) por $(\widetilde{w}_t \pi_t^w)^{-\psi\chi}$ y simplificamos la notación a:

$$0 = E_t \sum_{j=0}^{\infty} \gamma_W^j \Gamma_{t+j}^w \left\{ (\widetilde{w}_t \pi_t^w)^{1+\psi\chi} - s_w \Psi_{t+j}^w (\pi_{t+j}^w)^{1+\psi\chi} \right\},$$

definiendo:

$$\Gamma_{t+j}^w \equiv \lambda_{t+j}^\circ h_{t+j} \bar{w}_{t+j} (\pi_{t+j}^w)^{\psi-1}, \quad \Psi_{t+j}^w \equiv \frac{\eta_{H^Z} H_{t+j}^H h_{t+j}^\chi}{\lambda_{t+j}^\circ \bar{w}_{t+j}},$$

$$s_w \equiv \frac{\psi}{\psi-1}, \quad \gamma_W \equiv \beta \alpha_W.$$

Reescribimos la ecuación de la siguiente forma:

$$(\widetilde{w}_t \pi_t^w)^{1+\psi\chi} E_t \sum_{j=0}^{\infty} \gamma_W^j \Gamma_{t+j}^w = s_w E_t \sum_{j=0}^{\infty} \gamma_W^j \Gamma_{t+j}^w \Psi_{t+j}^w (\pi_{t+j}^w)^{1+\psi\chi}, \quad (202)$$

El valor de EE de $\widetilde{w}_t$ es 1, de modo que el EE para (202) es:

$$\pi^w \frac{\Gamma^w}{1-\gamma_W} = s_w \frac{\Gamma^w}{1-\gamma_W} \Psi^w (\pi^w)^{1+\psi\chi}. \quad (203)$$

Dividiendo término por término las últimas dos ecuaciones y tomando logaritmos, se obtiene:

$$\begin{aligned} (1+\psi\chi) \left(\widehat{\widetilde{w}}_t + \widehat{\pi}_t^w \right) + H^w(\widehat{\Gamma}_t^w, \widehat{\Gamma}_{t+1}^w, \dots) &= \\ &= J^w(\widehat{\Gamma}_t^w, \widehat{\Psi}_t^w, \widehat{\pi}_t^w, \widehat{\Gamma}_{t+1}^w, \widehat{\Psi}_{t+1}^w, \widehat{\pi}_{t+1}^w, \dots), \end{aligned} \quad (204)$$

donde:

$$\begin{aligned}
H^w(\hat{\Gamma}_t^w, \hat{\Gamma}_{t+1}^w, \dots) &\equiv \log \left((1 - \gamma_w) E_t \sum_{j=0}^{\infty} \gamma_w^j \exp(\hat{\Gamma}_{t+j}^w) \right) \\
J^w(\hat{\Gamma}_t^w, \hat{\Psi}_t^w, \hat{\pi}_t^w, \hat{\Gamma}_{t+1}^w, \hat{\Psi}_{t+1}^w, \hat{\pi}_{t+1}^w, \dots) \\
&\equiv \log \left((1 - \gamma_w) E_t \sum_{j=0}^{\infty} \gamma_w^j \exp(\hat{\Gamma}_{t+j}^w) \exp(\hat{\Psi}_{t+j}^w) \exp((1 + \psi \chi) \hat{\pi}_{t+j}^w) \right).
\end{aligned}$$

Como anteriormente, log-linealizamos H^w y J^w , observando que las derivadas parciales de H^w y J^w con respecto a $\hat{\Gamma}_{t+j}^w$ son las mismas y se anulan en la aproximación lineal a (204). Obtenemos:

$$(1 + \psi \chi) \left(\hat{\tilde{w}}_t + \hat{\pi}_t^w \right) = (1 - \gamma^w) \sum_{j=0}^{\infty} \gamma_w^j E_t \left(\hat{\Psi}_{t+j}^w + (1 + \psi \chi) \hat{\pi}_{t+j}^w \right)$$

lo cual implica:

$$\begin{aligned}
(1 + \psi \chi) \left(\hat{\tilde{w}}_t + \hat{\pi}_t^w \right) &= (1 - \gamma^w) \left(\hat{\Psi}_t^w + (1 + \psi \chi) \hat{\pi}_t^w \right) \\
&\quad + (1 + \psi \chi) \gamma^w E_t \left(\hat{\tilde{w}}_{t+1} + \hat{\pi}_{t+1}^w \right),
\end{aligned}$$

y en consecuencia:

$$\hat{\tilde{w}}_t = \frac{1 - \beta \alpha_w}{1 + \psi \chi} \hat{\Psi}_t^w + \beta \alpha_w E_t \left(\hat{\tilde{w}}_{t+1} + \hat{\pi}_{t+1}^w - \hat{\pi}_t^w \right).$$

Ahora utilizamos (201) para eliminar $\hat{\tilde{w}}_t$ y $\hat{\tilde{w}}_{t+1}$:

$$\hat{\pi}_t^w - \hat{\pi}_{t-1}^w = \frac{(1 - \alpha_w)(1 - \beta \alpha_w)}{\alpha_w(1 + \psi \chi)} \hat{\Psi}_t^w + \beta E_t (\hat{\pi}_{t+1}^w - \hat{\pi}_t^w).$$

Finalmente, la definición de $\hat{\Psi}_t^w$ implica:

$$\hat{\Psi}_t^w = \chi \hat{h}_t + \hat{z}_t^H - \hat{\lambda}_t^\circ - \hat{\tilde{w}}_t,$$

de modo que sustituyendo en la última expresión se obtiene la ecuación de Phillips log-linealizada para salarios:

$$\hat{\pi}_t^w - \hat{\pi}_{t-1}^w = \frac{(1 - \alpha_w)(1 - \beta \alpha_w)}{\alpha_w(1 + \psi \chi)} \left(\chi \hat{h}_t + \hat{z}_t^H - \hat{\lambda}_t^\circ - \hat{\tilde{w}}_t \right) + \beta E_t (\hat{\pi}_{t+1}^w - \hat{\pi}_t^w).$$

Anexo II

Parámetros calibrados y grandes ratios

Los parámetros primitivos que no son de política involucrados en las ecuaciones estructurales log-linealizadas se encuentran en la Tabla 1. Si bien mostramos las tasas de interés, depreciación, alquiler y descuento brutas anuales, en la implementación las elevamos a la 1/4 a fin de obtener sus equivalentes trimestrales. Podemos utilizar diferentes valores para los parámetros de política en las reglas simples de retroalimentación h_0, h_1, h_2, h_3, h_4 y k_0, k_1 y para la fracción de los bancos que tienen expectativas racionales β^B .

Tabla 1

Parámetros calibrados y grandes ratios

<i>HOGARES</i>		
Factor de descuento intertemporal	β	0.996
Hábito	ξ	0.75
Depreciación del capital físico	δ^K	0.03940
Elasticidad de oferta de trabajo	χ	1
Participación bienes domésticos en consumo	a_D	0.8882
Participación bienes domésticos en inversión	b_D	0.7566
Elasticidad de sustitución bienes domésticos	θ	4.9602
Elasticidad de sustitución bienes importados	θ_N	3.5
Elast. sust. entre bienes de consumo domésticos e importados	θ_C	1.1937
Elast. sust. entre bienes de inversión domésticos e importados	θ_V	1.3911
Elasticidad de sustitución de bienes exportados manufacturados	θ^*	21
Elasticidad de la demanda de bienes exportados manufacturados del RM	θ^{**}	21
<i>EMPRESAS DEL SECTOR DOMESTICO</i>		
Fracción del costo de alquiler financiada por bancos	ζ^K	0.1999
Fracción del costo salarial financiada por bancos	ζ^W	0.1999
Fracción del costo de insumos primarios financiada por bancos	ζ^A	0.1999
Fracción del costo de insumos importados financiada por bancos	ζ^N	0.1999
Función de producción	a^q	0.2525
Función de producción	b^q	0.593
Función de producción	c^q	0.03713
Función de producción	F^D	0
<i>EMPRESAS DEL SECTOR PRIMARIO</i>		
Función de producción	α^A	0.3714
Función de producción	α^B	0.2503
<i>BANCOS</i>		
Demanda de efectivo/depósitos	γ^B	0.06
Reservas regulatorias/depósitos	γ^R	0.06
Demanda de efectivo en moneda extranjera/deuda externa	γ^{FX}	0.067

Tabla 1

Parámetros calibrados y grandes ratios (continuación)

Función de costos	a_0^B	1.1
Función de costos	a_L^B	1.10397
Función de costos	a_D^B	1.09643
Prima de riesgo exógena de la deuda externa en estado estacionario	ϕ^{**B}	0.0061
Prima de riesgo endógena de la deuda externa	α_1^{RP}	4.8885×10^{-9}
Prima de riesgo endógena de la deuda externa	α_2^{RP}	3.4363
<i>PROBABILIDAD DE NO OPTIMIZAR</i>		
Salarios	α_W	0.6
Bienes domésticos	α	0.5
Bienes importados	α_N	0.55
Bienes exportados manufacturados	α_X	0.35
<i>FUNCIONES AUXILIARES DE COSTOS</i>		
Intensidad de utilización	a_u	100
Ajuste de la inversión	a_V	3.6
Costo de transacción	a_M	7.07106
Costo de transacción	b_M	0.28167
Costo de transacción	c_M	2.59259
<i>RESTO DEL MUNDO</i>		
Tasa de crecimiento	μ^{z**}	1.04
Tasa de interés libre de riesgo	i^{**}	0.05369
Inflación	π^{**}	1.023
<i>POLITICA MONETARIA</i>		
Meta de inflación	π^T	1.065
Meta de reservas internacionales	γ^T	0.37208
<i>OTRAS TASAS Y PRECIOS RELATIVOS DE EE</i>		
Tasa de interés de bonos del Banco Central	i	0.069277
Tasa de depreciación nominal de la moneda	δ	1.0410557
Tasa de inflación salarial	π^w	1.1076
Tasa de interés de depósitos	i^D	0.112041
Tasa de interés de préstamos	i^L	0.15
Tasa de alquileres	i^K	0.085084
Costo marginal real	mc	0.7984

Tabla 1

Parámetros calibrados y grandes ratios (continuación)

Tipo de cambio real	e	1.36
<i>FISCAL</i>		
Gasto público/PIB	g/y	0.13
Impuestos suma fija/PIB	t/y	0.1515
Préstamos al Gobierno/PIB	ℓ^G/y	0.044
Superávit cuasi fiscal del Banco Central/PIB	qf/y	0.008912
Superávit doméstico del Gobierno/PIB	gd/y	0.02
<i>OTROS RATIOS DE EE</i>		
Consumo privado/PIB	$p^C c/y$	0.65
Inversión privada/PIB	$p^V v/y$	0.18545
Exportaciones/PIB	x/y	0.25455
Importaciones/PIB	$p^N n/y$	0.22
Exportaciones sector primario/Exportaciones	$ep^{**A} x^A/x$	0.3056
Insumos del sector doméstico al sector primario/PIB	$\alpha_A p^A a/y$	0.039
Insumos del sector primario al sector doméstico/PIB	$p^A q^{AD}/y$	0.0313
Producto intermedio doméstico del sector doméstico/PIB	q^{ID}/y	0.06249
Producto intermedio importado del sector doméstico/PIB	q^{IN}/y	0.099
Producto del sector doméstico/PIB	q/y	1.0878
Producto del sector primario/PIB	$p^A a/y$	0.105
Efectivo/PIB	m^0/y	0.068
Bonos del Banco Central/PIB	b^{CB}/y	0.0356
Reservas internacionales/PIB	er^{*CB}/y	0.13
Depósitos/PIB	d/y	0.22
Préstamos/PIB	ℓ/y	0.2193
Deuda externa de los bancos/PIB	eb^{*B}/y	0.0658
<i>NIVEL</i>		
PIB a precios de 2005 (miles de millones de pesos)	y	$532.268 * 1.10$

Tabla 2

Parámetros autorregresivos de las Funciones de impulso-respuesta

Shocks

Productividad transitoria	ρ^{ϵ}	0.1
Consumo	ρ^{z^C}	0.8
Inversión	ρ^{z^V}	0.3
Oferta laboral	ρ^{z^H}	0.3
Costos de transacción	ρ^{z^M}	0.4
Productividad asimétrica	ρ^{z^0}	0.3
Costo de alquiler con financiamiento bancario	ρ^{ς^K}	0.6
Costo salarial con financiamiento bancario	ρ^{ς^W}	0.6
Costo de los insumos primarios con financiamiento bancario	ρ^{ς^A}	0.6
Costo de los insumos importados con financiamiento bancario	ρ^{ς^N}	0.6
Coefficiente efectivo/depósitos bancarios	ρ^{γ^B}	0.1
Coefficiente reservas regulatorias/depósitos bancarios	ρ^{γ^R}	0.1
Préstamos bancarios al Gobierno	ρ^{ℓ^G}	0.4
Gasto de consumo del Gobierno	ρ^g	0.5
Recaudación fiscal	ρ^t	0.2
Crecimiento de la productividad en el RM	$\rho^{\mu^{z^{**}}}$	0.3
Inflación en el RM	$\rho^{\pi^{**N}}$	0.7
Precio relativo de export. de bienes manufact./bs. «domésticos» del RM	$\rho^{p^{**X}}$	0.9
Precio relativo de exportaciones primarias/manufactureras del RM	$\rho^{p^{**A}}$	0.9
PIB del RM	$\rho^{y^{**}}$	0.3
Tasa de interés libre de riesgo del RM	$\rho^{i^{**}}$	0.3
Prima de riesgo exógena del RM	$\rho^{\phi^{**B}}$	0.2
Compra exógena de divisas del Banco Central	$\rho^{z^{CB}}$	0.1

Anexo III

Definiciones de los coeficientes de las ecuaciones log-linealizadas

Los siguientes parámetros compuestos se han utilizado en la log-linealización de los sistemas:

Estructura de la oferta de depósitos de los bancos:

$$\alpha_{DS}^B \equiv \frac{a_0^B(i^L - i)}{a_0^B(i^L - i) + a_L^B[(1 - \gamma^B - \gamma^R)i - i^D]}$$

Estructura del margen de los depósitos bancarios:

$$\alpha_1^{DM} \equiv \frac{1 + i^D}{i^D - (1 - \gamma^B - \gamma^R)i}$$
$$\alpha_2^{DM} \equiv \frac{(1 - \gamma^B - \gamma^R)(1 + i)}{i^D - (1 - \gamma^B - \gamma^R)i}$$

Estructura del margen del préstamo bancario:

$$\alpha^{LM} \equiv \frac{1 + i}{i^L - i}$$

Estructura de drenajes de depósitos:

$$\alpha_B^{DD} \equiv \frac{\gamma^B}{1 - \gamma^B - \gamma^R}$$
$$\alpha_R^{DD} \equiv \frac{\gamma^R}{1 - \gamma^B - \gamma^R}$$

Estructura de activos del Banco:

$$\alpha_A^B \equiv \frac{\ell}{\ell + b^{CB}}$$

Estructura de pasivos del Banco:

$$\alpha_L^B \equiv \frac{d(1 - \gamma^B - \gamma^R)}{d(1 - \gamma^B - \gamma^R) + (1 - \gamma^{FX})eb^{*B}}$$

Estructura de oferta de préstamos:

$$\alpha_{LS}^B \equiv \frac{a_D^B(i^L - i)}{a_D^B(i^L - i) + a_0^B[(1 - \gamma^B - \gamma^R)i - i^D]}$$

Estructura de costos bancarios:

$$a^{BC} \equiv \frac{a_L^B \ell^2 - a_0^B \ell d}{a_L^B \ell^2 + a_D^B d^2 - 2a_0^B \ell d}$$

Estructura de demanda de efectivo:

$$a^{CM} \equiv \frac{\varpi[p^C c + p^V v]}{\varpi[p^C c + p^V v] + \gamma^B d}$$

Estructura de absorción privada:

$$\alpha_A^{CM} \equiv \frac{p^C c}{p^C c + p^V v}$$

Elasticidad del ratio efectivo-absorción de los hogares ϖ con respecto a la tasa de interés de los depósitos bruta:

$$\alpha_D^{CM} \equiv \frac{1}{(b_M + 1)[(a_M + 1)(1 + i^D) - 1]}$$

Elasticidad del ratio dinero efectivo-absorción de los hogares ϖ con respecto a un *shock* (positivo) en la demanda de efectivo por parte de los hogares:

$$\alpha_M^{CM} \equiv \frac{a_M(1 + i^D)}{a_M(1 + i^D) + i^D}$$

Elasticidad de la función del costo de las transacciones auxiliares $\tilde{\tau}_M$ con respecto a la tasa de interés bruta de los depósitos:

$$b_{\tilde{\tau}}^Q \equiv \frac{b_M \varpi^{-b_M} - a_M \varpi}{a_M \varpi + \varpi^{-b_M} - c_M} \alpha_D^{CM}$$

Elasticidad de la función auxiliar $\tilde{\varphi}_M$ con respecto a la tasa de interés doméstica bruta:

$$\varepsilon_M = \frac{b_M(1 + b_M) \varpi^{-b_M}}{1 - c_M + (1 + b_M) \varpi^{-b_M}} \alpha_D^{CM}$$

Estructura de la oferta agregada:

$$a^Y \equiv \frac{y}{y + p^N n} = 0.81967213,$$

$$\alpha_c^Y \equiv \frac{p^C c}{p^C c + p^V v + x^M + ep^{**A} x^A + g}$$

$$\alpha_v^Y \equiv \frac{p^V v}{p^C c + p^V v + x^M + ep^{**A} x^A + g}$$

$$\alpha_{xm}^Y \equiv \frac{x^M}{p^C c + p^V v + x^M + ep^{**A} x^A + g}$$

$$\alpha_{xa}^Y \equiv \frac{ep^{**A} x^A}{p^C c + p^V v + x^M + ep^{**A} x^A + g}$$

Elasticidades de la oferta de bienes primarios:

$$\gamma_1^a \equiv \frac{\alpha_A + \beta_A}{1 - \alpha_A - \beta_A}$$

$$\gamma_2^a \equiv \frac{\beta_A}{1 - \alpha_A - \beta_A}$$

Elasticidad de la demanda doméstica intermedia con respecto a la tasa de alquiler:

$$a_0^{qD} \equiv \frac{k i^K}{a_u q^{ID}}$$

Estructura de la demanda doméstica intermedia:

$$a_1^{qD} \equiv \frac{\tilde{\tau}_M[p^C c + p^V v]}{\tilde{\tau}_M[p^C c + p^V v] + C^B + \alpha_A e p^{**A} a}$$

$$a_2^{qD} \equiv \frac{C^B}{\tilde{\tau}_M[p^C c + p^V v] + C^B + \alpha_A e p^{**A} a}$$

Estructura del pasivo del Banco Central:

$$a_1^{CB} \equiv \frac{m^0}{m^0 + \gamma^R d + b^{CB}}$$

$$a_2^{CB} \equiv \frac{\gamma^R d}{m^0 + \gamma^R d + b^{CB}}$$

Estructura del índice de precios al consumidor:

$$a_{PC} \equiv \frac{(1 - a_D)(p^N)^{1-\theta_C}}{a_D + (1 - a_D)(p^N)^{1-\theta_C}}$$

Estructura del índice de precios de la inversión:

$$a_{PV} \equiv \frac{(1 - b_D)(p^N)^{1-\theta_V}}{b_D + (1 - b_D)(p^N)^{1-\theta_V}}$$

Estructura del superávit cuasi-fiscal del Banco Central:

$$a^{QF} = \frac{\left(1 + i^{**} - \frac{1}{\delta}\right) \frac{e r^{*CB}}{\pi^{**N} \mu^z}}{\left(1 + i^{**} - \frac{1}{\delta}\right) \frac{e r^{*CB}}{\pi^{**N} \mu^z} - i \frac{b^{CB}}{\pi \mu^z}}$$

$$\alpha_i^{QF} = \frac{1 + i^{**}}{1 + i^{**} - \frac{1}{\delta}}$$

Estructura del superávit doméstico del Gobierno:

$$a_1^{GD} \equiv \frac{t}{t - g + \ell^G - \frac{1+i^L}{\mu^z \pi} \ell^G}$$

$$a_2^{GD} \equiv \frac{g}{t - g + \ell^G - \frac{1+i^L}{\mu^z \pi} \ell^G}$$

$$a_3^{GD} \equiv \frac{\ell^G}{t - g + \ell^G - \frac{1+i^L}{\mu^z \pi} \ell^G}$$

Estructura de los usos de la balanza de pagos y los recursos fiscales:

$$a_1^{BPF} \equiv \frac{r^{*CB}}{r^{*CB} + (1 + i^{**}) \left[1 + \phi^{*B} + \alpha_1^{BP} (b^{*B} e)^{\alpha_2^{BP}} \right] \frac{b^{*B}}{\mu^{z^{**}} \pi^{**N}} + (qf + gd)/e}$$

$$a_2^{BPF} \equiv \frac{(1 + i^{**}) \left[1 + \phi^{*B} + \alpha_1^{BP} (b^{*B} e)^{\alpha_2^{BP}} \right] \frac{b^{*B}}{\mu^{z^{**}} \pi^{**N}}}{r^{*CB} + (1 + i^{**}) \left[1 + \phi^{*B} + \alpha_1^{BP} (b^{*B} e)^{\alpha_2^{BP}} \right] \frac{b^{*B}}{\mu^{z^{**}} \pi^{**N}} + (qf + gd)/e}$$

$$a_3^{BPF} \equiv \frac{qf/e}{r^{*CB} + (1 + i^{**}) \left[1 + \phi^{*B} + \alpha_1^{BP} (b^{*B} e)^{\alpha_2^{BP}} \right] \frac{b^{*B}}{\mu^{z^{**}} \pi^{**N}} + (qf + gd)/e}$$

Estructura de los orígenes de la balanza de pagos y los recursos fiscales:

$$a_4^{BPF} \equiv \frac{b^{*B}}{b^{*B} + (1 + i^{**}) \frac{r^{*CB}}{\mu^{z^{**}} \pi^{**N}} + tb}$$

$$a_5^{BPF} \equiv \frac{(1 + i^{**}) \frac{r^{*CB}}{\mu^{z^{**}} \pi^{**N}}}{b^{*B} + (1 + i^{**}) \frac{r^{*CB}}{\mu^{z^{**}} \pi^{**N}} + tb}$$

Estructura de la balanza comercial:

$$a_1^{TB} \equiv \frac{p^{*MX} x^M}{p^{*MX} x^M + p^{**A} x^A - n}$$

$$a_2^{TB} \equiv \frac{p^{**A} x^A}{p^{*MX} x^M + p^{**A} x^A - n}$$

Estructura de la base de costos marginales reales:

$$\alpha_q \equiv \frac{q}{q + F^D}$$

Estructura de la demanda de servicios de capital físico:

$$\gamma^K \equiv \frac{a^q \frac{mc(q+F^D)}{1+\zeta^{K_I L}}}{a^q \frac{mc(q+F^D)}{1+\zeta^{K_I L}} + \beta_A e p^{**A} a}$$

Estructura de las demandas de factores/préstamos de las empresas:

$$\alpha_K^{MC} = \alpha_W^{MC} = \alpha_A^{MC} = \alpha_N^{MC} \equiv \frac{i^L}{1/\zeta + i^L}$$

Estructura de la demanda conjunta doméstica y primaria:

$$a_y^Q \equiv \frac{y}{y + q^{ID} + p^N n^F}$$

$$a_D^Q \equiv \frac{q^{ID}}{y + q^{ID} + q^{IN}}$$

Estructura de la oferta conjunta doméstica y primaria:

$$\gamma^Q \equiv \frac{q}{q + ep^{**A}x^A}$$

Elasticidad del costo marginal real con respecto a la tasa de interés de préstamos bruta:

$$\alpha_L^{MC} \equiv [a^q \alpha_K^{MC} + b^q \alpha_W^{MC} + c^q \alpha_A^{MC} + (1 - a^q - b^q - c^q) \alpha_N^{MC}] \frac{1 + i^L}{i^L}$$

Estructura de la demanda de importaciones:

$$a_1^N \equiv \frac{(1 - a_D)p^C c}{(1 - a_D)p^C c + (1 - b_D)p^V v + \frac{1 - a^q - b^q - c^q}{1 + \zeta^{N_i L}} mc[q + F^D]}$$

$$a_2^N \equiv \frac{(1 - b_D)p^V v}{(1 - a_D)p^C c + (1 - b_D)p^V v + \frac{1 - a^q - b^q - c^q}{1 + \zeta^{N_i L}} mc[q + F^D]}$$

Estructura de la demanda de bienes primarios:

$$\gamma^{XA} \equiv \frac{c^q \frac{mc[q + F^D]}{(1 + \zeta^A i^L) ep^{**A}}}{c^q \frac{mc[q + F^D]}{(1 + \zeta^A i^L) ep^{**A}} + x^A}$$

Estructura de la utilidad marginal del consumo:

$$a_C \equiv \frac{\beta \xi}{\mu^z - \beta \xi}$$

$$\alpha_C \equiv \frac{\xi}{\mu^z - \xi}$$

Estructura de la formación del capital físico:

$$a_K \equiv \frac{(1 - \delta^K)k}{(1 - \delta^K)k + v\mu^z} = \frac{1 - \delta^K}{\mu^{z**}}$$

Estructura de la prima de riesgo bancario:

$$a^{RP} \equiv \frac{1 + \phi^{*B}}{1 + \phi^{*B} + \alpha_1^{RP} (b^{*B} e)^{\alpha_2^{RP}}}$$

Estructura de la prima de arbitraje bancario:

$$\bar{a}^{RP} \equiv \frac{1 + \phi^{*B}}{1 + \phi^{*B} + (1 + \alpha_2^{RP}) \alpha_1^{RP} (b^{*B} e)^{\alpha_2^{RP}}}$$

Estructura de la tasa de interés:

$$\gamma_1^B \equiv \frac{\delta \left\{ (1 + i^{**}) \left[1 + \phi^{B*} + (\alpha_2^{RP} + 1) \alpha_1^{RP} (eb^{*B})^{\alpha_2^{RP}} \right] - 1 \right\}}{\delta \left\{ (1 + i^{**}) \left[1 + \phi^{B*} + (\alpha_2^{RP} + 1) \alpha_1^{RP} (eb^{*B})^{\alpha_2^{RP}} \right] - 1 \right\} + 1}$$

$$\gamma_2^B \equiv \frac{(1 + i^{**}) \left[1 + \phi^{B*} + (\alpha_2^{RP} + 1) \alpha_1^{RP} (eb^{*B})^{\alpha_2^{RP}} \right]}{(1 + i^{**}) \left[1 + \phi^{B*} + (\alpha_2^{RP} + 1) \alpha_1^{RP} (eb^{*B})^{\alpha_2^{RP}} \right] - 1}$$

Estructura de la demanda de préstamos de las empresas:

$$\gamma_1^{LM} \equiv \frac{\frac{a^q}{1/\zeta^K + i^L}}{\frac{a^q}{1/\zeta^K + i^L} + \frac{b^q}{1/\zeta^W + i^L} + \frac{c^q}{1/\zeta^A + i^L} + \frac{1-a^q-b^q-c^q}{1/\zeta^N + i^L}} = a^q$$

$$\gamma_2^{LM} \equiv \frac{\frac{b^q}{1/\zeta^W + i^L}}{\frac{a^q}{1/\zeta^K + i^L} + \frac{b^q}{1/\zeta^W + i^L} + \frac{c^q}{1/\zeta^A + i^L} + \frac{1-a^q-b^q-c^q}{1/\zeta^N + i^L}} = b^q$$

$$\gamma_3^{LM} \equiv \frac{\frac{c^q}{1/\zeta^A + i^L}}{\frac{a^q}{1/\zeta^K + i^L} + \frac{b^q}{1/\zeta^W + i^L} + \frac{c^q}{1/\zeta^A + i^L} + \frac{1-a^q-b^q-c^q}{1/\zeta^N + i^L}} = c^q$$

$$\delta_K^{LM} \equiv \gamma_1^{LM} \frac{\alpha_K^{MC}}{\zeta^K i^L}$$

$$\delta_W^{LM} \equiv \gamma_2^{LM} \frac{\alpha_W^{MC}}{\zeta^W i^L}$$

$$\delta_A^{LM} \equiv \gamma_3^{LM} \frac{\alpha_A^{MC}}{\zeta^A i^L}$$

$$\delta_N^{LM} \equiv (1 - \gamma_1^{LM} - \gamma_2^{LM} - \gamma_3^{LM}) \frac{\alpha_N^{MC}}{\zeta^N i^L}$$

Elasticidad de la demanda de préstamos privados con respecto a la tasa de interés de préstamos bruta:

$$\gamma^{LM} \equiv (\delta_K^{LM} \zeta^K + \delta_W^{LM} \zeta^W + \delta_A^{LM} \zeta^A + \delta_N^{LM} \zeta^N)(1 + i^L)$$

Estructura de la demanda de préstamos total:

$$a^{LM} \equiv \frac{f_L(1 + i^L)mc(q + F^D)}{f_L(1 + i^L)mc(q + F^D) + \ell^G} = \frac{\ell - \ell^G}{\ell}$$

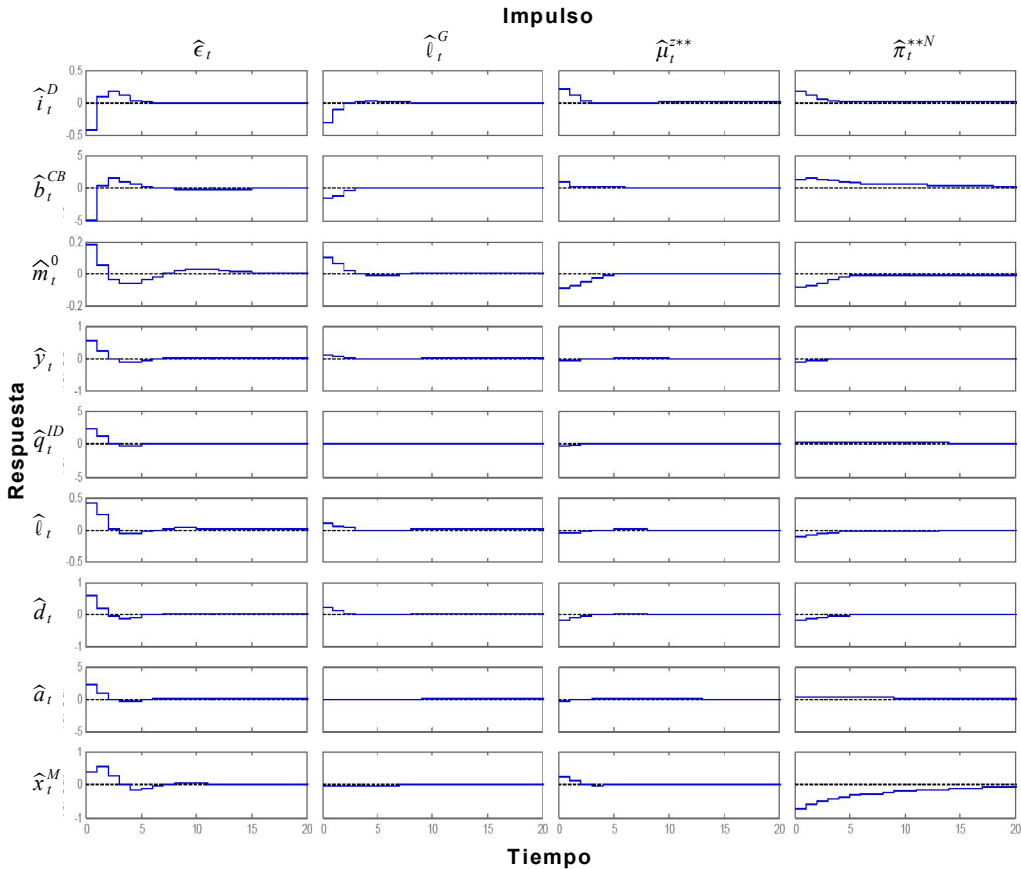
Anexo IV

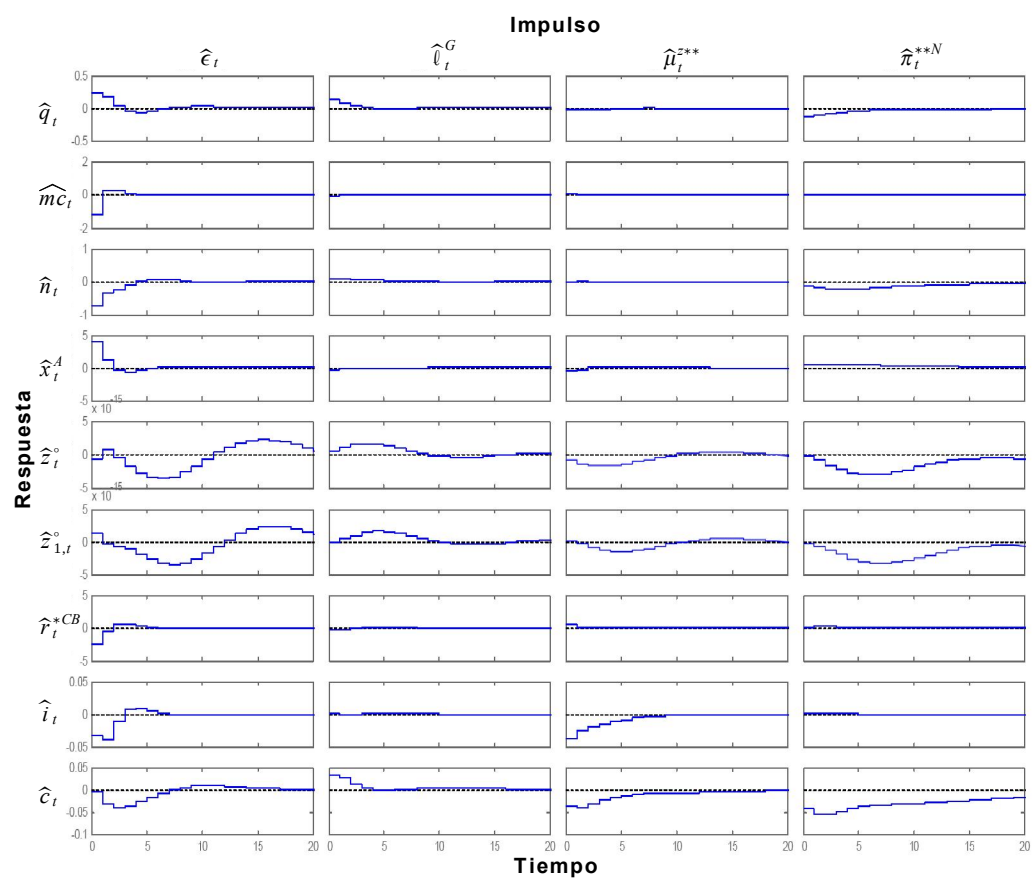
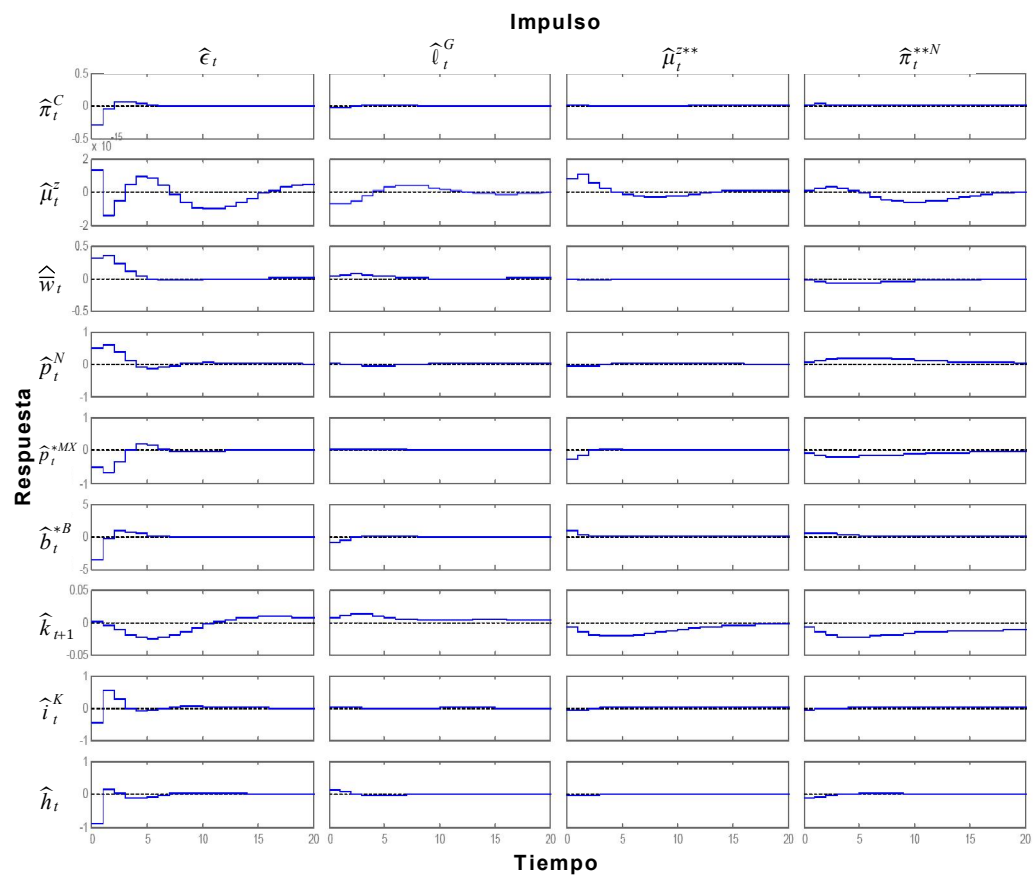
Funciones de impulso-respuesta

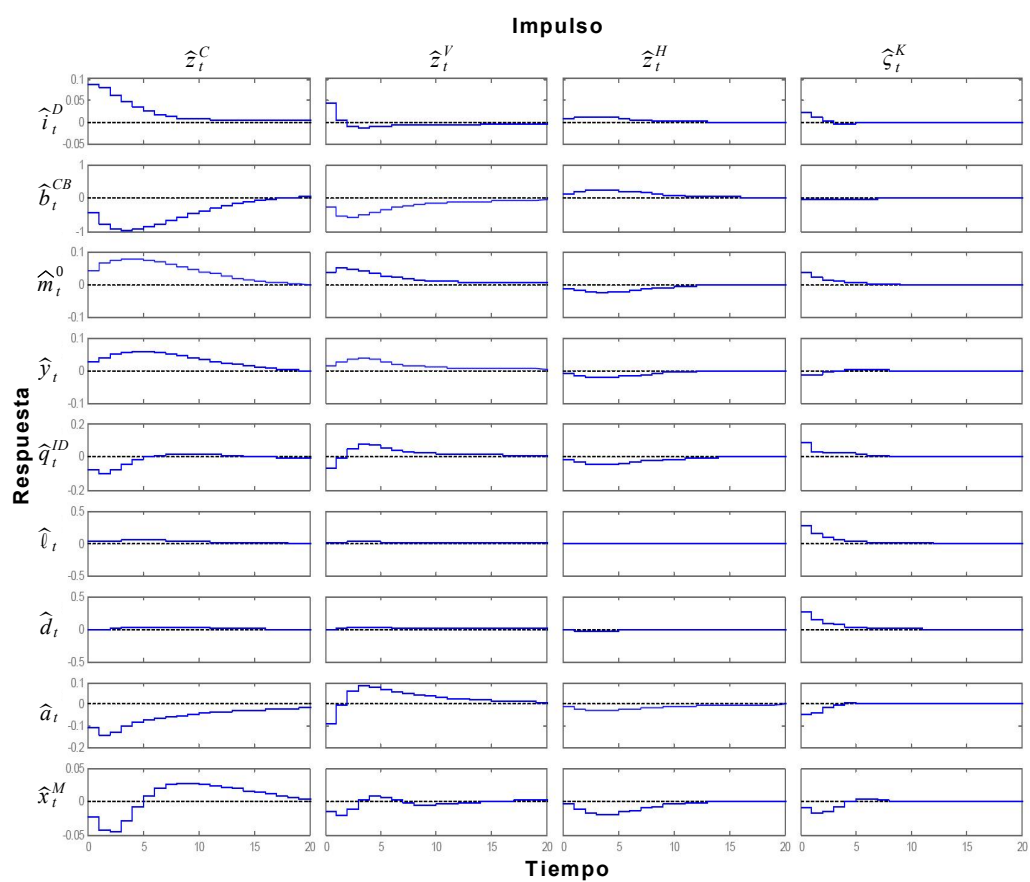
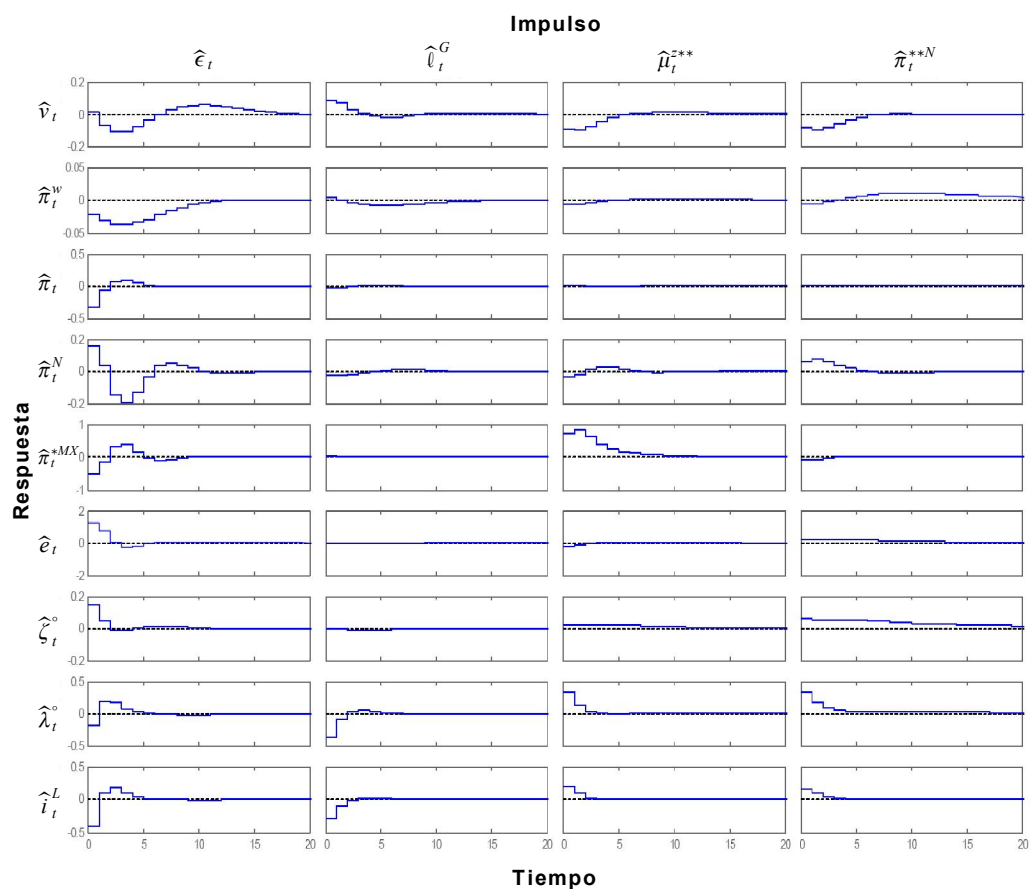
Las siguientes funciones de impulso-respuesta han sido graficadas utilizando la versión del modelo sin cointegración y los siguientes coeficientes sobre las reglas de política simple:

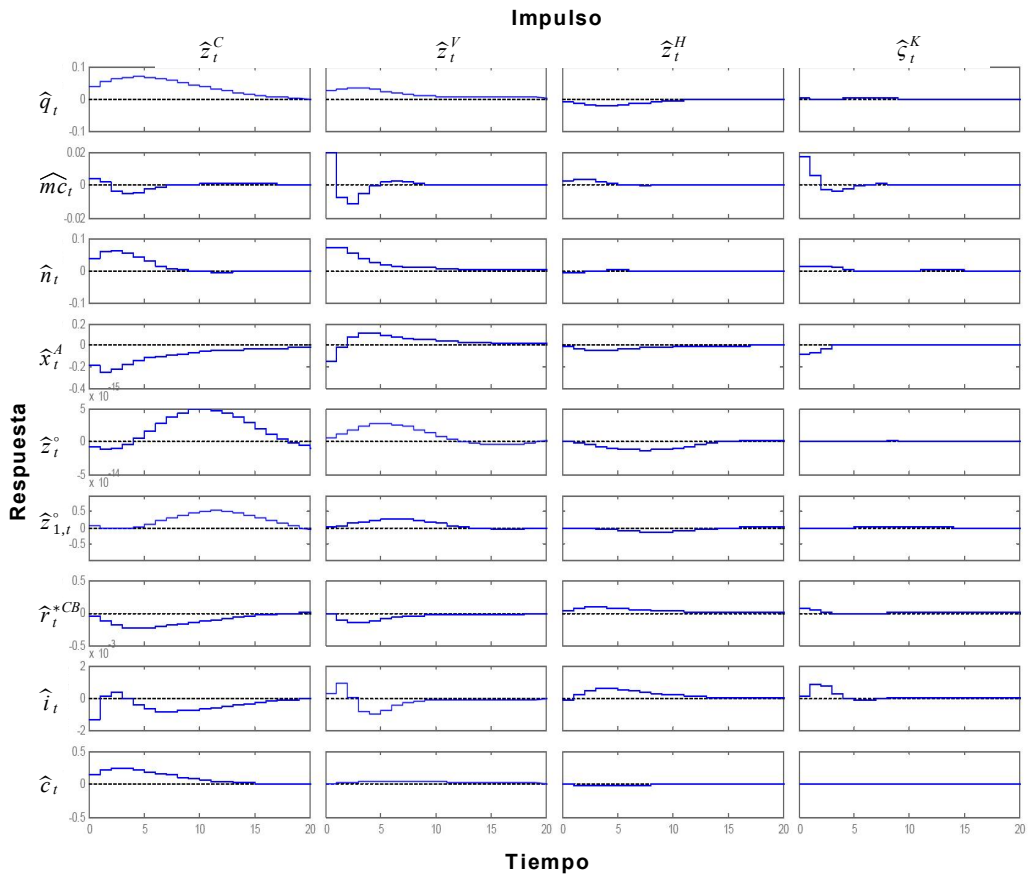
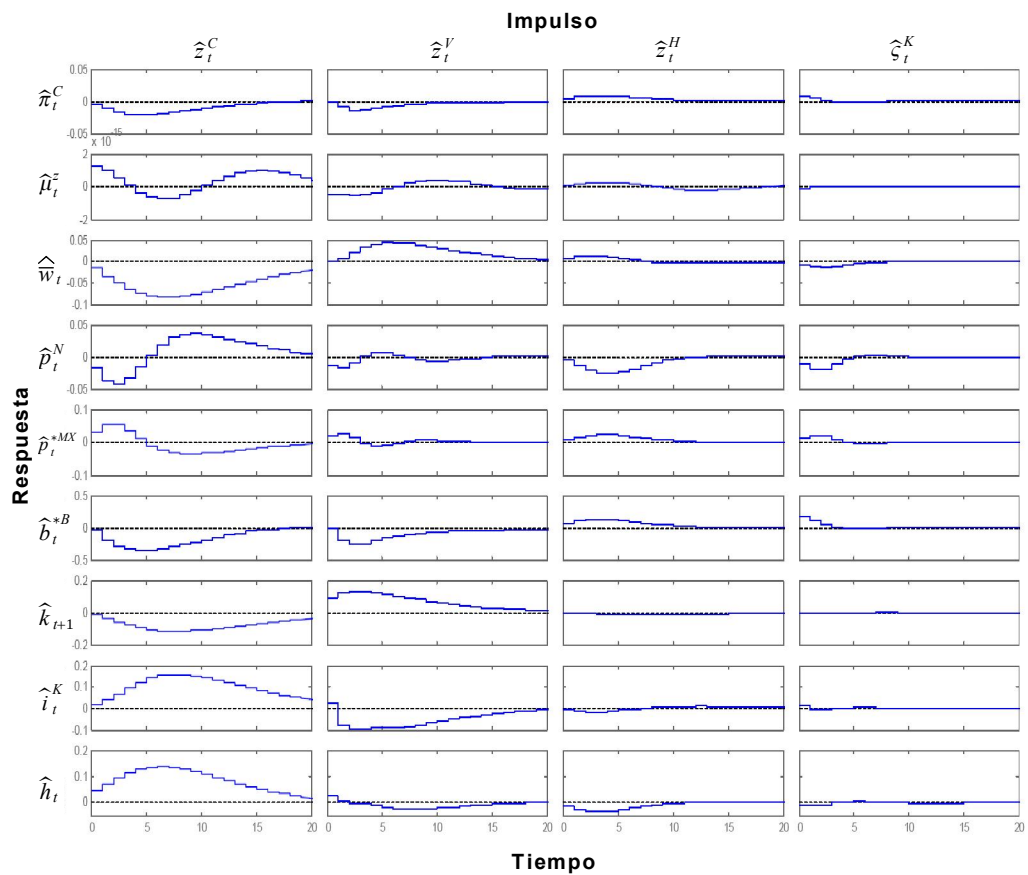
h_0	h_1	h_2	h_3	h_4	h_5	k_0	k_1	k_2	k_3	k_4	k_5
0.5	0.1	1.5	0.5	0.1	0	0.1	1.0	0	0	0	0

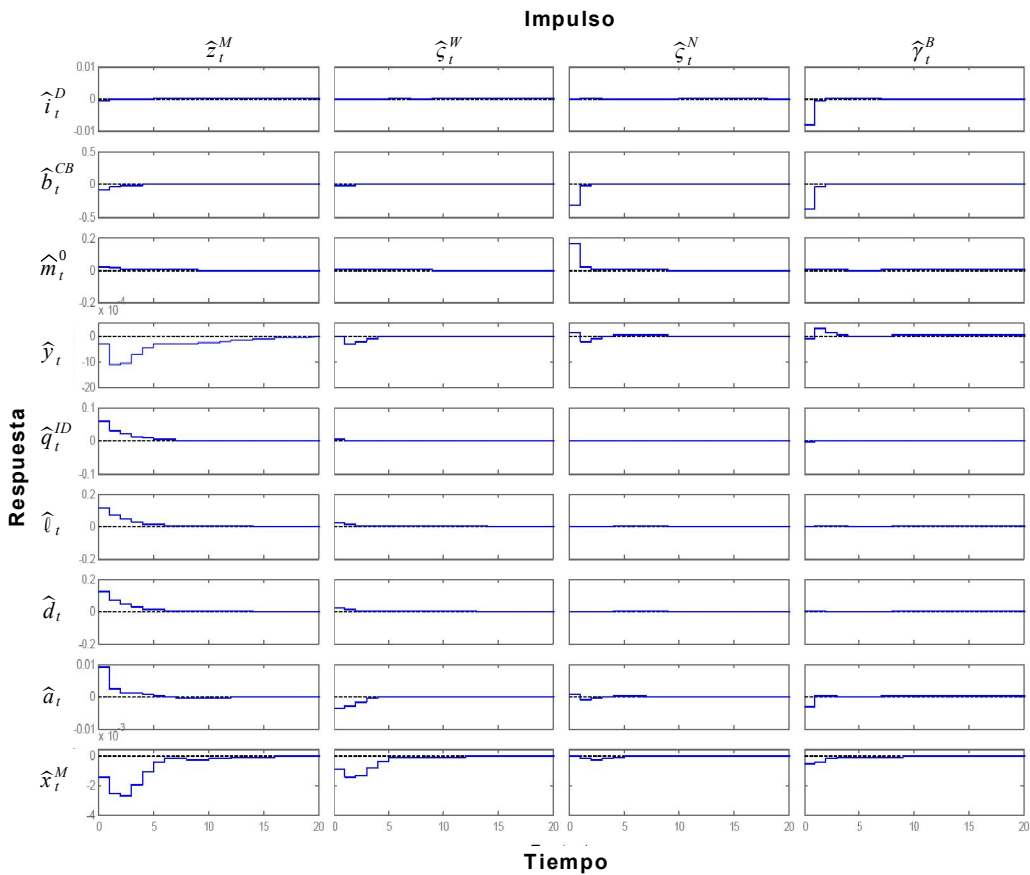
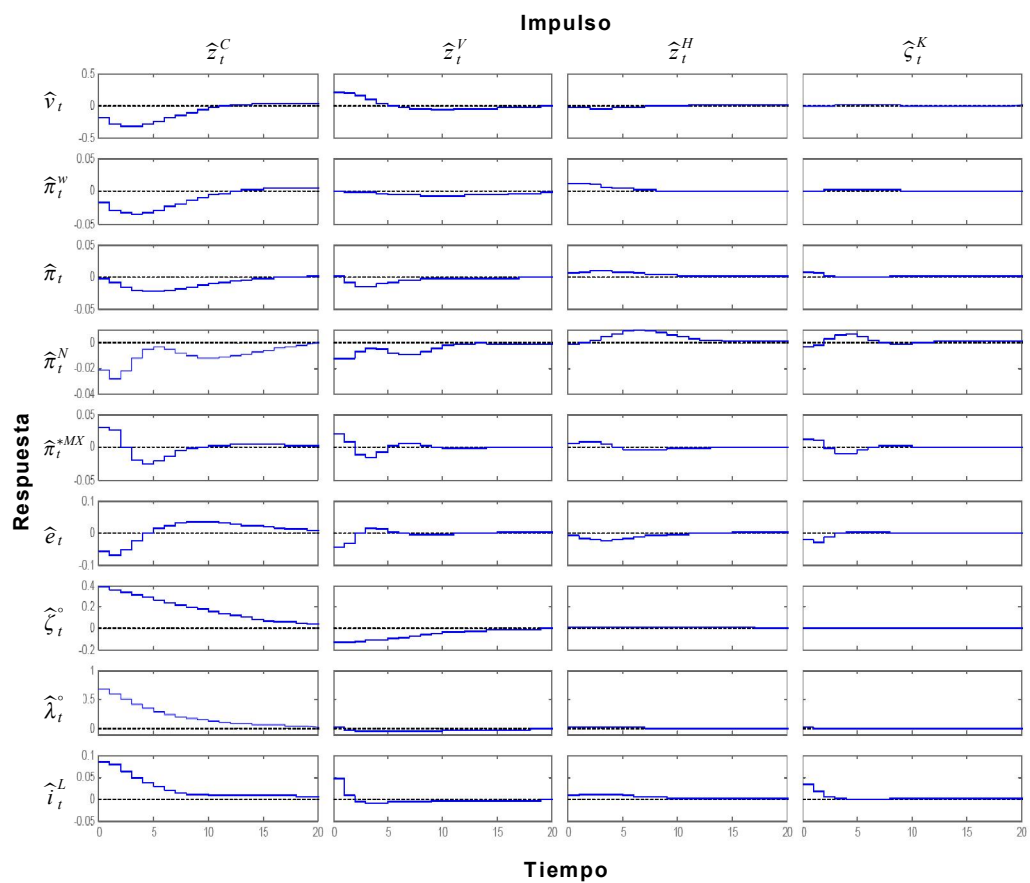
Los parámetros de persistencia autorregresiva utilizados (se observa en la Tabla 2) son preliminares. La unidad de tiempo es un trimestre. Los impulsos (entradas) pertenecen a variables exógenas que se muestran sobre cada conjunto de gráficos, en la columna indicada. Las respuestas (salidas) corresponden a los últimos 36 elementos del vector $\tilde{d}_t$ (ver página 86), en el mismo orden. Para mayor practicidad, los hemos separado en 4 grupos de 9.

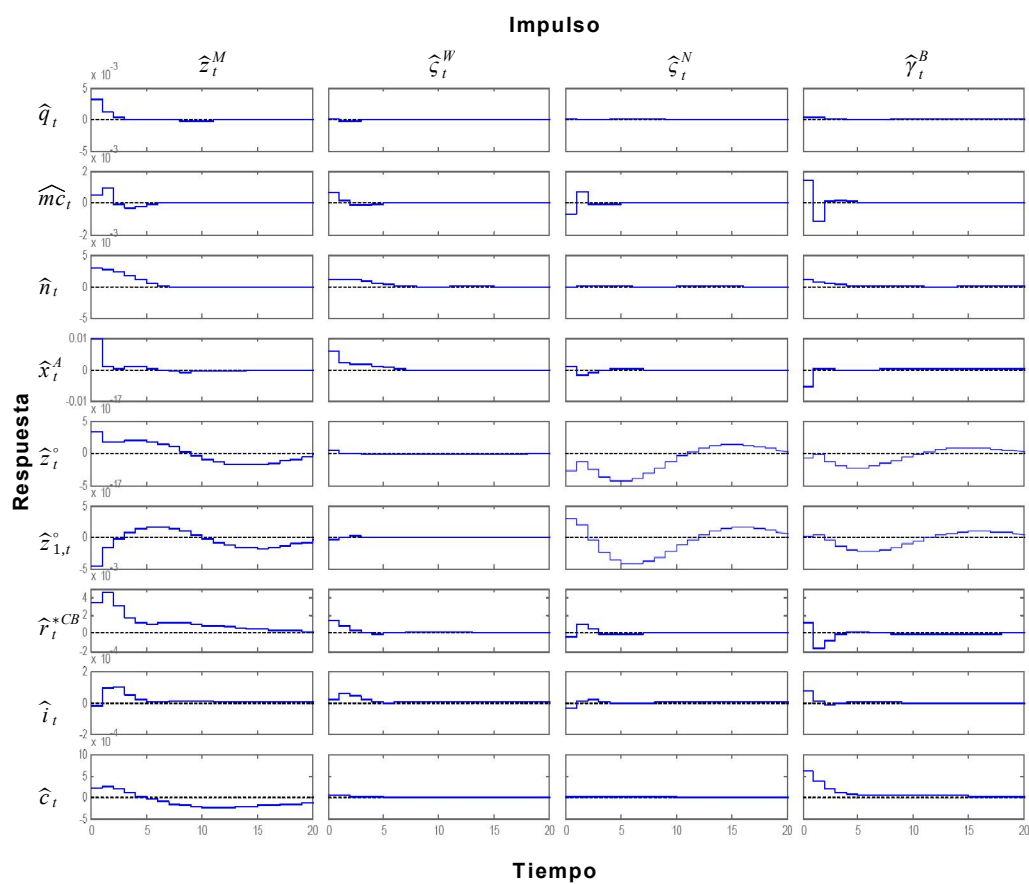
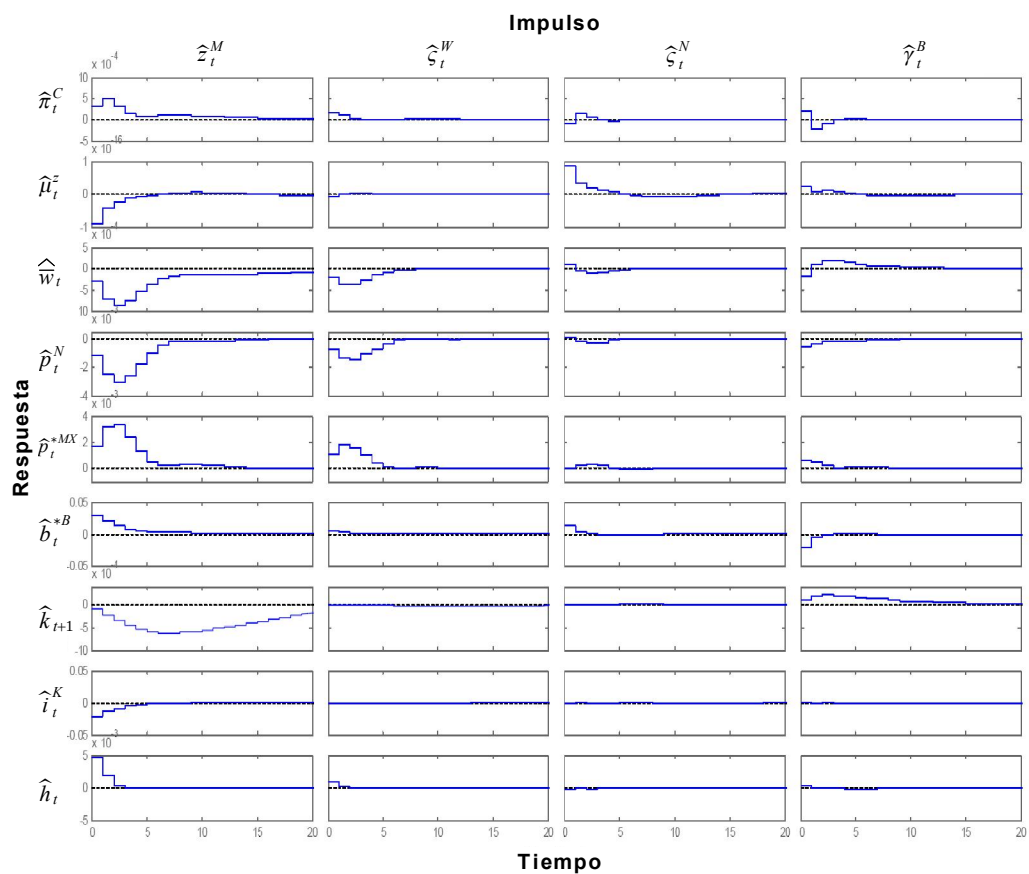


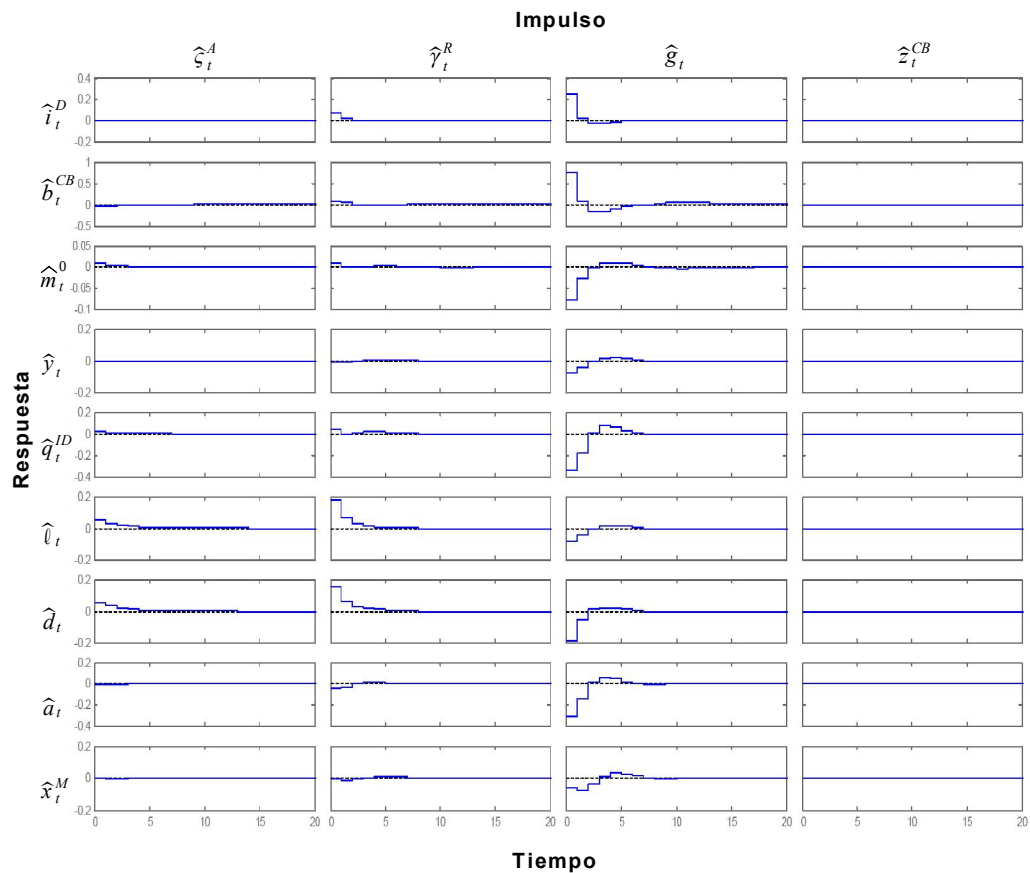
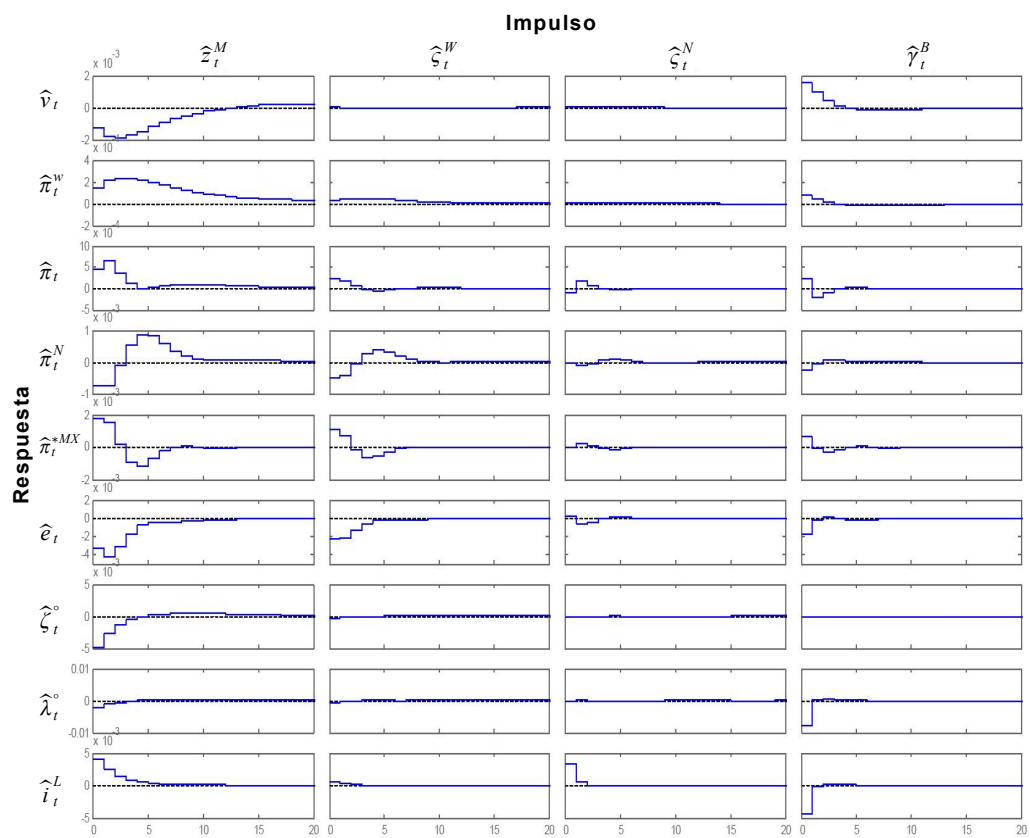


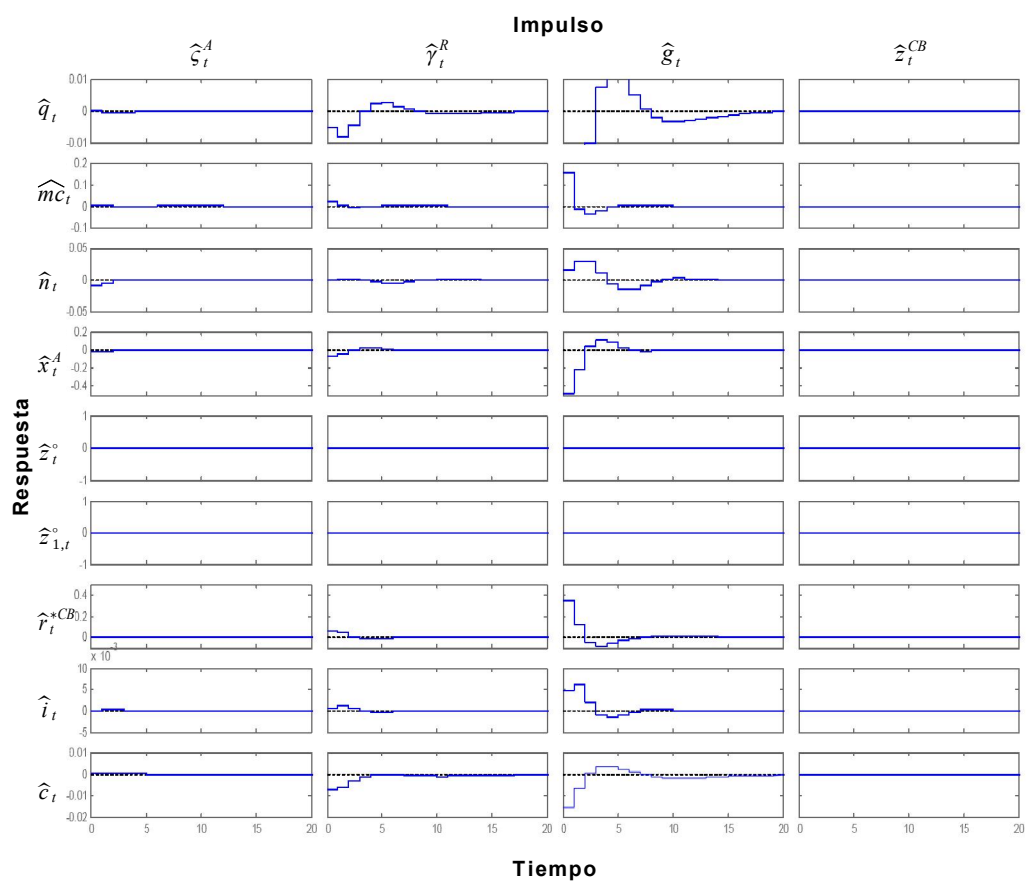
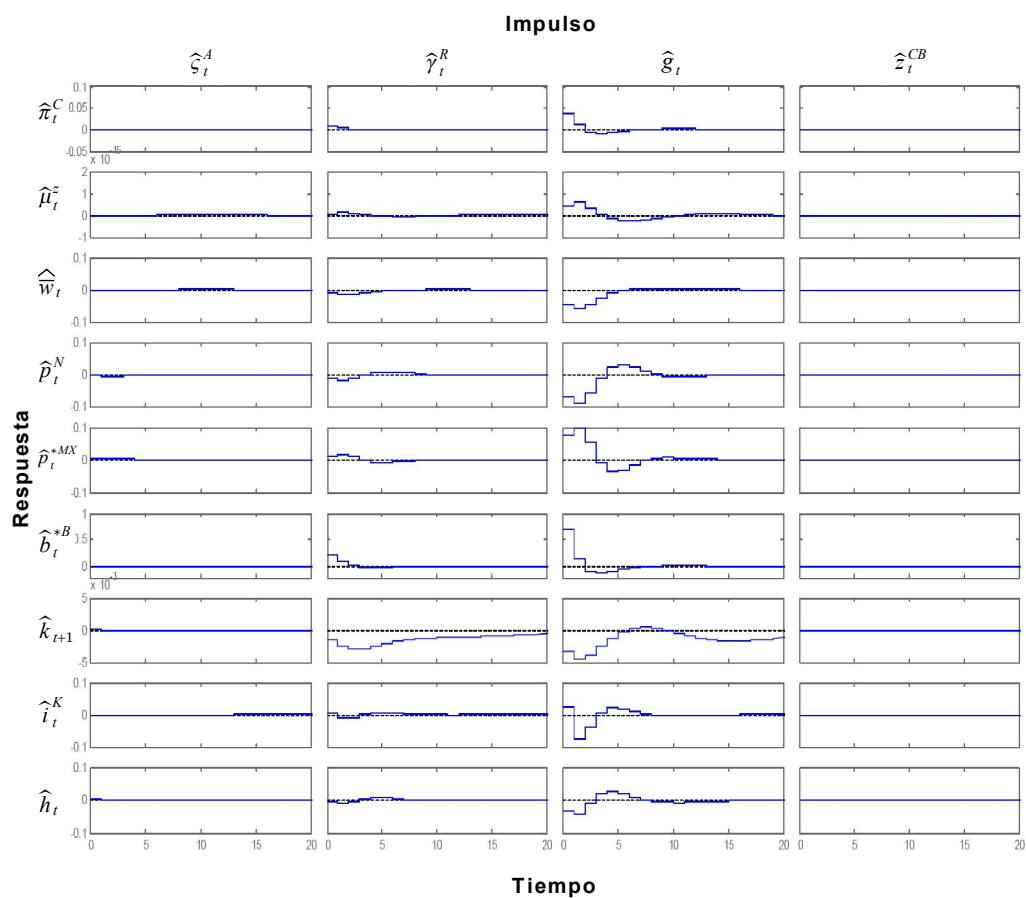


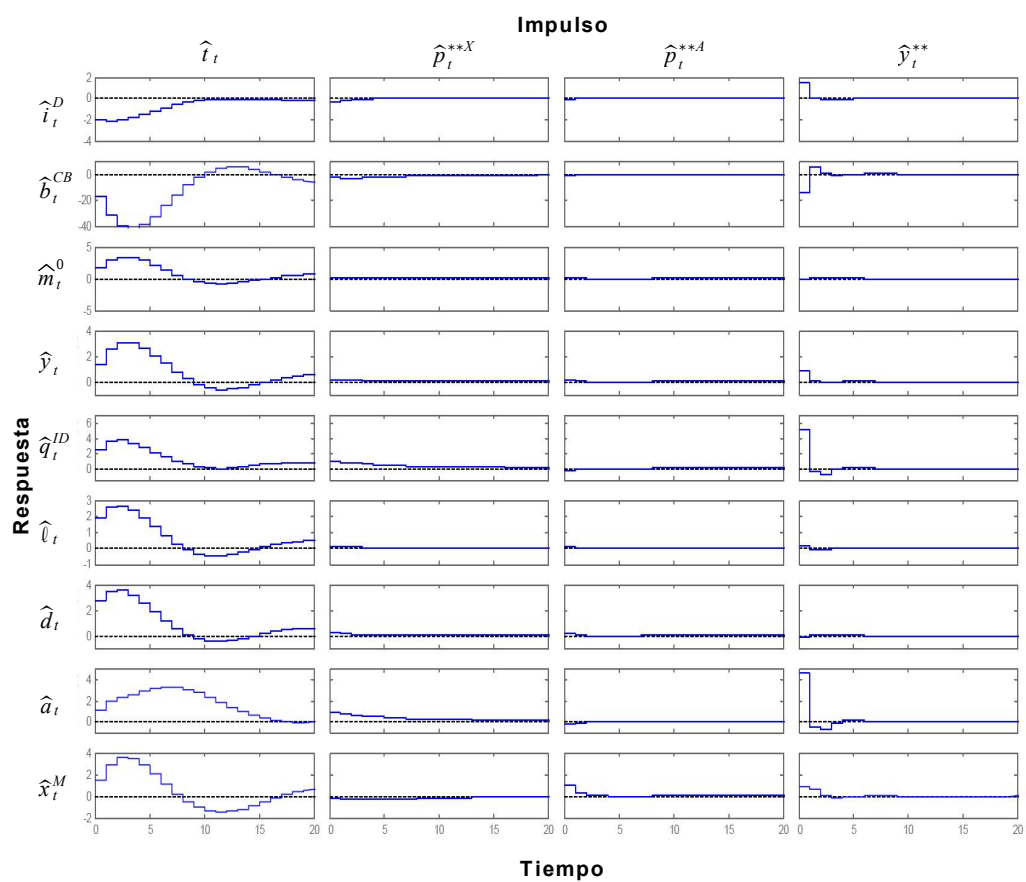
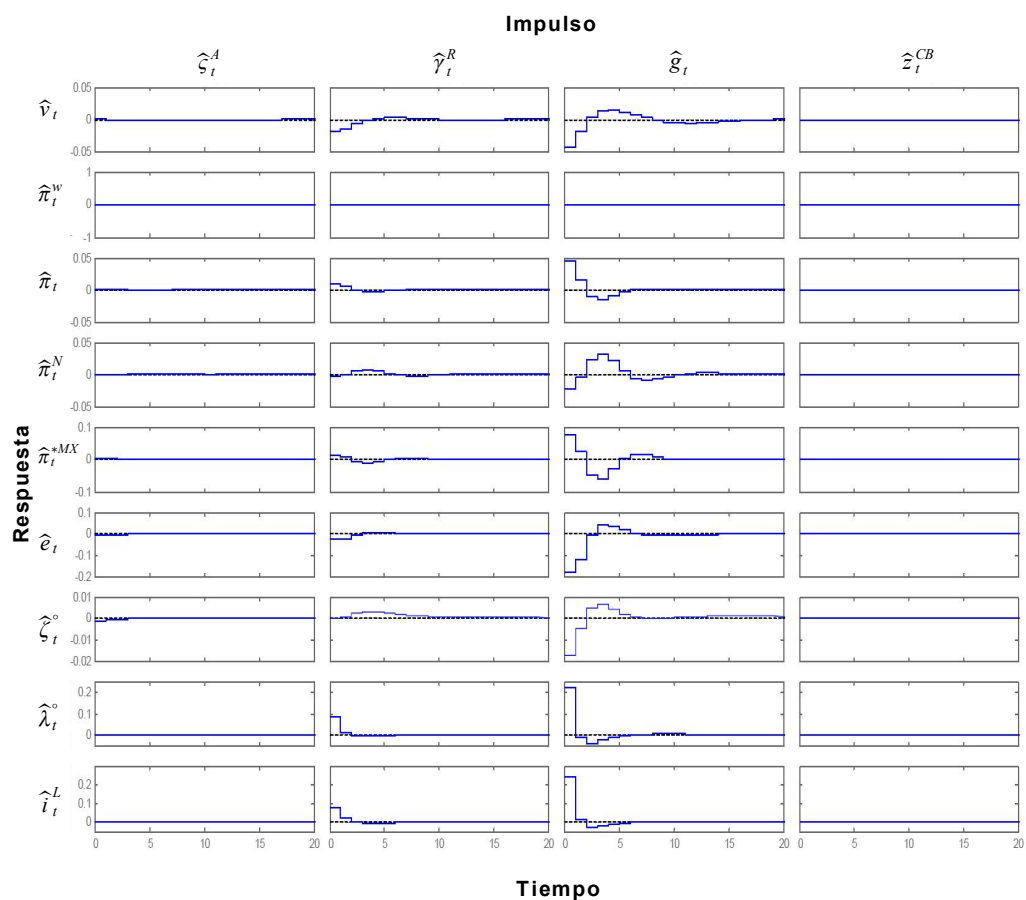


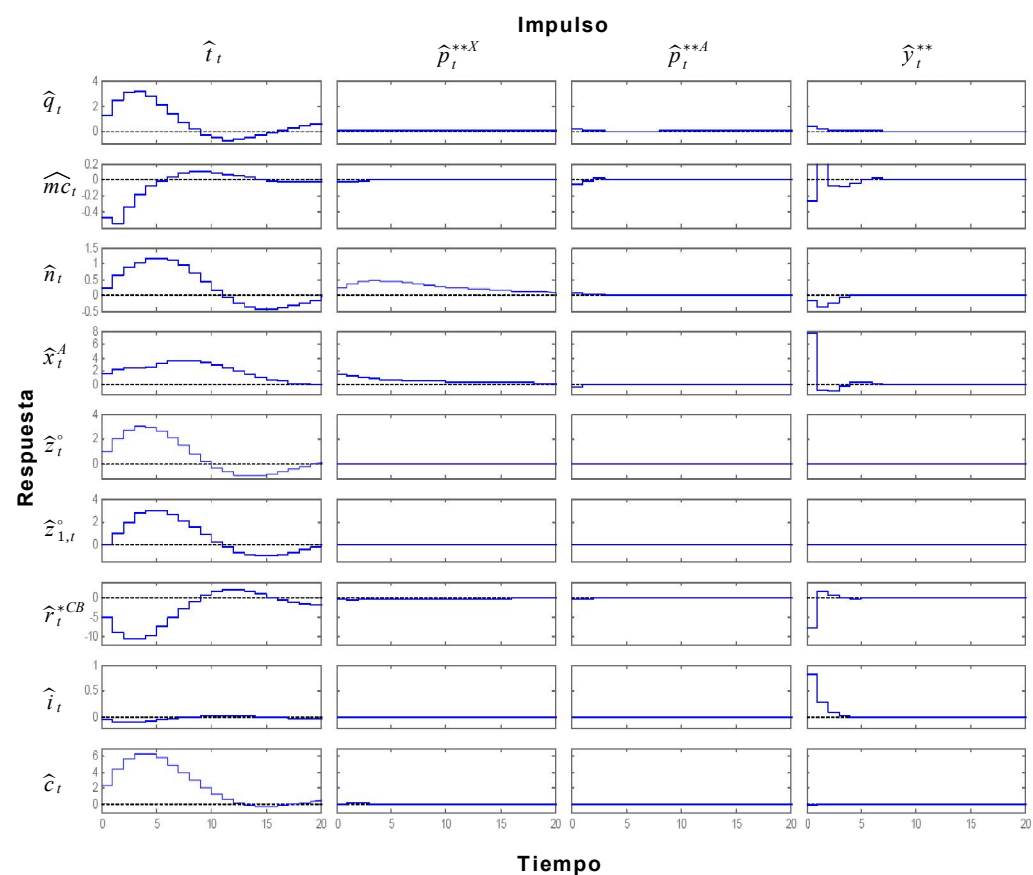
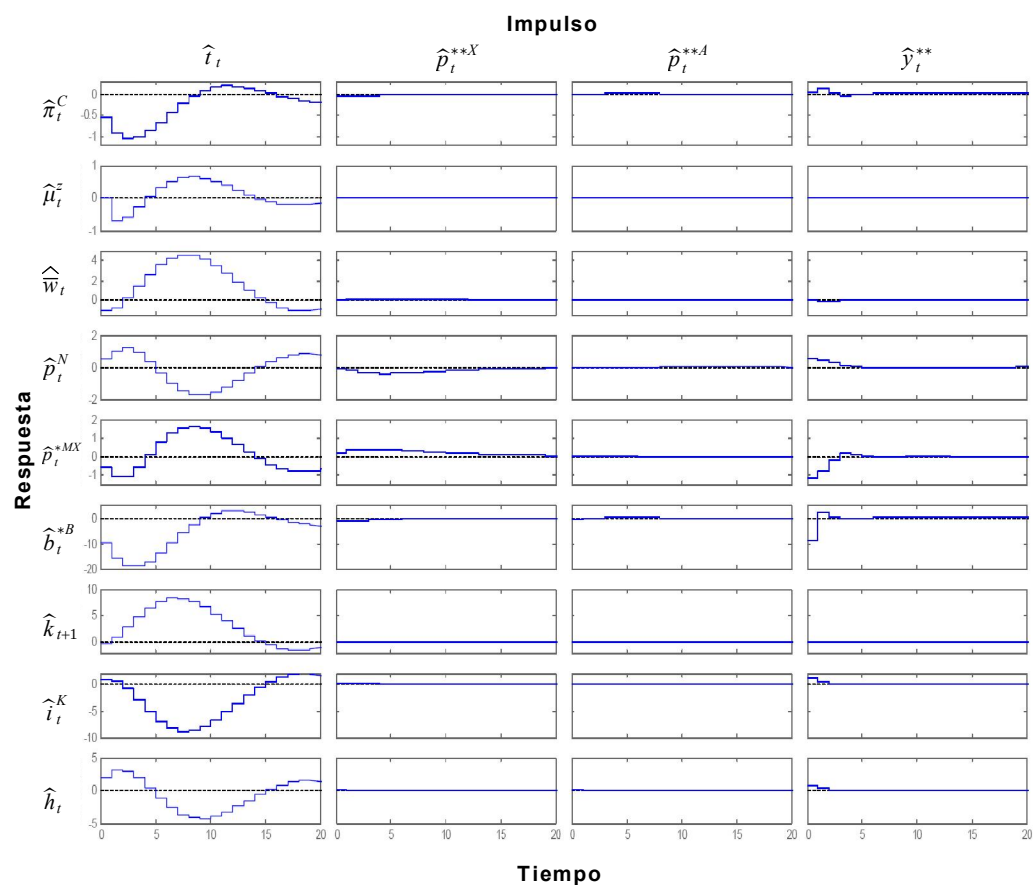


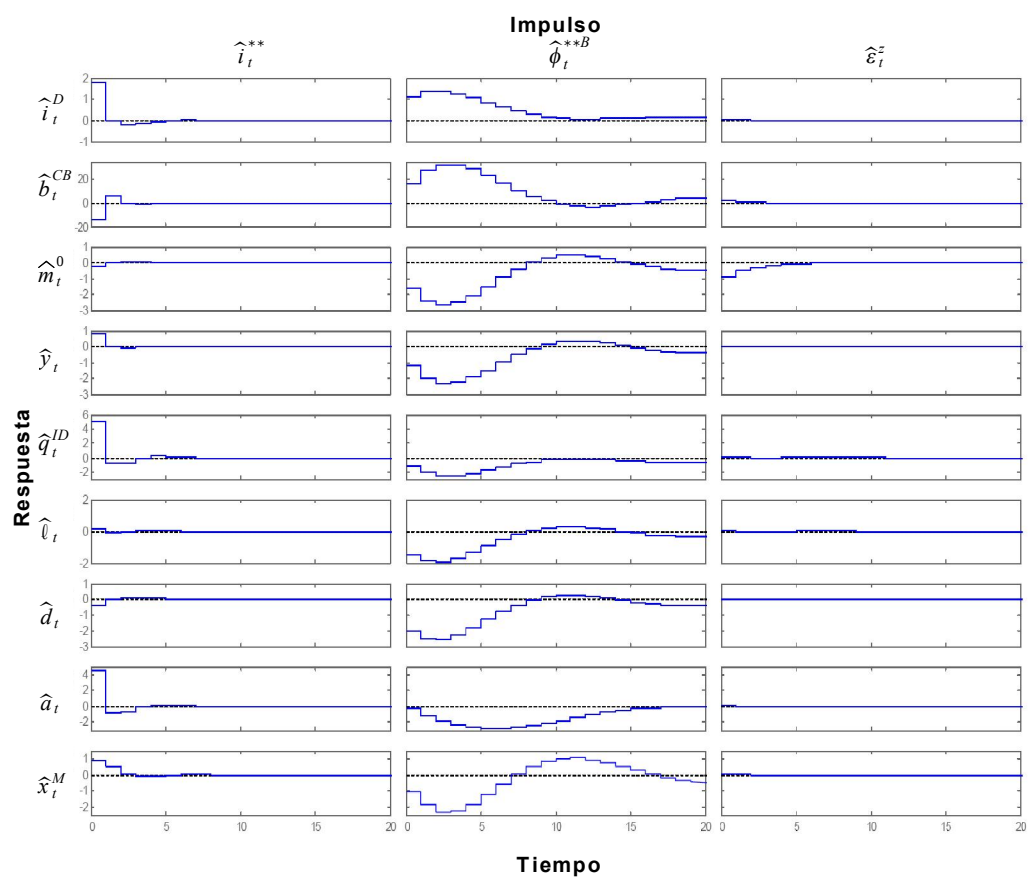
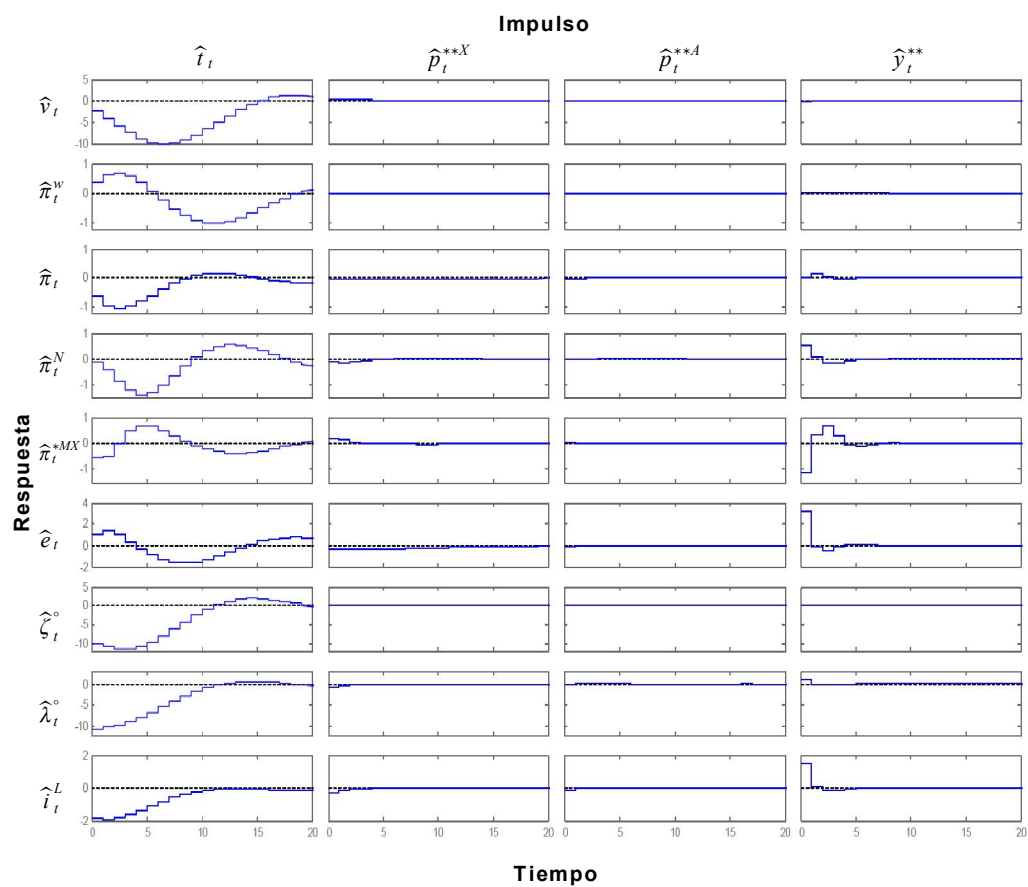


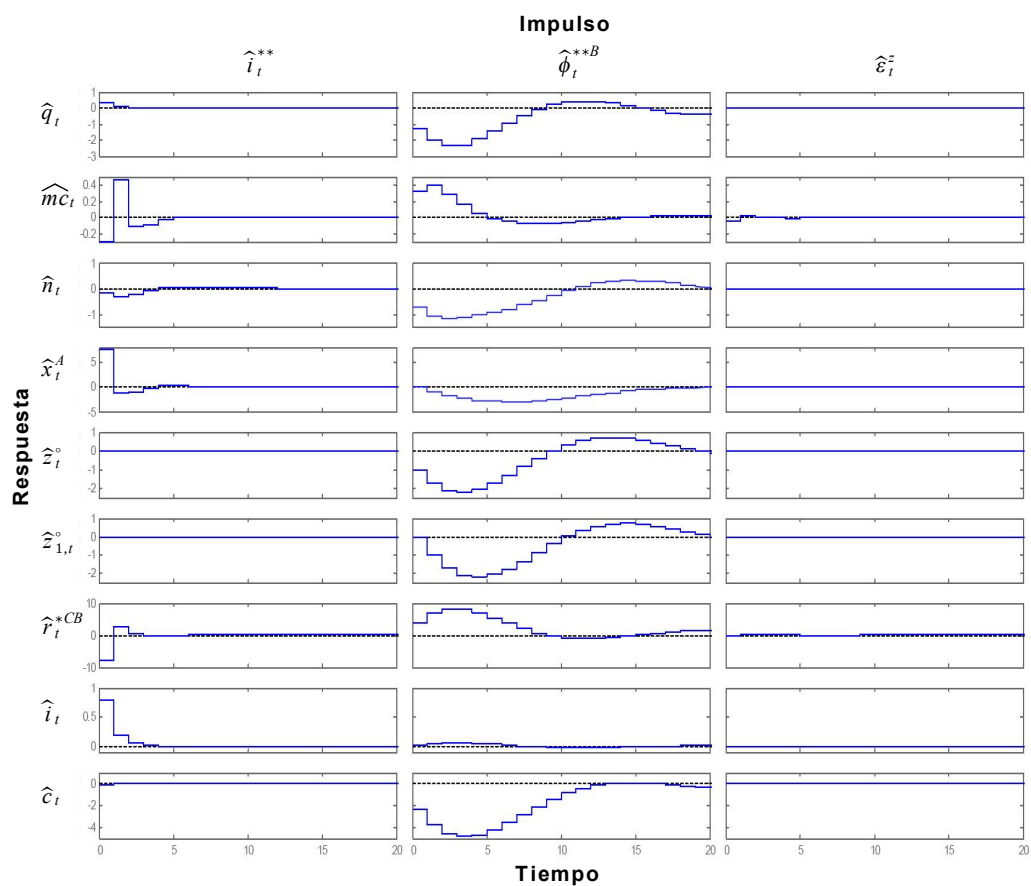
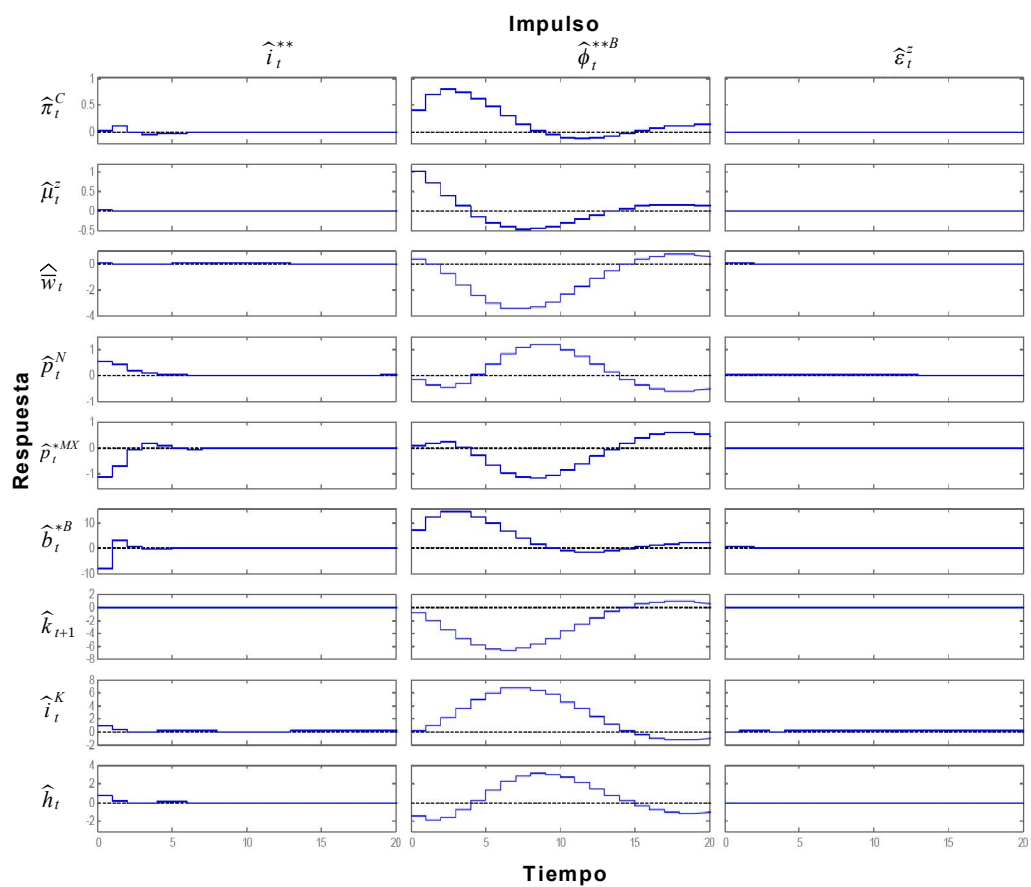


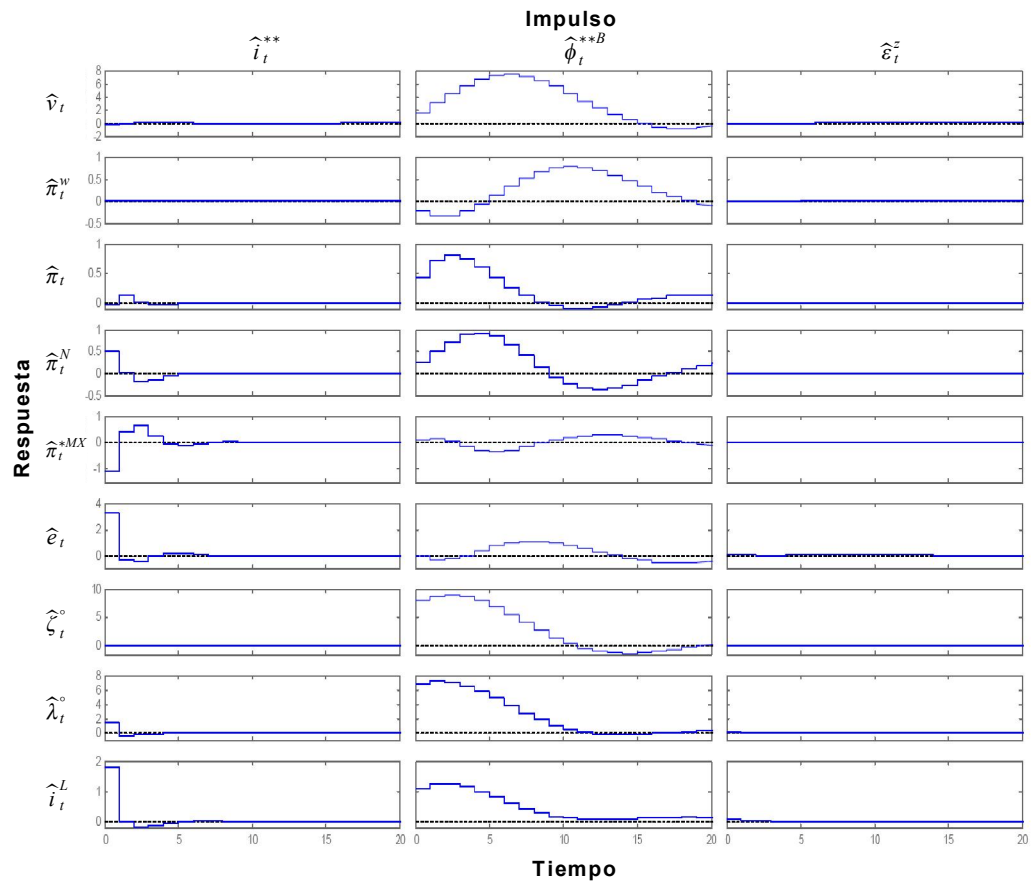












Referencias

Adolfson, M., Stefan Laséen, Jesper Lindé, y Mattias Villani, «Bayesian Estimation of an Open Economy DSGE Model with Incomplete Pass-Through», Sveriges Riksbank, Serie Documento de Trabajo No. 179, marzo de 2005.

Adolfson, M., Stefan Laséen, Jesper Lindé, y Mattias Villani, «Evaluating an Estimated New Keynesian Small Open Economy Model», ponencia presentada ante la conferencia conjunta FMI-BCE-Reserva Federal sobre «Modelación EGDE en instituciones hacedoras de políticas: Progresos & Perspectivas», Washington D.C., diciembre de 2005.

Agénor, Pierre-Richard, «Capital Market Imperfections and the Macroeconomic Dynamics of Small Indebted Economies», Princeton Studies in International Finance, junio de 1997.

Amato Jeffrey D., «The role of the natural rate of interest in monetary policy», BIS, Documento de Trabajo No. 171, Bank for International Settlements, marzo de 2005.

Anderson, Gary S., «A Reliable and Computationally Efficient Algorithm for Imposing the Saddle Point Property in Dynamic Models», sitio web de la Reserva Federal, 5 de septiembre de 2000.

Benigno, Pierpaolo, y Michael Woodford, «Inflation Stabilization and Welfare: The Case of Large Distortions», NBER, Documento de Trabajo No. 10833, 2003.

Benigno, Pierpaolo, y Michael Woodford, «Optimal Stabilization Policy when Wages and Prices are Sticky: The Case of a Distorted Steady State», NBER, Documento de Trabajo No. 10839, 2004.

Bhandari, Jagdeep S., Nadeem UI Haque, y Stephen J. Turnovsky, «Growth, External Debt, and Sovereign Risk in a Small Open Economy», International Monetary Fund Staff Papers, 37, junio de 1990.

Binder, Michael, y M. Hashem Pesaran, «Multivariate Rational Expectations Models and Macroeconometric Modeling: A Review and Some New Results», en *Handbook of Applied Econometrics*, Volumen I: Macroeconomics, Blackwell Publishers Ltd, 1995.

Blanchard, Oliver Jean y Charles M. Kahn, «The Solution of Linear Difference Models under Rational Expectations», *Econometrica*, Vol. 48, No. 5, julio de 1980.

Blanchard, Oliver Jean y Stanley Fischer, «*Lectures on Macroeconomics*», The MIT Press, 1986.

Blanchard, Oliver Jean y Nobuhiro Kiyotaki, «Monopolistic Competition and the Effects of Aggregate Demand», *The American Economic Review*, septiembre de 1987.

Bofinger, Peter, y Timo Wollmershäuser, «Managed Floating: Understanding the New International Order», CEPR, Ponencia No. 3064, noviembre de 2001.

Calvo, Guillermo, «Staggered Prices in a Utility-Maximizing Framework», *Journal of Monetary Economics*, 12 (1983), No. 3 (Septiembre), 983-998.

Christiano, Lawrence J., Martin Eichenbaum, Charles Evans, «Nominal Rigidities and the Dynamic Effects of a Shock to Monetary Policy», NBER, Documento de Trabajo 8403, julio de 2001.

Clarida, Richard, Jordi Galí, y Mark Gertler, «The Science of Monetary Policy: A New Keynesian Perspective», *Journal of Economic Literature*, Vol. XXXVII (diciembre de 1999), 1661-1707.

Clarida, Richard, Jordi Galí, y Mark Gertler, «Optimal Monetary Policy in Open versus Closed Economies: An Integrated Approach», *AEA Papers and Proceedings*, Vol. 91, No. 2, May 2001.

Devereux, Michael B. y Phillip Lane, «Exchange Rates and Monetary Policy in Emerging Market Economies», manuscrito inédito, abril de 2003.

Devereux, Michael B. y Charles Engel, «Expenditure Switching vs. Real Exchange Rate Stabilization: Competing Objectives for Exchange Rate Policy», manuscrito inédito, abril de 2004.

De Paoli, Bianca, «Monetary Policy and Welfare in a Small Open Economy», Centre for Economic Performance, Ponencia No. 639, 2006.

EGDE, Rochelle, Michael Kiley, Jean-Phillippe Laforte, «An Estimated DSGE Model of the US Economy with an Application to Natural Rate Measures», ponencia presentada ante la conferencia conjunta FMI-BCE-Reserva Federal sobre «Modelación EGDE en instituciones hacedoras de políticas: Progresos & Perspectivas», Washington D.C., diciembre de 2005.

Edwards, Sebastian, «Real and Monetary Determinants of Real Exchange Rate Behavior: Theory and Evidence from Developing Countries», *Journal of Development Economics*, 29 (1988), 343-345.

Erceg, Christopher J., Dale W. Henderson, Andrew Levin, «Optimal Monetary Policy with Staggered Wage and Price Contracts», *Journal of Monetary Economics*, 46 (2000) 281-313.

Escudé, Guillermo J., «El riesgo país y el endeudamiento externo en el crecimiento (exógeno) de largo plazo: una extensión del modelo de Ramsay», Serie Seminarios, Instituto y Universidad Torcuato Di Tella, junio de 1997.

Escudé, Guillermo J., «Dollar Strength, Peso Vulnerability to Sudden Stops: A Perfect Foresight Model of Argentina's Convertibility», manuscrito inédito, Banco Central de la República Argentina, marzo de 2004.

Escudé, Guillermo J., «Saddle-Path Stability of Alternative Monetary Policy Rules in a Small Open Economy with Two Sectors and Sticky Prices and Wages», manuscrito inédito, Banco Central de la República Argentina, 2004b.

Escudé, Guillermo J., «Alternative Monetary Regimes in a DSGE Model of a Small Open Economy with Sticky Prices and Wages», Documento de Trabajo No.11, Banco Central de la República Argentina, 2006.

Feenstra, R. C., «Functional Equivalence Between Liquidity Costs and the Utility of Money», *Journal of Monetary Economics*, 17(2), marzo de 1986, 271-291.

Freixas, Xavier, y Jean-Charles Rochet, «*Microeconomics of Banking*», The MIT Press, 1997.

Fuhrer, Jeffrey C. y George Moore, «Inflation Persistence», *Quarterly Journal of Economics*, 1995, vol. CX (1), 127-159.

Galí, Jordi, y Mark Gertler, «Inflation Dynamics: A Structural Econometric Analysis», *Journal of Monetary Economics*, 44 (1999), 195-222.

Galí, Jordi, Mark Gertler, y J. David López-Salido, «European Inflation Dynamics», NBER, Documento de Trabajo 8218, abril de 2001.

Galí, Jordi, y Tommaso Monacelli, «Monetary Policy and Exchange Rate Volatility in a Small Open Economy», manuscrito inédito, 27 de julio de 2004.

Hinkle, Lawrence E., y Peter J. Montiel, «Exchange Rate Misalignment: Concepts and Measurement for Developing Countries», Oxford University Press, 1999.

Juillard, Michel, Ondra Kamenik, Michael Kumhof y Douglas Laxton, «Optimal Price Setting and Inflation Inertia in a Rational Expectations Model», ponencia presentada ante la conferencia conjunta FMI-BCE-Reserva Federal sobre «Modelación EGDE en instituciones hacedoras de políticas: Progresos & Perspectivas», Washington D.C., diciembre de 2005.

King, Robert G. y Mark W. Watson, «The Solution of Singular Linear Difference Systems under Rational Expectations», *International Economic Review*, Vol. 39, No. 4, noviembre de 1998.

Klein, Paul, «Using the Generalized Schur Form to Solve a Multivariate Linear Rational Expectations Model», *Journal of Economic Dynamics & Control*, 24 (2000), 1405-1423.

Kollman, Robert, «The Exchange Rate in a Dynamic-Optimizing Business Cycle Model with Nominal Rigidities: A Quantitative Investigation», *Journal of International Economics*, 55 (2001), 243-262.

McCallum, Bennett T., «A Reconsideration of the Uncovered Interest Parity Relationship», *Journal of Monetary Economics*, 33 (1994), 105-132.

McCallum, Bennett T. y Edward Nelson, «Nominal Income Targeting in an Open-Economy Optimizing Model», *Journal of Monetary Economics*, 43 (1999), 553-578.

McCallum, Bennett T. y Edward Nelson, «Monetary Policy for an Open Economy: An Alternative Framework with Optimizing Agents and Sticky Prices», *Oxford Review of Economic Policy*, Vol. 16, No. 4, 2000.

Montiel, Peter, «Determinants of the Long-Run Equilibrium Real Exchange Rate: An Analytical Model», Capítulo 6, en Hinkle y Montiel (1999).

Murchison, Stephen y Andrew Rennison, «Monetary Neglect and the Canadian Phillips Curve». Departamento de Investigaciones, Bank of Canada, 22 de noviembre de 2005.

Neiss, Katharine S., y Edward Nelson, «Inflation Dynamics, Marginal Cost, and the Output Gap: Evidence from Three Countries», febrero de 2002.

Obstfeld, Maurice, y Kenneth Rogoff, «*Foundations of International Macroeconomics*», Cambridge, Mass., MIT Press, 1996.

Roberts, John M., «New Keynesian Economics and the Phillips Curve», *Journal of Money, Credit, and Banking*, Vol. 27, No. 4 (noviembre de 1995, Parte I), 975-984.

Roberts, John M., «Is Inflation Sticky?». *Journal of Monetary Economics* 39 (1997), 173-196.

Rotemberg, Julio J., «Sticky Prices in the United States», *Journal of Political Economy*, 1982, 90, 1187-211.

Rotemberg, Julio J., «Prices, Output and Hours: An Empirical Analysis Based on a Sticky Price Model», NBER, Documento de Trabajo No. 4948, 1994.

Rotemberg, Julio J. y Michael Woodford, «An Optimization-Based Econometric Framework for the Evaluation of Monetary Policy: Expanded Version», NBER, Documento de Trabajo Técnico No. 233, mayo de 1998.

Rotemberg, Julio J. y Michael Woodford, «Interest Rate Rules in an Estimated Sticky Price Model», en John B. Taylor (1999).

Sarno, Lucio y Mark P. Taylor, «Official Intervention in the Foreign Exchange Market: Is it Effective and, if so, How does it Work?», *Journal of Economic Literature*, Vol. XXXIX (septiembre de 2001), 839-868.

Sbordone, Argia M., «Prices and Unit Labor Costs: A New Test of Price Stickiness», Departamento de Economía, Rutgers University, octubre de 1998.

Sbordone, Argia M., «An Optimizing Model of U.S. Wage and Price Dynamics», Departamento de Economía, Rutgers University, diciembre de 2001.

Schmitt-Grohé, S., y Uribe, M., «Closing Small Open Economy Models», *Journal of International Economics*, 61, 2003, 163-185.

Sims, Christopher A., «Solving Linear Rational Expectations Models», sitio web de Christopher Sims, revisado en enero de 2000.

Smets, Frank y Raf Wouters, «Openness, Imperfect Exchange Rate Pass-Through, and Monetary Policy», Banco Central Europeo, Documento de Trabajo No.128, marzo de 2002.

Smets, Frank y Raf Wouters, «An Estimated Dynamic Stochastic General Equilibrium Model of the Euro Area», Banco Nacional de Bélgica, Documento de Trabajo No.35, octubre de 2002.

Svensson, Lars, «Open-Economy Inflation Targeting», NBER, Documento de Trabajo 6545, mayo de 1998.

Taylor, John B. (editor), «Monetary Policy Rules», NBER, Business Cycles Series, Volumen 31, 1999.

Turnovsky, Stephen J., «*Methods of Macroeconomic Dynamics*», segunda edición, MIT Press, 2000.

Uhlig, Harald, «A Toolkit for Analyzing Nonlinear Dynamic Stochastic Models Easily», sitio web de Harald Uhlig (última actualización: 1997).

Walsh, Carl, «*Monetary Theory and Policy*», segunda edición, The MIT Press, 2003.

Wollmerhäuser, Timo, «*A Theory of Managed Floating*», disertación inaugural, Würzburg, 2003.

Woodford, Michael, «*Interest and Prices*», 2003.

Yun, T., «Nominal Price Rigidity, Money Supply Endogeneity, and Business Cycles», *Journal of Monetary Economics*, 37 (2), abril de 1996, 345-370.

Este trabajo construye un modelo de Equilibrio General Dinámico y Estocástico (EGDE) para la economía argentina, ARGEM, que contiene varias rigideces nominales y reales que ayudan a obtener una dinámica realista, como hábito en el consumo, costos de transacción, de ajuste en la inversión y en la utilización del capital físico, primas de riesgo para los prestamistas del exterior, así como fijación pegajosa de salarios y precios domésticos, y fijación pegajosa y en moneda local de precios de bienes importados y exportados manufacturados. Tiene dos reglas simples de política: una regla de Taylor para la tasa de interés nominal y una regla para la intervención en el mercado cambiario. Además, son los bancos los que arbitran entre monedas, tomando fondos en el exterior con riesgo cambiario. Diversas perturbaciones, externas e internas, afectan a la economía. ARGEM ha sido calibrado para la economía argentina y resuelto usando la descomposición de Schur generalizada.

