

Centro de Investigación y Docencia Económicas, A.C.



T E S I N A

Impacto de la crisis de 2008-2009 sobre el producto
potencial de México

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN ECONOMÍA

PRESENTA

Jesús Daniel Huerta Atriano

DIRECTOR DE TESINA

Dr. Alejandro Villagómez Amezcu

Junio, 2011

Agradecimientos

A mis padres, por su apoyo incondicional y por ser siempre la luz en mi camino.

A Luis, Enrique y David por sus consejos y apoyo en todo momento.

A Sina, por su apoyo, cariño y por compartir parte de este esfuerzo de conmigo.

Al Dr. Alejandro Villagómez por todo el tiempo que se tomó al dirigir este trabajo.

Al Dr. Arturo Antón por sus valiosas correcciones y consejos.

A Jorge, César, Jaime, Octavio y Mario por ser estupendos amigos.

Índice general

1. Esbozo teórico y empírico sobre la producción potencial	9
1.1. El producto potencial y la brecha de producto	9
1.2. Análisis teórico del impacto de una crisis sobre el nivel y la tasa de crecimiento de la producción potencial: el enfoque clásico	10
1.2.1. Efectos sobre el capital	12
1.2.2. Efectos sobre el trabajo	13
1.2.3. Efectos sobre la productividad total de los factores	14
1.3. Reconsideraciones de corto plazo: el enfoque nuevo keynesiano	16
1.4. El impacto esperado de las crisis en el producto potencial: tres posibles escenarios	17
1.5. Impacto de las crisis sobre la tasa de crecimiento y el nivel de la producción potencial y observada: evidencia empírica	19
1.5.1. Evidencia empírica para México	21
1.6. Métodos para la estimación de la producción potencial	24
1.6.1. Estimación del producto potencial a partir de un modelo DSGE	24
2. El Modelo	27
2.1. Modelo de Equilibrio General propuesto	27
2.1.1. Hogares	28
2.1.2. Empresas	29
2.1.3. Gobierno	32
2.1.4. Sector externo	33

2.1.5. Condiciones de equilibrio	34
2.2. Estimación de parámetros	35
2.3. Método de solución del modelo	38
3. Resultados	41
3.1. Desempeño del modelo	41
3.1.1. Momentos estadísticos del ciclo económico de México	41
3.1.2. Funciones impulso-respuesta	42
3.2. Impacto de la crisis de 2008-2009 sobre la producción potencial	47
3.2.1. Estimación la producción potencial	48
3.2.2. Magnitud de los impactos	50
3.2.3. El impacto esperado de la crisis	53
3.2.4. Implicaciones de política	55
4. Conclusiones	57
A. El sistema estacionario y loglineal	64
A.1. El sistema en estado estacionario	64
A.2. El sistema log-lineal	65
B. Clasificación de las variables y calibración de parámetros	69
B.1. Clasificación de las variables en el modelo	69
B.2. Expresiones utilizadas en la calibración	69
C. La metodología de Neiss y Nelson (2001)	71

Introducción

Después de la *gran depresión* de la década de 1930, se ha argumentado que la crisis que tuvo su origen en 2008 ha sido la más severa en la historia de la economía norteamericana y quizá la más importante en todo el periodo de la posguerra en términos de la pérdida acumulada en el Producto Interno Bruto (PIB) (Ireland, 2010; Comisión Europea, 2009). Por lo tanto, resulta natural preguntarse por sus posibles consecuencias sobre la economía mexicana. De igual forma, otra cuestión igualmente válida consistiría en determinar si la reciente crisis puede ser considerada sólo como una importante manifestación del ciclo económico o si en realidad tendría otro tipo de consecuencias de carácter menos transitorio, es decir, si la crisis podría tener algún efecto sobre el producto potencial.¹

El presente trabajo tiene como objetivo estimar el impacto de la crisis de 2008-2009 sobre la producción potencial de México. Para tal efecto, se estima un modelo de Equilibrio General Dinámico y Estocástico (DSGE) en el marco de una economía pequeña y abierta.

Un aspecto principal motiva la presente investigación: que se vislumbra un importante impacto negativo sobre la producción potencial debido al alto grado de sincronización entre los ciclos económicos de México y Estados Unidos (Aiginger, 2009; Antón, 2009; Farías et al., 2006).

La hipótesis central de este trabajo es que el impacto de la crisis fue negativo e importante, mientras que la hipótesis secundaria es que su principal canal de transmisión

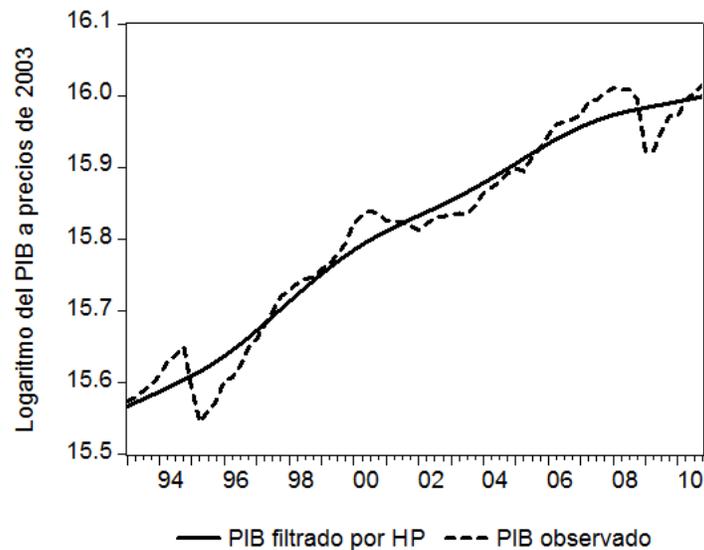
¹En este trabajo, el producto potencial se define como el nivel de producción que una economía *alcanzaría* en ausencia de rigideces nominales (Basu y Fernald, 2009).

fue el sector exportador de la economía, más que el sector financiero.

Verificar la hipótesis central no es trivial, pues debe considerarse que los métodos que tradicionalmente se utilizan para estimar la producción potencial están contruidos bajo el supuesto de que las crisis son desviaciones respecto a una tendencia de largo plazo, y por lo tanto, consideran a la producción potencial como una serie “suave”, es decir, poco sensible a los choques observados durante el ciclo económico (véase figura 1).² En contraste, la estimación de la producción potencial de corto plazo en este trabajo se realizó a partir de la metodología propuesta por Neiss y Nelson (2001), que consiste en obtener una expresión para la producción potencial en términos de variables exógenas de estado.

Por otra parte, para verificar la hipótesis secundaria, este trabajo utiliza una adaptación del modelo presentado por Jakab y Világi (2010), porque permite analizar el papel del sector externo al dividir a la economía en dos sectores, uno doméstico y el otro exportador. Además, al incluir la participación del gobierno en el modelo, es posible capturar el efecto que las acciones de política fiscal tuvieron sobre la producción potencial en el contexto de la crisis.

Figura 1: PIB observado y filtrado.



Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI.

²Por ejemplo, el filtro de Hodrick-Prescott (1997).

Los principales resultados encontrados son los siguientes:

1. El comportamiento de la demanda de exportaciones a partir del último trimestre de 2008 explica aproximadamente el 51 % de la pérdida acumulada en la producción observada en 2009.
2. En general, los principales determinantes de la producción potencial a corto plazo son la demanda de exportaciones y la productividad, mientras que la política fiscal es relativamente menos importante.
3. La estimación de la producción potencial, junto con el impacto acumulado de los choques a las exportaciones, sugiere que la crisis de 2008-2009 habría significado una pérdida en el producto potencial de 1.3 %.
4. Las acciones de política fiscal diseñadas para hacer frente a la crisis podrían haber evitado una pérdida contemporánea en la producción potencial de 0.01 %, sin embargo, el efecto se revierte después de tres trimestres.

La relevancia de esta investigación radica en que una medida adecuada de la producción potencial permite estimar de forma más apropiada la magnitud de la brecha de producción, i.e., la diferencia entre la producción observada y la potencial. A su vez, puesto que la brecha de producción es una variable que indica la dirección y magnitud de las acciones de estabilización, su correcta estimación se convierte en un hecho relevante para los hacedores de política.

Sobre la segunda pregunta planteada en el primer párrafo existe relativamente poca literatura. Las estimaciones realizadas por la Comisión Europea advierten que, para el caso de los países de la euro zona, el impacto sobre la producción potencial podría ser severo y persistente si no son implementadas acciones de política pertinentes (Comisión Europea, 2009). Sin embargo, no existe ningún trabajo que aborde el caso de México, al menos para la reciente crisis.³ Los resultados aquí presentados proveen evidencia

³Loría y Ramos (2008) realizan estimaciones sobre la evolución de la tasa de crecimiento de la producción potencial después de la crisis de 1995 utilizando el filtro de Kalman.

de que la crisis no habría tenido un efecto permanente sobre el nivel de la producción potencial.

Capítulo 1

Esbozo teórico y empírico sobre la producción potencial

1.1. El producto potencial y la brecha de producto

La producción potencial y la brecha de producto son dos variables centrales en la literatura macroeconómica, en especial aquélla que aborda temas sobre crecimiento. En general, puede definirse al producto potencial como la producción que un país puede lograr bajo la plena utilización de sus factores. Por plena utilización de los factores se entiende que éstos están siendo ocupados a su nivel de equilibrio -a veces llamado natural-, es decir, son explotados de forma tal que la economía no experimenta ningún tipo de distorsión o desbalance. Esta última idea es la que motiva para algunos autores una definición alternativa, aunque no totalmente equivalente a la primera, que establece que el nivel potencial de producción es aquél con la característica de ser neutral sobre la inflación.¹

La literatura nuevo keynesiana, haciendo referencia a la última noción, define a la producción potencial como el nivel de producción que la economía *alcanzaría* en ausencia de rigideces nominales.² Bajo esta definición, de acuerdo con Basu y Fernald

¹Véase Loría y Ramos (2008), y Furceri y Mourougane (2009).

²Este trabajo hará referencia a esta definición como *la definición bajo precios flexibles*, mientras

(2009) y Neiss y Nelson (2002), no hay fundamentos teóricos o evidencia empírica que sugieran que la producción potencial sea una serie *suave*.

Por otra parte, la brecha de producto se define como la diferencia, en puntos porcentuales, entre la producción observada y la producción potencial, es decir:

$$Y_{gap} = \frac{Y_t - Y_t^p}{Y_t^p}, \quad (1.1)$$

donde: Y_t es el nivel observado de producción y Y_t^p denota al nivel de producción potencial.

De acuerdo con la discusión anterior, el cálculo de la brecha de producto es sensible a la definición de producción potencial que se adopte. Este aspecto resulta de suma importancia si se considera que la brecha de producto es, de hecho, una de las mayores referencias para la orientación de la política económica.

Para una mejor comprensión, a continuación se abunda en el efecto teórico que tienen las crisis sobre la producción potencial y, en consecuencia, sobre la brecha de producción.³

1.2. Análisis teórico del impacto de una crisis sobre el nivel y la tasa de crecimiento de la producción potencial: el enfoque clásico

Para llevar a cabo un análisis más detallado desde el punto de vista clásico, considérese una versión simplificada de la tecnología de producción de un país, en la cual todos los insumos necesarios se pueden agrupar en trabajo y capital, y además es posible incorporar la eficiencia en el uso de éstos:

$$Y_t = F(L_t, K_t, A_t) \quad (1.2)$$

que la primera definición establecida será referida como la *definición de estado estacionario*.

³En este trabajo *crisis* se utiliza como sinónimo de una recesión en la cual la pérdida en la producción es relativamente grande.

donde Y_t es la producción observada en el momento t , mientras que el trabajo, el capital y la productividad total de los factores están denotadas, para el mismo periodo de tiempo, por K_t , L_t y A_t , respectivamente.⁴

Si bien la ecuación (1.2) sintetiza la relación entre los insumos y la producción para un momento dado en el tiempo, todavía no es posible decir nada con respecto a la producción potencial; no obstante, la tecnología de producción resulta ser una guía importante para ello, pues de acuerdo con este enfoque, es necesario extraer los componentes de largo plazo -o estructurales- del trabajo, L^* , del capital, K^* , y de la productividad total de los factores, TFP^* , y posteriormente incorporarlos en la tecnología de producción para así obtener el producto potencial:

$$Y_t^p = F(L_t^*, K_t^*, A_t^*) \quad (1.3)$$

Por lo tanto, la incidencia de una crisis económica sobre la producción potencial puede ser explicada a través de sus efectos sobre los componentes estructurales de los factores productivos. En este sentido, resulta de interés analizar por separado el impacto de la crisis sobre el acervo de capital, los insumos de trabajo y sobre la productividad total de éstos.

En el corto plazo es indudable que los efectos de una crisis sobre los componentes de la producción observada son exclusivamente negativos: la caída en el acervo de capital productivo (propiciada por un bajo nivel de inversión) y el incremento en el desempleo son dos factores determinantes para explicar la caída en la producción observada. Sin embargo, por construcción, la producción potencial no debería reaccionar en la misma medida a menos que los componentes estructurales que la determinan se vean afectados de forma inmediata. Es decir, bajo este enfoque el producto potencial se comporta como una serie suave.

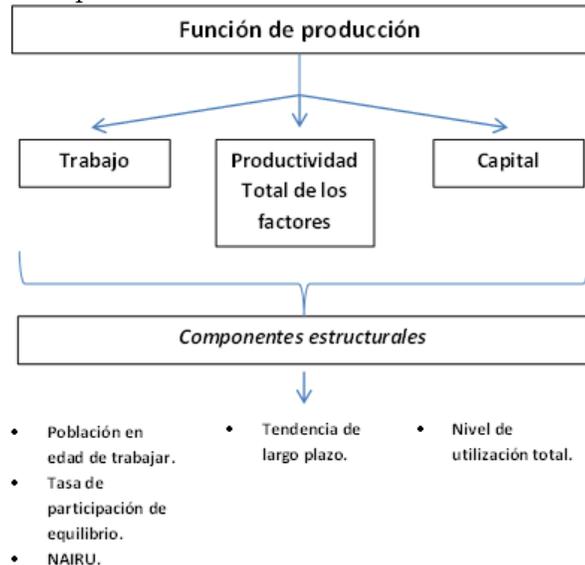
Por otra parte, a largo plazo no es posible establecer una conclusión inmediata debido a que existen, desde el punto de vista teórico, efectos contrapuestos que deben

⁴La productividad total de los factores (o TFP por sus siglas en inglés) es una variable no observable que mide la eficiencia en el uso de los factores de la producción.

ponerse en balance. Esto motiva un análisis sobre cada componente estructural.

Ahora bien, antes de tratar más a fondo los efectos de una crisis sobre los componentes estructurales, es necesario comprender qué y cuáles son estos componentes. Los componentes estructurales de los factores de producción son aquéllos que determinan su grado “normal” de utilización, es decir, el nivel en el cual la economía no experimenta ninguna distorsión. Los componentes estructurales de cada factor productivo pueden apreciarse en la figura (1.1), mientras que a continuación se enlistan los efectos que sobre ellos puede tener una crisis económica.

Figura 1.1: Componentes estructurales de los factores productivos



Fuente: Comisión Europea (2009).

1.2.1. Efectos sobre el capital

En virtud de que el capital es un acervo, es posible analizar sus variaciones en términos de variables de flujo, como la inversión. Como ya se ha mencionado anteriormente, el impacto de corto plazo que una crisis económica impone sobre la inversión es eminentemente negativo, lo que propicia una caída en el acervo de capital y por lo tanto

en la producción potencial.⁵ El efecto de este mecanismo es todavía mayor cuando se consideran tres factores adicionales. Primeramente, resulta natural que la fase de contracción económica se encuentre inmersa en un ambiente de incertidumbre acerca de la proximidad y vigor de la fase de recuperación posterior, lo que también termina desincentivando a la inversión. En segundo lugar, la reasignación de recursos entre industrias y los procesos de bancarrota típicos de una crisis económica son factores que tienden a acelerar la tasa de depreciación del capital. Finalmente, en los periodos de contracción las empresas se enfrentan a créditos más caros, ya sea por la poca oferta de fondos prestables, ya sea por los elevados costos de prestar recursos. Sin embargo, la caída en el acervo de capital bien puede hacer que su tasa de retorno se incremente por el sólo hecho de volverse más escaso que antes, potenciando la recuperación de la inversión durante el proceso de expansión del ciclo económico. Por lo tanto, el efecto que una crisis económica puede tener sobre la acumulación del capital resulta en principio incierto.

1.2.2. Efectos sobre el trabajo

Ignorando factores exógenos que afectan a la fuerza laboral como los flujos migratorios, gran parte de los efectos sobre este factor de producción recaen sobre la tasa natural de desempleo, entendiéndose ésta como la tasa de desempleo que no acelera la inflación, es decir, está asociada al nivel de producción potencial.⁶

Puesto que la tasa natural de desempleo de corto plazo depende de rigideces nominales, es de esperar que las distorsiones ocasionadas por la crisis económica se traduzcan en un crecimiento de dicha tasa: en el contexto de una crisis, la presencia de rigideces nominales disminuye la velocidad en la que el mercado laboral regresa a su nivel pre-

⁵Este resultado es consecuencia de suponer que el capital siempre está siendo utilizado a su nivel natural, lo cual es recurrente en la literatura empírica.

⁶Al igual que en este trabajo, buena parte de la literatura económica asume que la tasa de desempleo que no acelera la inflación (NAIRU, por sus siglas en inglés) es equivalente a la tasa natural de desempleo asociada al nivel de producción potencial; sin embargo, algunos autores no comparten esta postura. Para ver una discusión al respecto, refiérase a Carlin, W. y Soskice, D. (1990).

vio, por lo que un descenso en el desempleo no puede suscitarse sin provocar presiones inflacionarias.

Por su parte, la tasa natural de desempleo de largo plazo depende exclusivamente de rigideces reales e institucionales. En este sentido, una crisis económica no debería tener efectos de largo plazo sobre esta tasa a menos que lleve consigo un proceso de histéresis ocasionado por cambios estructurales en las instituciones o en los mercados laborales.

⁷ Así por ejemplo, no resultan de poca importancia los efectos negativos generados por una crisis muy prolongada sobre el mercado laboral, tales como el *efecto del trabajador desanimado* que impera al interior de los grupos *vulnerables* de la fuerza laboral o la destrucción de capital humano debido a que se detiene el proceso de aprendizaje por experiencia. ⁸

Sin embargo, también debe ser considerado que la caída en el ingreso podría motivar a otras personas a trabajar buscando fortalecer su situación económica (especialmente mujeres), incrementando la tasa de participación de la fuerza de trabajo, lo que implica un efecto positivo sobre este factor productivo.

1.2.3. Efectos sobre la productividad total de los factores

Los efectos que una crisis pueda tener sobre la productividad total de los factores son de suma importancia debido a que, desde el punto de vista empírico, éste es el motor detrás del crecimiento económico. La crisis económica, al igual que lo hacía con el capital y el trabajo, genera procesos contrapuestos que, *a priori*, no permiten establecer una conclusión teórica definitiva. En consecuencia, resulta necesario considerar dichos procesos por separado:

⁷La histéresis es un fenómeno por el cual los choques temporales afectan a la tasa de desempleo de forma permanente, de manera que cuando la economía logra recuperarse no le es posible retomar los niveles de empleo existentes antes de la recesión.

⁸El efecto del trabajador desanimado se refiere a que ciertos trabajadores dejan de buscar empleo de forma definitiva porque han permanecido involuntariamente fuera del mercado laboral por un tiempo prolongado. Por su parte, el término *vulnerable* comprende a los trabajadores sin educación, sin experiencia o demasiado viejos.

Efectos negativos

1. El nivel y la tasa de crecimiento de la TFP se ven negativamente afectadas cuando la crisis económica propicia recomposiciones sectoriales que favorecen a las actividades que típicamente han mostrado un menor crecimiento de la TFP. Por ejemplo, cuando el sector manufacturero se hace relativamente más pequeño con respecto al sector de servicios. El impacto negativo se agrava cuando el proceso de reestructuración es más lento.
2. Puesto que la inversión en actividades científicas y de investigación por parte de los agentes privados está directamente relacionada con el ciclo económico, su caída durante las contracciones económicas reduce las actividades de innovación y limita la propagación de nuevo conocimiento. (Guellec y Van Pottelsberghe, 2001).

Efectos positivos

1. Cuando la recomposición sectorial propiciada por la crisis favorece a las industrias más productivas, se esperaría un incremento de la TFP a largo plazo.
2. El proceso de obsolescencia del capital físico acelerado por la crisis y la subutilización de los recursos que ésta causa disminuyen el costo de oportunidad del nuevo capital, por lo que muchas empresas pueden verse impulsadas a realizar inversiones en mejoras tecnológicas, incluso buscando la reducción de sus pérdidas.
3. La hipótesis Schumpeteriana de la Destrucción Creativa: una suerte de proceso de selección natural en la economía, después del cual sólo las empresas más eficientes permanecen en los mercados, elevando la productividad media después de una crisis.

Efectos indirectos

Finalmente, Furceri y Mourougane (2009) mencionan otro tipo de efectos sobre la

TFP derivados de las crisis pero que llaman indirectos porque están asociados a las políticas implementadas por las autoridades para hacer frente a la caída en la actividad económica. Así, la inversión en infraestructura y las reformas estructurales tienen un efecto potenciador del crecimiento, mientras que las políticas que tienden a promover el tamaño del Estado y sus niveles de endeudamiento ocasionan un efecto contrario.

1.3. Reconsideraciones de corto plazo: el enfoque nuevo keynesiano

La definición nuevo keynesiana de producto potencial sugiere también una discusión sobre sus determinantes. Sin embargo, esta corriente de pensamiento incorpora a los determinantes de largo plazo que hasta ahora se han discutido (sección 1.2) una visión de producción potencial que responde al corto plazo. De acuerdo con Neiss y Nelson (2003), es necesario considerar dos aspectos relevantes:

1. Como ya se había mencionado, el producto potencial es afectado directamente por los choques reales observados durante el ciclo económico. En consecuencia, el producto potencial no sigue una tendencia suave en el tiempo. En modelos de equilibrio general esta característica surge de forma inmediata porque incorporan el comportamiento optimizador de los agentes, es decir, las decisiones óptimas de los individuos se ven reflejadas en cada momento del tiempo, por lo que la producción potencial reacciona en el corto plazo (Amato y Laubach, 2003).
2. En modelos de equilibrio general, la brecha de producto expresa la proporción del movimiento en la producción que puede ser atribuida únicamente a la existencia de rigideces nominales en la economía. En ese sentido, a diferencia del enfoque clásico, la brecha de producto no es directamente interpretable como una medida del ciclo económico: por ejemplo, una recesión sería consistente con una brecha de producción positiva, negativa o cero, dependiendo de cuál es la fuente de la caída en la producción (nominal o real) y de dónde se encontraba el producto con

respecto a su nivel potencial al inicio de la recesión. De esta forma, supóngase que se quiere cuantificar la brecha de producto después de una crisis originada por un choque puramente tecnológico. Además, supóngase que la producción se encontraba en su nivel potencial al momento del choque. Si los precios son flexibles, la brecha de producto sería igual a cero debido a que tanto la producción observada como la potencial se verían afectadas en el mismo sentido y en la misma magnitud, independientemente de la severidad del choque que propició la recesión.

Por último, otro aspecto a rescatar es que los enfoques clásico y nuevo keynesiano no están completamente separados el uno del otro. Amato y Laubach (2003) establecen que en la literatura se asume que tanto la producción potencial como la observada evolucionan en torno a la misma tendencia determinística de largo plazo. Es por ello que Basu y Fernald (2009) mencionan que en la mayoría, si no es que en todos los modelos macroeconómicos, la definición de producción potencial bajo precios flexibles converge en el largo plazo a la definición de estado estacionario.

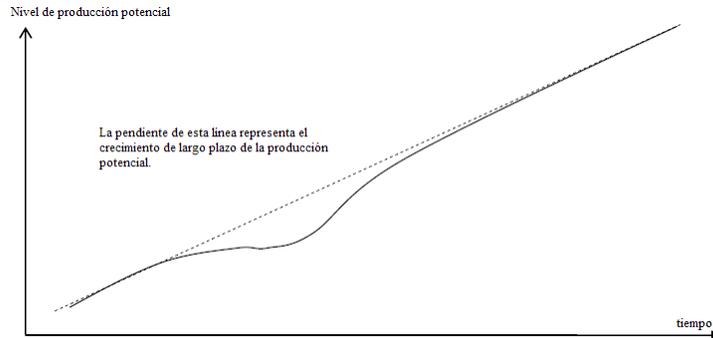
1.4. El impacto esperado de las crisis en el producto potencial: tres posibles escenarios

Como se mencionó en las secciones previas, cuando los efectos de una crisis económica se ponen en balance es posible esperar cualquier resultado final, al menos desde el punto de vista teórico. No obstante, de acuerdo con la Comisión Europea (2009) y con Serra y Chaman (2005), a largo plazo el impacto final de una crisis sobre la producción potencial (y su senda de crecimiento) puede ser incluido en cualquiera de los tres escenarios que se mencionarán a continuación. Evidentemente, la realización de cada escenario dependerá, en última instancia, de la dominancia de los efectos que una crisis económica desencadena sobre los componentes de la producción potencial.

1. **Recuperación total.** Dado que a corto plazo una crisis impacta negativamente sobre la producción potencial, la tasa de crecimiento de ésta durante el periodo

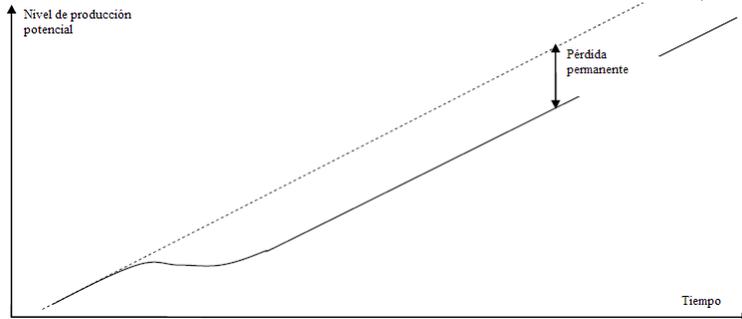
de expansión debe ser temporalmente mayor que la registrada antes de la crisis. Esto permite que, paulatinamente, el nivel y la tasa de crecimiento del producto potencial retornen a su nivel original, tal como puede observarse en la figura (1.2).

Figura 1.2: Escenario I. Fuente: Comisión Europea (2009).



2. **Pérdida permanente en nivel.** La contracción inicial no afecta a la tasa de crecimiento potencial previamente observada, ocasionando que la pérdida en el nivel de producción debida a la crisis nunca pueda recuperarse. (Véase figura 1.3).

Figura 1.3: Escenario II. Fuente: Comisión Europea (2009).



3. **Pérdida creciente en nivel.** Como se ilustra en la figura 1.4, en este caso la caída en la producción a corto plazo afecta de forma negativa y permanente a la tasa de crecimiento potencial, lo que a su vez se traduce en una pérdida en el nivel que se exagera con el tiempo.

Además, estiman que en promedio las crisis financieras son más prolongadas que las crisis típicas y, en consecuencia, la caída en la producción es mayor. El cuadro (1.1) ilustra este hecho: puede observarse que en general las crisis no financieras duran cuatro años y propician una pérdida en producción de alrededor de 6 %, mientras que las crisis financieras suelen durar entre siete y ocho años y son al menos dos veces más severas que las crisis típicas. Además, cabe mencionar que el crecimiento de la producción durante la fase de recuperación es más lento, que es la misma conclusión a la que arriban Cerra y Chaman (2005).¹⁰ (Véase el cuadro 1.2).

Cuadro 1.1: Contracciones generadas por crisis bancarias y no bancarias

	Duración de la contracción (Trimestres)			Pérdida acumulada en producción (% del PIB)		
	Bancaria	No bancaria	Proporción	Bancaria	No bancaria	Proporción
España	28	12	2.3	-10.1	-6.0	1.7
Estados Unidos	32	13	2.6	-11.4	-6.2	1.8
Finlandia	28	15	1.9	-40.6	-5.2	7.9
Japón	32	16	2.0	-12.3	-7.3	1.7
Suecia	28	11	2.5	-16.7	-4.3	3.9
Noruega	35	9	3.9	-34.8	-6.5	5.4

Fuente: Haugh, D y Turner, D. (2009).

Las conclusiones de Haugh et al. (2009) no son exclusivas de los países industrializados. Reinhart y Rogoff (2008) encuentran evidencia que sugiere patrones similares para el caso de una muestra ampliada que incluye a países en desarrollo. Sin embargo, también afirman que la mayor propensión a sufrir fugas de capitales externos hace que las caídas en producción de las economías emergentes sean más pronunciadas que las experimentadas por economías desarrolladas. Este podría ser un factor que explique, al menos de forma parcial, las diferencias entre países en el nivel de producción per cápita cuando se considera además que las economías con mayor número de contracciones se rezagan con respecto a las demás en términos de producción y tasa de crecimiento (Cerra y Chaman, 2005).¹¹

¹⁰De hecho, estos autores encuentran evidencia aún más contundente: las expansiones son más débiles cuando son precedidas por recesiones más grandes y profundas.

¹¹Este tema supera los alcances de este trabajo.

Cuadro 1.2: Recuperación después de una crisis

	Recuperación <i>a la mitad</i> (Trimestres)			Cambio en la brecha en los primeros trimestres desde <i>el fondo</i>		
	Bancaria	No bancaria	Proporción	Bancaria	No bancaria	Proporción
España	2	4	0.5	0.6	6.0	1.0
Estados Unidos	5	3	2.0	0.3	0.6	0.6
Finlandia	14	5	2.6	0.4	0.3	1.1
Japón	3	4	0.8	0.3	0.5	0.6
Suecia	7	3	2.3	0.5	0.5	0.9
Noruega	1	1	1.0	0.8	0.9	0.9

Fuente: Haugh, D y Turner, D. (2009).

Para el caso de los efectos de las crisis bancarias sobre la producción potencial, tanto Haugh et al. (2009), como Cerra y Chaman, (2005) encuentran evidencia mixta que, en principio, puede ser explicada por todo el instrumental teórico que se ha esbozado en la sección anterior. (Véase el cuadro 1.3).

Cuadro 1.3: Crecimiento del producto potencial después de una crisis financiera

Período	Estados Unidos			Japón			Finlandia			Suecia			Noruega		
	Antes	Después	Diferencia	Antes	Después	Diferencia	Antes	Después	Diferencia	Antes	Después	Diferencia	Antes	Después	Diferencia
NAIRU															
5 años	0.1	0.1	0.0	-0.2	-0.1	0.0	-0.6	-1.1	-0.5	-0.3	-0.5	-0.1	-0.3	-0.3	0.0
10 años	0.0	0.1	0.0	-0.1	0.0	-0.1	-0.4	-0.2	0.2	-0.2	-0.2	0.1	-0.3	0.0	0.3
Tasa de crecimiento de TFP															
5 años	0.5	0.5	0.0	1.2	1.1	-0.1	1.9	1.9	0.0	0.5	0.8	0.3	1.2	1.5	0.3
10 años	0.5	0.6	0.1	1.5	1.2	-0.3	1.9	1.9	0.0	0.6	1.0	0.4	1.2	1.9	0.7
Intensidad en capital															
5 años	0.7	0.8	0.1	0.8	0.6	-0.3	1.3	1.1	-0.1	1.0	1.4	0.3	0.4	-0.3	-0.7
10 años	0.8	1.0	0.2	0.9	0.4	-0.4	1.1	0.8	-0.3	0.9	1.3	0.3	0.4	-0.1	-0.5
Crecimiento potencial															
5 años	3.0	3.2	0.2	1.5	1.2	-0.4	2.1	1.6	-0.5	1.9	1.6	-0.3	0.7	0.8	-0.9
10 años	3.0	3.2	0.2	2.3	1.2	-1.0	2.6	2.4	-0.2	1.9	2.2	0.3	1.6	1.8	0.3

Fuente: Haugh, D. y Turner, D. (2009).

1.5.1. Evidencia empírica para México

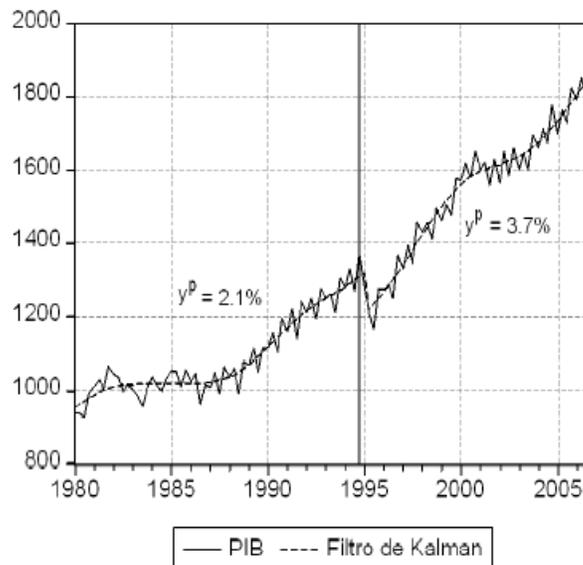
La evidencia empírica que abunda sobre la relación de las crisis y la producción potencial para el caso de México es todavía escasa. Sin embargo, tres investigaciones relevantes son las de DeSerres et al. (1995), Faal (2005) y Loria y Ramos (2008).

Los artículos de Faal y Loria y Ramos se centran básicamente en analizar la evolución de la tasa de crecimiento potencial, aunque Loria y Ramos extienden el análisis para calcular la amplitud del ciclo económico y otros aspectos de interés desde el punto de vista estadístico. El periodo de tiempo que consideran es más corto comparado con el

trabajo de Faal.¹²

Así, Faal (2005) discute sobre los determinantes del crecimiento en México y sus marcadas diferencias durante los periodos 1960-1979, 1980-2003 y 1995-2003. Establece que las reformas estructurales incompletas y el bajo grado de desarrollo del sector financiero fueron los factores detrás del bajo crecimiento registrado desde 1980. Empero, esta conclusión no es compatible con las estimaciones de Loria y Ramos, quienes afirman que en 1995 la entrada en vigor del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN) propició un cambio estructural positivo en la tasa de crecimiento del producto potencial, pues esta última fue de 2.1 % entre 1980 y 1994, y de 3.7 % para el periodo que abarca desde el cuarto trimestre de 1995 hasta el 2006. (Véase la figura 1.5).

Figura 1.5: Producción observada y potencial (miles de millones de pesos)



Fuente: Loria y Ramos (2008).

En cuanto al impacto que han tenido las crisis sobre el nivel de la producción potencial, Faal (2005) concluye que tanto la crisis de 1982 como la de 1995 tuvieron un impacto negativo. Primeramente, por posibles procesos de histéresis desatados por

¹²Por ejemplo, Loria y Ramos también estiman el componente estacional de la serie de tiempo del PIB. Además, utilizando sus estimaciones de la brecha de producto, encuentran que el crecimiento observado es más cercano a su nivel potencial desde el 2000, implicando que los ciclos económicos a partir de ese año son menos severos.

las rigideces propias del mercado laboral mexicano, y en segundo lugar, por el rápido crecimiento en el sector informal de la economía, que típicamente se ha caracterizado por tener una menor productividad.¹³

Por su parte, DeSerres estima un modelo estructural de vectores autorregresivos (SVAR) incluyendo tres tipos de choques a la producción: de oferta, de demanda y a los precios del petróleo. Imponiendo restricciones en el mismo espíritu que Nelson y Plosser (1982), utiliza el SVAR para obtener una serie de la producción potencial. Encuentra que los choques a los precios del petróleo son una variable importante al momento de explicar las fluctuaciones de la economía mexicana. Sin embargo, debido al momento en que fue estimado el modelo, éste no pudo capturar el cambio estructural reportado por Faal y Loría y Ramos.

Finalmente, la estimación de la producción potencial y su proyección futura que se pretende realizar en este trabajo considera dos aspectos idiosincráticos de la economía mexicana en los últimos años, que son, a saber, su gran dependencia del sector exportador y su alto grado de sincronización con el ciclo económico norteamericano. Entre estos dos aspectos se presume una causalidad en el sentido de que la mayor apertura comercial propició en buena medida la sincronización en los ciclos; además, ambos pueden ser, en general, fuentes y canales de transmisión de los choques externos a la economía nacional.

La evidencia empírica concerniente a este último hecho es reportada por Antón (2009), quien encuentra que la producción y el empleo en México son pro cíclicos con respecto al PIB de Estados Unidos, y además, pronostica que la caída en la producción mexicana estará entre 6.6 % y 7.2 % en 2009 a raíz de la crisis.

¹³Loayza y Palacios (1997) caracterizan al mercado laboral mexicano como uno de los más distorsionados de América Latina, principalmente porque el marco jurídico encarece la adopción de cambios tecnológicos y entorpece la movilidad de los recursos de un sector a otro.

1.6. Métodos para la estimación de la producción potencial

En la literatura empírica existe una gran variedad de métodos utilizados para la estimación de la producción potencial. Cerra y Chaman (2000) ofrecen un estudio comparativo de estos distintos métodos de estimación estableciendo una clasificación entre métodos estadísticos y métodos estructurales.

Los métodos estadísticos buscan separar la serie de tiempo de la producción en dos componentes básicos: el ciclo y la tendencia, ambos no observables.¹⁴ Teóricamente, se asume que la tendencia puede ser descrita por un proceso no estacionario y que es una aproximación razonablemente buena de la producción potencial, mientras que el ciclo se considera un componente de carácter transitorio que es por definición estacionario.

Por su parte, los métodos estructurales tienen como objetivo la identificación de las fuentes de perturbación sobre la producción a partir de relaciones derivadas de la teoría económica, o dicho de forma equivalente, intentan diferenciar las causas de las fluctuaciones en los ciclos económicos.

El cuadro A muestra un resumen de los distintos métodos agrupados en los dos grandes grupos que ya se han descrito. Desarrollar a detalle cada método está fuera de los alcances de este trabajo; no obstante, en el siguiente apartado se abordará la estimación de la producción potencial con un modelo de equilibrio general dinámico estocástico (DSGE) por ser la técnica empleada en la parte empírica de esta investigación.

1.6.1. Estimación del producto potencial a partir de un modelo DSGE

Los modelos DSGE constituyen una herramienta fundamental en la investigación y el análisis macroeconómico actual. Su utilización implica una sólida fundamentación

¹⁴Estos componentes también son conocidos como transitorio y secular, respectivamente.

Cuadro A. Métodos básicos para estimar la producción potencial

Métodos estadísticos	Métodos estructurales
Filtro Hodrick-Prescott (HP)	VAR estructural (SVAR)
Filtro Beveridge-Nelson	Función de producción
Métodos de componentes no observados	Modelos del lado de la demanda
Filtro HP ajustado (St-Amant y van Norden)	Modelos de sistemas multivariados
	Modelos DSGE

Fuente: Elaboración propia a partir de Cerra y Chaman (2000).

teórica que no sólo permite entender a la economía como un todo, sino también provee información a nivel de los agentes. En ese sentido, resulta ser una alternativa válida para afrontar la crítica de Lucas (1976).

La estimación de la producción potencial a partir de un modelo DSGE es una práctica más habitual en los modelos inscritos en la tradición nuevo keynesiana que en aquéllos que son puramente clásicos debido a una razón principal: en los modelos nuevo keynesianos, la estimación de la producción potencial resulta de resolver el contrafactual del modelo original en ausencia de rigideces nominales.

Sin embargo, cuando se resuelve el modelo, sea o no bajo precios flexibles, la interpretación de los resultados debe hacerse siempre pensando en desviaciones respecto a un nivel de estado estacionario que es por definición constante. Neiss y Nelson (2001) proponen una metodología para sortear esta dificultad, que aquí se resume en cuatro pasos: ¹⁵

1. Plantear el modelo adecuado para el fenómeno que se quiera abordar (incluyendo rigideces nominales).
2. Resolver el modelo bajo precios flexibles, pero en presencia de rigideces reales como el poder monopólico de las empresas.
3. Simular el modelo, y a partir de ello, obtener los datos generados de la producción

¹⁵La descripción detallada de esta metodología puede encontrarse en el apéndice.

y de todas las variables exógenas de estado, excepto de los choques monetarios.

4. Con los datos del punto anterior, correr una regresión de la forma:

$$y_t = f(z_t^1, \dots, z_t^k) = \beta_1^1 z_t^1 + \dots + \beta_j^1 z_{t-j}^1 + \dots + \beta_1^k z_t^k + \dots + \beta_j^k z_{t-j}^k, \quad (1.4)$$

donde y_t es el logaritmo de la producción (potencial) y z_t^1, \dots, z_t^k son las variables exógenas de estado también en su forma logarítmica. En esta regresión j se fija de tal forma que se asegure un buen ajuste del modelo.

Capítulo 2

El Modelo

2.1. Modelo de Equilibrio General propuesto

Este apartado tiene el propósito de describir el modelo a calibrar, y en ese sentido, sentará las bases para conseguir el propósito de este trabajo. En términos generales, el modelo es de equilibrio general dinámico y estocástico, y contempla a una pequeña economía abierta que trata al sector externo como exógeno. La producción de la economía está dividida en dos sectores: uno dedicado a la producción de bienes para el mercado doméstico, y el otro orientado a satisfacer la demanda de exportaciones por parte del sector externo. El modelo aquí descrito es una adaptación de Jakab y Világi (2010).

Las razones por las cuales se utiliza este modelo son principalmente dos. Primeramente, como ya se mencionó, porque un modelo DSGE posee una fuerte fundamentación teórica, la cual resulta ser siempre una característica deseable. En segundo lugar, porque la especificación de una economía de dos sectores permite analizar lo que presumiblemente fue el principal canal de transmisión de la crisis de 2008 hacia la economía mexicana: el sector exportador.

2.1.1. Hogares

La economía está conformada por un continuo de consumidores con vida infinita, indizados por $j \in (0, 1)$. La propiedad de los factores productivos, así como de las empresas, recae en última instancia sobre los individuos. En este sentido, los individuos ofrecen trabajo y capital, y demandan bonos internacionales. De forma específica, las preferencias del individuo j están dadas por:

$$U(c_t^j, l_t^j) = \frac{(c_t^j)^{1-\sigma}}{1-\sigma} - \frac{(l_t^j)^{1+\varphi}}{1+\varphi}, \quad (2.1)$$

donde c_t^j es el consumo, l_t^j es el trabajo, y los parámetros σ y φ son positivos.

Así también, la restricción presupuestaria de j es:

$$P_t c_t^j + P_t I_t^j + B_t^j = (1 + i_{t-1})B_{t-1}^j + P_t w_t l_t^j + P_t r_t^k k_{t-1}^j + Div_t - T_t. \quad (2.2)$$

Donde P_t es el precio del bien final doméstico, I_t^j es la inversión, B_t^j es la tenencia de bonos internacionales en moneda doméstica libres de riesgo al inicio de t , i_t es la tasa de interés nominal, Div_t son los dividendos por parte de las empresas, T_t es un impuesto de monto fijo, w_t y r_t^k son el precio del trabajo y del capital, respectivamente.

El capital sigue la siguiente ley de movimiento:

$$k_t = (1 - \delta)k_{t-1} + \left[1 + \Phi_I \left(\frac{I_t}{I_{t-1}} \right) \right] I_t, \quad (2.3)$$

donde Φ_I representa los costos de ajuste al capital:

$$\Phi_I \left(\frac{I_t}{I_{t-1}} \right) = \frac{\phi_I}{2} \left(\frac{I_t}{I_{t-1}} - 1 \right)^2, \quad \phi_I > 0. \quad (2.4)$$

En particular, $\Phi_I' > 0$, $\Phi_I(1) = \Phi_I'(1) = 0$.

Por lo tanto, los consumidores resuelven:

$$\max_{\{c_t, B_t, k_{t+1}, l_t, I_t\}} \left\{ E_0 \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \left[\frac{(c_t^j)^{1-\sigma}}{1-\sigma} - \frac{(l_t^j)^{1+\varphi}}{1+\varphi} \right] \right\}$$

sujeto a (2.2), (2.3), (2.4), y a las condiciones de transversalidad para capital y bonos, respectivamente:

$$\begin{aligned} \lim_{t \rightarrow \infty} E_0 [\beta^t \eta_t k_t^j] &= 0 \\ \lim_{t \rightarrow \infty} \left(\frac{1}{1+i_t} \right) B_t^j &= 0, \end{aligned}$$

donde η_t es el multiplicador asociado a (2.2) y k_{-1} y B_{-1} están dados.

2.1.2. Empresas

La producción de la economía está dividida en dos sectores: el doméstico y el exportador. El sector doméstico produce solamente para satisfacer la demanda interna, mientras que el sector exportador produce únicamente para exportar. Además, las actividades productivas están jerarquizadas: primero, bajo un ambiente perfectamente competitivo, las empresas transforman el trabajo, l_t^s , y las importaciones, m_t^s , en un insumo compuesto, z_t^s , donde $s = d$ para el sector doméstico y $s = x$ para el exportador. En la siguiente etapa de la producción, el insumo intermedio se combina con el capital para producir un continuo de bienes diferenciados bajo competencia monopolística. Finalmente, en la última etapa un bien final homogéneo es producido a partir de este conjunto de insumos intermedios diferenciados. El cuadro B resume las fases de la producción en ambos sectores.

Empresas de bienes finales

La tecnología de la producción del bien final y_t^s es:

$$y_t^s = \left(\int_0^1 y_t^s(i)^{\frac{\theta-1}{\theta}} di \right)^{\frac{\theta}{\theta-1}}, \quad (2.5)$$

donde $\theta > 1$ es la elasticidad de sustitución y $y_t^s(i)$ es el bien intermedio i , $i \in [0, 1]$.

Cuadro B. Etapas de la producción

Primera etapa	
Insumos	m_t^s, l_t^s
Estructura de mercado	Mercado competitivo
Tecnología	$z_t^s = \left(a_s^{\frac{1}{\theta z}} (m_t^s)^{\frac{\theta z - 1}{\theta z}} + (1 - a_s)^{\frac{1}{\theta z}} (l_t^s)^{\frac{\theta z - 1}{\theta z}} \right)^{\frac{\theta z}{\theta z - 1}} - z_t^s \Phi_z(z_t^s)$
Segunda etapa	
Insumos	z_t^s, k_{t-1}^s
Estructura de mercado	Competencia monopolística
Tecnología	$y_t^s(i) = A_t \left(\alpha_s^{\frac{1}{\theta}} k_{t-1}^s(i)^{\frac{\theta - 1}{\theta}} + (1 - \alpha_s)^{\frac{1}{\theta}} z_t^s(i)^{\frac{\theta - 1}{\theta}} \right)^{\frac{\theta}{\theta - 1}} - \bar{f}_s$
Tercera etapa	
Insumos	$y_t^s(i)$
Estructura de mercado	Mercado competitivo
Tecnología	$y_t^s = \left(\int_0^1 y_t^s(i)^{\frac{\theta - 1}{\theta}} di \right)^{\frac{\theta}{\theta - 1}}$

Elaboración propia a partir de Jakab y Világi (2010).

Por lo tanto, una empresa de bienes finales resuelve:

$$\max_{\{y_t^s(i)\}} \left\{ P_t^s \left(\int_0^1 y_t^s(i)^{\frac{\theta - 1}{\theta}} di \right)^{\frac{\theta}{\theta - 1}} - \int_0^1 P_t^s(i) y_t^s(i) di \right\}, \quad (2.6)$$

por lo que la demanda del bien $y_t^s(i)$ es:

$$y_t^s(i) = \left(\frac{P_t^s}{P_t^s(i)} \right)^{\theta} y_t^s, \quad (2.7)$$

donde $P_t^s(i)$ es el precio del bien $y_t^s(i)$. En consecuencia, el nivel de precios del sector de bienes finales está dado por:¹

$$P_t^s = \left(\int_0^1 P_t^s(i)^{1 - \theta} di \right)^{\frac{1}{1 - \theta}}. \quad (2.8)$$

Empresas de bienes intermedios

Cada uno de los bienes intermedios $y_t^s(i)$ se produce con la tecnología:

$$y_t^s(i) = A_t \left(\bar{\alpha}_s^{\frac{1}{\theta}} k_{t-1}^s(i)^{\frac{\theta - 1}{\theta}} + (1 - \bar{\alpha}_s)^{\frac{1}{\theta}} z_t^s(i)^{\frac{\theta - 1}{\theta}} \right)^{\frac{\theta}{\theta - 1}} - \bar{f}_s. \quad (2.9)$$

¹Cuando $s = d$, se denota a P_t^s simplemente como P_t .

donde $z_t^s(i)$ es la demanda del bien intermedio de la empresa i , ϱ es la elasticidad de sustitución entre los factores (positiva), $\bar{\alpha}_s \in (0, 1)$ es la participación del capital en el costo marginal de estado estacionario, A_t es la productividad y \bar{f}_s es el costo fijo de la industria.

La productividad sigue un proceso tal que:

$$A_t = \rho_A A_{t-1} + \epsilon_t^A, \quad \rho_A \in (0, 1), \quad \epsilon_t^A \sim N(1 - \rho_A, \sigma_A^2). \quad (2.10)$$

La fijación de los precios para los bienes intermedios sigue un esquema a la Calvo (1983). Es decir, una proporción de empresas $1 - \gamma$ es aleatoriamente seleccionada para fijar sus precios de forma racional en cualquier momento t . La fracción γ de empresas que no pueden elegir sus precios óptimamente sigue la regla de fijación:

$$P_t^s(i) = P_{t-1}^s(i). \quad (2.11)$$

Por otro lado, sea $P_t^s(i)$ el precio que la empresa i fija en t . Los beneficios de esta empresa en T están dados por:

$$V_T(P_T^s(i)) = y_T^s(i)(P_T^s(i) - MC_T^s) - \bar{f}_s, \quad (2.12)$$

donde MC_T^s es el costo marginal en T . Así, una empresa que puede fijar sus precios de forma óptima en tiempo t resuelve:

$$\max_{\{P_T^s(i)\}} \left\{ E_t \left[\sum_{t=0}^{\infty} (\beta\gamma)^{T-t} D_{T,t} V_T(P_T^s(i)) \right] \right\}, \quad D_{T,t} = \frac{\lambda_T/P_T}{\lambda_t/P_t}$$

sujeto a (2.7) y (2.11), con λ_t siendo la utilidad marginal del consumo en t .

Bajo esta regla de fijación de precios, puede mostrarse que el nivel de precios al interior de cada sector viene dado por:

$$(P_t)^{1-\theta} = (1 - \gamma)(P_t(i))^{1-\theta} + \gamma(P_{t-1})^{1-\theta} \quad (2.13)$$

$$(P_t^{x*})^{1-\theta} = (1 - \gamma)(P_t^{x*}(i))^{1-\theta} + \gamma(P_{t-1}^{x*})^{1-\theta} \quad (2.14)$$

Empresas productoras del bien compuesto

La tecnología de producción del bien compuesto, z_t^s , está representada por:

$$z_t^s = \left(\bar{a}_s^{\frac{1}{\theta z}} (m_t^s)^{\frac{\theta z - 1}{\theta z}} + (1 - \bar{a}_s)^{\frac{1}{\theta z}} (l_t^s)^{\frac{\theta z - 1}{\theta z}} \right)^{\frac{\theta z}{\theta z - 1}} - z_t^s \Phi_z(z_t^s), \quad (2.15)$$

donde: $\Phi_z(\bullet)$ es una función de costos de ajuste del trabajo y las importaciones, tal que $\Phi_z(z_t^s) = \frac{\phi_z}{2z^s} \left(\frac{z_t^s}{z^s} - 1 \right)^2$, $\phi_z > 0$, con z^s siendo el nivel del insumo compuesto en el estado estacionario. El bien importado está representado por m_t^s . Debido al ambiente competitivo en el que se produce z_t^s , su precio, $W_t^{z^s}$, es igual a su costo marginal de producción en el óptimo.

2.1.3. Gobierno

Autoridad Fiscal

Las compras de bienes finales hechas por el gobierno son financiadas por impuestos de monto fijo sobre los hogares:

$$T_t = P_t g_t PIB_t = P_t G_t, \quad (2.16)$$

donde g_t es la proporción del gasto gubernamental en el valor agregado total. La ley de movimiento de g_t es:

$$\ln(g_t) = (1 - \rho_g) \ln(\bar{g}) + \rho_g \ln(g_{t-1}) + \epsilon_t^g, \quad \rho_g \in (0, 1), \quad \epsilon_t^g \sim N(0, \sigma_g^2). \quad (2.17)$$

Banco Central

Siguiendo a Jakab y Világi (2010), el Banco Central sigue un esquema de metas de inflación fijando la tasa de interés nominal, i_t , de acuerdo con la siguiente función de reacción:

$$\frac{1+i_t}{1+r} = \left(\frac{1+i_{t-1}}{1+r} \right)^{\zeta^i} \left((1+\pi_t)^{\zeta^\pi} e_t^{\zeta^e} \right)^{1-\zeta^i} s_t \quad (2.18)$$

donde r es la tasa de interés real de estado estacionario, ζ^i , ζ^π , y ζ^e son parámetros de suavizamiento que indican la importancia de las variables (tasa de interés, inflación y tipo de cambio, en ese orden) en la función de reacción, e_t es el tipo de cambio nominal y s_t es un choque monetario que se comporta de acuerdo con:

$$\ln(s_t) = (1 - \rho_i)\ln(\bar{s}) + \rho_i \ln(s_{t-1}) + \epsilon_t^i, \quad \rho_i \in (0, 1), \quad \epsilon_t^i \sim N(0, \sigma_i^2) \quad (2.19)$$

2.1.4. Sector externo

La demanda de exportaciones por parte del sector externo está representada por:

$$\frac{x_t}{x_{t-1}^{h_x}} = x_t^* (P_t^{x*})^{-\theta^{x*}}, \quad (2.20)$$

con h_x como parámetro de hábito, θ^{x*} es la elasticidad precio de las exportaciones y x_t^* es la demanda externa, con la siguiente ley de movimiento:

$$\ln(x_t^*) = (1 - \rho_x)\ln(x^*) + \rho_x \ln(x_{t-1}^*) + \epsilon_t^x, \quad \rho_x \in (0, 1), \quad \epsilon_t^x \sim N(0, \sigma_x^2) \quad (2.21)$$

Por su parte, el precio de las importaciones, al ser exógeno, puede representarse como:

$$\ln(P_t^{m*}) = (1 - \rho_{p^m})\ln(P^{m*}) + \rho_{p^m} \ln(P_{t-1}^{m*}) + \epsilon_t^{p^m}, \quad \rho_{p^m} \in (0, 1), \quad \epsilon_t^{p^m} \sim N(0, \sigma_{p^m}^2) \quad (2.22)$$

La condición de cierre del modelo es estándar:

$$\frac{1+i_t^*}{1+i^*} = e^{-v(b_t-b)}. \quad (2.23)$$

En este contexto, i_t^* es la tasa de interés nominal internacional, b_t es la tenencia neta de bonos internacionales de la economía, y b es el nivel de endeudamiento de la economía en el estado estacionario.

Finalmente, la relación entre tasas de interés y el tipo de cambio nominal está representada por la paridad descubierta de las tasas de interés:

$$\frac{1 + i_t}{1 + i_t^*} = E_t \frac{e_{t+1}}{e_t}. \quad (2.24)$$

2.1.5. Condiciones de equilibrio

Para el caso del consumo y el trabajo:

$$c_t^j = C_t \quad l_t^j = l_t. \quad (2.25)$$

Para el sector doméstico:

$$Y_t^d = C_t + I_t + G_t. \quad (2.26)$$

Para el sector exportador:

$$Y_t^x = x_t^*. \quad (2.27)$$

En el mercado de factores:

$$k_t = k_t^d + k_t^x \quad (2.28)$$

$$l_t = l_t^d + l_t^x \quad (2.29)$$

$$m_t = m_t^d + m_t^x. \quad (2.30)$$

En el sector externo:

$$b_t = (1 + i_{t-1}^*)b_{t-1} + P_t^{x*}x_t - P_t^{m*}m_t \quad (2.31)$$

$$q_t = \frac{e_t}{P_t}. \quad (2.32)$$

Finalmente, se define a la producción bruta (Y) y al valor agregado total de la economía (PIB):

$$Y_t = Y_t^d + Y_t^x \quad (2.33)$$

$$PIB_t = Y_t^d + Y_t^x - m_t. \quad (2.34)$$

2.2. Estimación de parámetros

En esta sección se describe detalladamente la estimación y la calibración de los parámetros utilizados en el modelo. El cuadro (2.1) muestra, además de los valores, la fuente de cada parámetro. Las fuentes se clasifican en dos grupos: *literatura* y *estimados*. El entorno temporal del modelo establece la equivalencia entre un periodo y un trimestre, por lo que los datos aquí utilizados observan esa frecuencia. El conjunto de datos utilizados comprende la composición de oferta y demanda globales (desestacionalizadas) y sus deflatores (provenientes de INEGI), la tasa de interés de los certificados de la tesorería (CETES) y el tipo de cambio nominal promedio para solventar obligaciones denominadas en moneda extranjera (ambos tomados de Banco de México) y el gasto público total (tomado de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público).

El grupo *literatura*, como su nombre lo indica, está integrado por parámetros recurrentes en la literatura, en la cual muchos de ellos se usan como estándar. Por ejemplo, el factor de descuento, β , y la tasa de depreciación del capital, δ . Por su parte, en los modelos con rigideces nominales, existe un cierto consenso con respecto al margen de ganancias que las empresas con poder de mercado pueden fijar sobre sus costos marginales. Hernández (2009) calibra el valor de θ para que dicho margen sobre los costos sea de 15%.

Dentro de este mismo grupo se ubica un subconjunto de parámetros que básicamente se asocian con una economía pequeña y abierta, como es el caso del modelo que aquí se presenta. A este subconjunto pertenecen la elasticidad de la prima de riesgo con respecto al endeudamiento externo y la elasticidad precio de las exportaciones, ν y θ^{x*} , respectivamente. El parámetro ν es lo suficientemente pequeño para garantizar que los bonos sean estacionarios en el modelo, por lo que Aguiar y Gopinath (2007) lo fijan en 0.001 para el caso de México. Por su parte, Ocegueda (2006) provee evidencia de que

$\theta^{x^*}=0.41$.

En la literatura referente a mercados latinoamericanos también es posible encontrar de forma recurrente otros parámetros comunes. Tal es el caso de σ , φ , ζ^i y ζ^π , que indican la importancia del consumo y el trabajo en la utilidad de los individuos, y los parámetros de suavizamiento de la política implementada por el banco central, respectivamente. Todos estos parámetros, a excepción de φ son reportados por García-Cicco (2010) para el caso de México, mientras que Comin et al. (2010) establecen $\varphi = 1,1$ para México y Tovar (2006) trabaja con $\varphi = 2$ para todos los países latinoamericanos de su muestra. A su vez, Ramos-Francia y Torres (2006) estiman que $\gamma = 0,919$ para el caso de México. Finalmente, los parámetros $\{\varrho, \varrho_z, \bar{f}_d, \bar{f}_x, \phi_Z, \phi_I, \zeta^e\}$ se toman de Jakab y Világi (2010), pues como ya se había mencionado, el modelo que aquí se presenta es una adaptación de aquel trabajo.

Por otra parte, el conjunto de parámetros dentro de *estimados* puede dividirse en dos: los observables y los no observables. Por parámetros observables se hace referencia a aquellos valores que pueden ser tomados directamente de los datos sin realizar estimaciones estadísticas o calibración. Son parte de este subgrupo la proporción de gasto público total en el PIB (g), las proporciones de las importaciones de los sectores doméstico y exportador en su valor agregado ($\Omega_{m,va}^d = \frac{m^d}{y^d - m^d}$ y $\Omega_{m,va}^x = \frac{m^x}{y^x - m^x}$, respectivamente), y la proporción de la inversión en el producto bruto, $\Omega_{I,y} = \frac{I}{y^d + y^x}$.²

Para los valores de los parámetros *estimados* que no son observables, se llevaron a cabo dos estrategias de estimación. En primer lugar, para los parámetros de persistencia, ρ_X , con $X = P^{m^*}, x, i, g$ se utilizaron los datos de la oferta y demanda globales y de los CETES. La estimación se realizó con un modelo autorregresivo de orden 1, por mínimos cuadrados ordinarios (OLS) sobre la parte cíclica de las series. Para esto, fue necesario aplicar primero el filtro HP (con un factor de suavizamiento de 1600) y a partir de ello obtener el ciclo de las series.³ Así, la especificación econométrica para calcular los

²El gasto de gobierno se define como el gasto público total. Las importaciones del sector exportador se obtuvieron a partir de $m^x = 0,481m$ (con m representando a las importaciones totales), donde la proporción 0,481 es tomada de Fujii (2010). En consecuencia, se tiene que $m^d = 0,519m$.

³Las series que presentaban un comportamiento estacional se ajustaron por medio del método

parámetros autorregresivos es:

$$\tilde{X}_t = \rho_X \tilde{X}_{t-1} + \epsilon_t^X, \quad \epsilon_t^X \sim N(0, \sigma_X), \quad (2.35)$$

donde $\tilde{X}_t = \ln(X_t) - \ln(\bar{X})$, para cualquier variable $X_t = P_t^{m*}, x_t$, y \bar{X} es el nivel de la variable X_t en estado estacionario.⁴ A continuación, se muestran los detalles de las estimaciones:

1. Siguiendo a Jakab y Világi (2010), P_t^{m*} se calculó como la razón entre el deflactor de las importaciones y el tipo de cambio (peso-dólar) nominal promedio para solventar obligaciones denominadas en moneda extranjera, entre 1993:1 y 2007:4.
2. Los datos de las exportaciones provienen de la oferta global de la economía, base 1993.
3. Para la regresión de i_t se utilizó la serie de los CETES entre 2000:1 y 2007:4, considerando el periodo en el que el Banco de México comenzó a fijar objetivos de inflación (Martínez et al., 2001). La ecuación estimada es:

$$\tilde{i}_t = \rho_i \tilde{i}_{t-1} + \epsilon_t^i.$$

4. El parámetro autorregresivo y la volatilidad de la TFP fueron tomados de Aguiar y Gopinath (2007).
5. La persistencia del choque al gasto de gobierno y su volatilidad fueron obtenidas con datos del gasto público neto pagado anual. Sin embargo, para trimestralizar la serie se utilizó el método de Santos y Cardoso (2001), junto con la serie de consumo de gobierno entre 1980:1 y 2007:4 como auxiliar.⁵ La ecuación que se estimó es:

$$\tilde{g}_t = \rho_g \tilde{g}_{t-1} + \epsilon_t^g.$$

ARIMA X-12.

⁴La proporción del gasto al PIB y la tasa de interés no se expresan en logaritmos por ser variables de porcentaje.

⁵El método de Santos y Cardoso (2001) es un desarrollo dinámico del método de Chow y Lin (1971). Ambos métodos extrapolan las series de baja frecuencia (anuales) para construir una serie de alta frecuencia (trimestral) utilizando como auxiliar una serie correlacionada con la original.

En segundo lugar, la calibración de los parámetros $\bar{\alpha}_d$, $\bar{\alpha}_x$, \bar{a}_d y \bar{a}_x se realizó utilizando los valores obtenidos de $\Omega_{m,va}^d$, $\Omega_{m,va}^x$ y $\Omega_{I,y}$, junto con un subconjunto de ecuaciones pertenecientes al estado estacionario del modelo.⁶

2.3. Método de solución del modelo

Dada su naturaleza eminentemente no lineal, *la solución* del modelo requiere de un algoritmo de optimización numérica. Para tales efectos, por medio del método de log-linealización de Uhlig (1995), primero se realiza una aproximación de Taylor de primer orden alrededor del estado estacionario a cada ecuación del sistema. Posteriormente, se utiliza la caja de herramientas de Uhlig (1995) para obtener la solución.⁷

Cabe destacar que lo que aquí se define como solución es en realidad un equilibrio conformado por un conjunto de leyes de movimiento recursivo de la forma:

$$x_t = Px_{t-1} + Qz_t \quad (2.36)$$

$$y_t = Rx_{t-1} + Sz_t \quad (2.37)$$

$$z_t = Nz_{t-1} + \epsilon_t, \quad (2.38)$$

donde x_t , y_t y z_t son vectores de variables endógenas de estado, puramente endógenas y exógenas de estado, respectivamente, mientras que ϵ_t es un vector de choques estocásticos.⁸ Las matrices P , Q , R , S y N , son funciones de los parámetros del modelo y caracterizan al equilibrio. El modelo que aquí se presenta está conformado por 26 ecuaciones que resuelven para 26 variables: $\{\tilde{i}_t, \tilde{Y}_t^d, \tilde{r}_t^k, \tilde{x}_t, \tilde{w}_t, \tilde{Y}_t^x, \tilde{\pi}_t^*, \tilde{m}_t, \tilde{\pi}_t, \widetilde{PIB}_t, \tilde{Q}_t, \tilde{e}_t, \tilde{q}_t, \tilde{k}_t, \tilde{b}_t, \tilde{l}_t,$

⁶En el anexo se enlistan las ecuaciones utilizadas.

⁷El sistema en su versión estacionaria y log-lineal se incluye en el apéndice.

⁸Una variable de estado es aquella cuyo valor ha sido determinado, ya sea por acciones pasadas o por algún otro proceso como la naturaleza. En este modelo existen dos tipos de variables de estado: las endógenas y las exógenas. Las endógenas de estado son variables que se determinan en el modelo, como el capital; mientras que las exógenas de estado están explicadas por un proceso estocástico, como en el caso de la tecnología. Por otro lado, una variable puramente endógena es aquella que se determina explícitamente en el modelo por medio de las decisiones presentes de los agentes, como es el caso del consumo.

$\tilde{A}_t, \tilde{z}_t^d, \tilde{G}_t, \tilde{z}_t^x, \tilde{s}_t, \tilde{C}_t, \tilde{x}_t^*, \tilde{I}_t, \tilde{P}_t^{m*}, \tilde{P}_t^{x*}$ }.⁹ De éstas, 12 son endógenas de estado, 9 son puramente endógenas y 5 son exógenas de estado. La clasificación de cada variable se incluye en el anexo.

⁹Donde $\tilde{x}_t = \ln(x_t) - \ln(\bar{x})$ para cualquier x_t , con \bar{x} representando el nivel de estado estacionario de x_t .

Cuadro 2.1: Parámetros del modelo

Parámetro	Valor	Descripción	Fuente
Parámetros provenientes de la literatura			
β	0.98	Factor subjetivo de descuento.	Recurrente en la literatura.
δ	0.025	Tasa de depreciación.	Recurrente en la literatura.
θ	6	Elasticidad de sustitución entre los bienes intermedios.	Hernández (2009).
θ^{x*}	0.41	Elasticidad precio de las exportaciones.	Ocegueda (2006).
ϱ	0.8	Elasticidad de sustitución entre capital e insumo compuesto.	Jakab y Világi (2010).
ϱ_z	0.5	Elasticidad de sustitución entre trabajo e importaciones.	Jakab y Világi (2010).
σ	2	Coefficiente de aversión relativa al riesgo asociado al consumo.	García-Cicco (2010).
φ	1.1	Coefficiente de aversión relativa al riesgo asociado al trabajo.	Comin et al. (2010).
f_d	0.2	Costo fijo relativo al producto en el sector doméstico.	Jakab y Világi (2010).
f_x	0.2	Costo fijo relativo al producto en el sector exportador.	Jakab y Világi (2010).
ϕ_z	3	Costo de ajuste de trabajo-importaciones.	Jakab y Világi (2010).
ϕ_I	11	Costo de ajuste a la inversión.	Jakab y Világi (2010).
ν	0.001	Elasticidad de la deuda de la economía con respecto al diferencial de tasas.	Asegura estacionariedad de bonos.
γ	0.919	Parámetro de rigideces a la Calvo.	Ramos-Francia y Torres (2006).
ζ^i	0.56	Suavizamiento de la política monetaria asociado a la tasa de interés.	García-Cicco (2010).
ζ^π	1.35	Suavizamiento de la política monetaria asociado a la inflación.	García-Cicco (2010).
ζ^e	0.025	Suavizamiento de la política monetaria asociado al tipo de cambio.	Jakab y Világi (2010).
Parámetros estimados			
ρ_A	0.95	Persistencia del choque tecnológico.	Aguiar y Gopinath (2007).
ρ_g	0.9416	Persistencia del choque al gasto de gobierno.	Estimación por OLS.
ρ_i	0.7076	Persistencia del choque monetario.	Estimación por OLS.
ρ_x	0.5	Persistencia del choque a la demanda de exportaciones.	Estimación por OLS.
ρ_{P^m}	0.3786	Persistencia del choque al precio de las importaciones.	Estimación por OLS.
σ_A	0.023	Desviación estándar del choque tecnológico.	Aguiar y Gopinath (2007).
σ_g	0.0466	Desviación estándar del choque al gasto de gobierno.	Estimación por OLS.
σ_i	1.7858	Desviación estándar del choque monetario.	Estimación por OLS.
σ_x	0.059	Desviación estándar del choque a la demanda de exportaciones.	Estimación por OLS.
σ_{P^m}	0.0189	Desviación estándar del choque al precio de las importaciones.	Estimación por OLS.
\bar{a}_d	0.4003	Participación del capital en costo marginal de estado estacionario del sector doméstico.	Calibración.
\bar{a}_x	0.1291	Participación del capital en costo marginal de estado estacionario del sector exportador.	Calibración.
$\bar{\alpha}_d$	0.4981	Participación del trabajo en el precio del insumo compuesto en estado estacionario, sector doméstico.	Calibración.
$\bar{\alpha}_x$	0.3	Participación del trabajo en el precio del insumo compuesto en estado estacionario, sector exportador.	Calibración.
g	0.281	Proporción del gasto público en el PIB.	Datos de INEGI.
$\Omega_{m,va}^d$	0.228	Proporción de las importaciones en el valor agregado del sector doméstico.	Datos de INEGI y Fijii (2010).
$\Omega_{m,va}^x$	1.028	Proporción de las importaciones en el valor agregado del sector exportador.	Datos de INEGI y Fijii (2010).
$\Omega_{I,y}$	0.165	Proporción de la inversión en la producción bruta.	Datos de INEGI.

Capítulo 3

Resultados

En este capítulo se describen los resultados de la investigación. Por propósitos expositivos primero se describe el desempeño del modelo; posteriormente se aborda el cálculo del producto potencial junto con los efectos de la crisis de 2008-2009 sobre éste.

3.1. Desempeño del modelo

Para evaluar el desempeño del modelo resulta necesario observar su comportamiento, por un lado, con respecto a los postulados económicos sobre los que fue construido, y por otro, a la luz de los datos que caracterizan a la economía mexicana. Ambos aspectos se consideran en el análisis de los momentos estadísticos del ciclo económico y en las funciones impulso-respuesta.

3.1.1. Momentos estadísticos del ciclo económico de México

Como es bien documentado en Mendoza (1991), el ciclo económico en economías pequeñas y abiertas exhibe características estadísticas bien definidas. Para el caso específico de México, Aguiar y Gopinath (2007) dan una medida de los momentos empíricos que aquí se toman como referencia para evaluar si el modelo tiene un buen desempeño. El cuadro (3.1) contiene los momentos reportados por Aguiar y Gopinath (columna *Datos*) y los predichos por el modelo que aquí se presenta después de realizar 1000

simulaciones de 90 periodos. La longitud de las simulaciones obedece a que Aguiar y Gopinath utilizan datos para México entre 1980:1 y 2003:2, lo que implica una muestra de 90 observaciones.¹ Puede verse que el modelo replica razonablemente bien los momentos del ciclo económico, con excepción de la volatilidad relativa del consumo.

Cuadro 3.1: Momentos estadísticos del ciclo económico observado y predicho por el modelo

Momento	Datos	Modelo
$\sigma(PIB)$	2.4	2.64
$\sigma(c)/\sigma(PIB)$	1.26	2.30
$\sigma(I)/\sigma(PIB)$	4.15	3.44
$\rho(PIB_t, PIB_{t-1})$	0.83	0.76
$\rho(PIB, c)$	0.92	0.88
$\rho(PIB, I)$	0.91	0.87

Fuente: Aguiar y Gopinath (2007) y elaboración propia.

3.1.2. Funciones impulso-respuesta

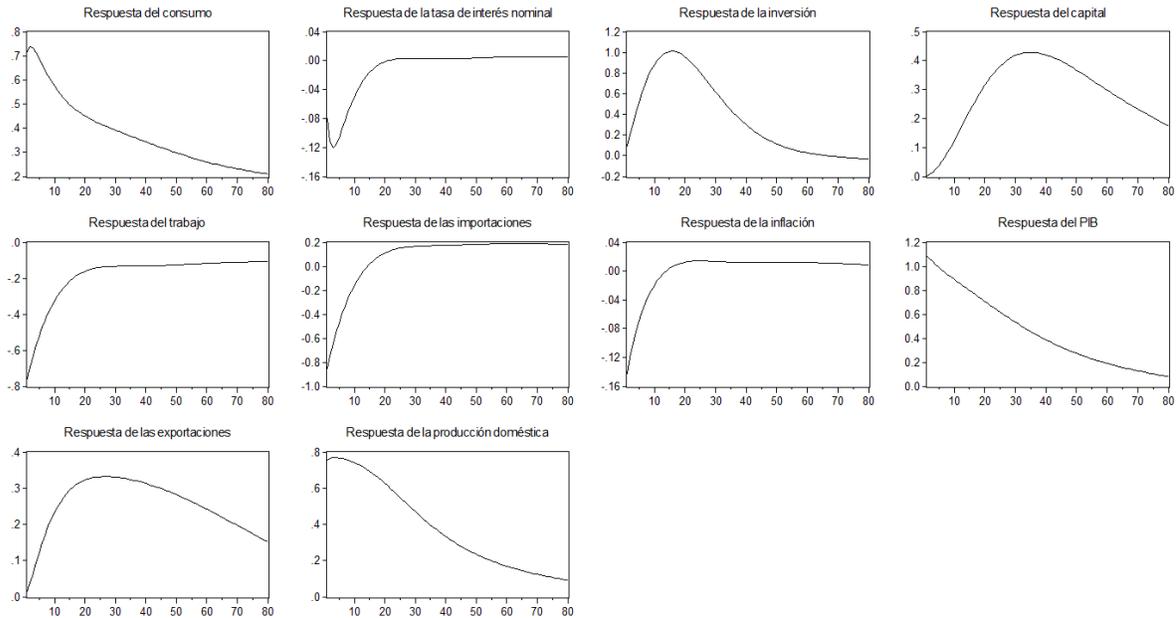
Esta sección muestra los mecanismos de transmisión de un choque positivo de 1% en las variables exógenas de estado (impulso) sobre las principales variables de interés (respuesta), destacando la dirección y la magnitud observadas (también en términos porcentuales). Debe considerarse que cada variable del sistema se encuentra originalmente en su nivel de estado estacionario.

Choque a la productividad

La figura (3.1) contiene las funciones de impuso respuesta para el caso de la tasa de interés nominal, la inversión, el capital, las exportaciones, la inflación doméstica, el consumo, el trabajo, el PIB, la producción doméstica y las importaciones.

¹La caja de herramientas de Uhlig (1995) realiza una simulación de la matriz de choques estocásticos $(\epsilon_t^A, \epsilon_t^g, \epsilon_t^i, \epsilon_t^x, \epsilon_t^{P^m})$ de tamaño 90 y posteriormente, por medio de las matrices estimadas P, Q, R, S y N que resultan de resolver el sistema (2.36)-(2.38) y de valores iniciales x_0, y_0 y z_0 , se calculan

Figura 3.1: Funciones impulso-respuesta ante un choque en la productividad.



Puede verse que un choque positivo de 1% en la productividad incrementa en el mismo periodo a la inversión en aproximadamente la misma magnitud -y en consecuencia, al capital en cerca de 0.4%-, pero desincentiva el trabajo en 0.8% debido a que el efecto ingreso es superior al efecto sustitución.² El choque tecnológico también incide positivamente sobre la producción doméstica, la cual responde en cerca de 0.8%. Por su parte, el incremento de las exportaciones en 0.3% está principalmente explicado por la vía de los insumos de la producción, hecho que, conjugado con una respuesta negativa de 0.8% sobre las importaciones, produce un incremento más que proporcional en el PIB.

Choque al gasto de gobierno

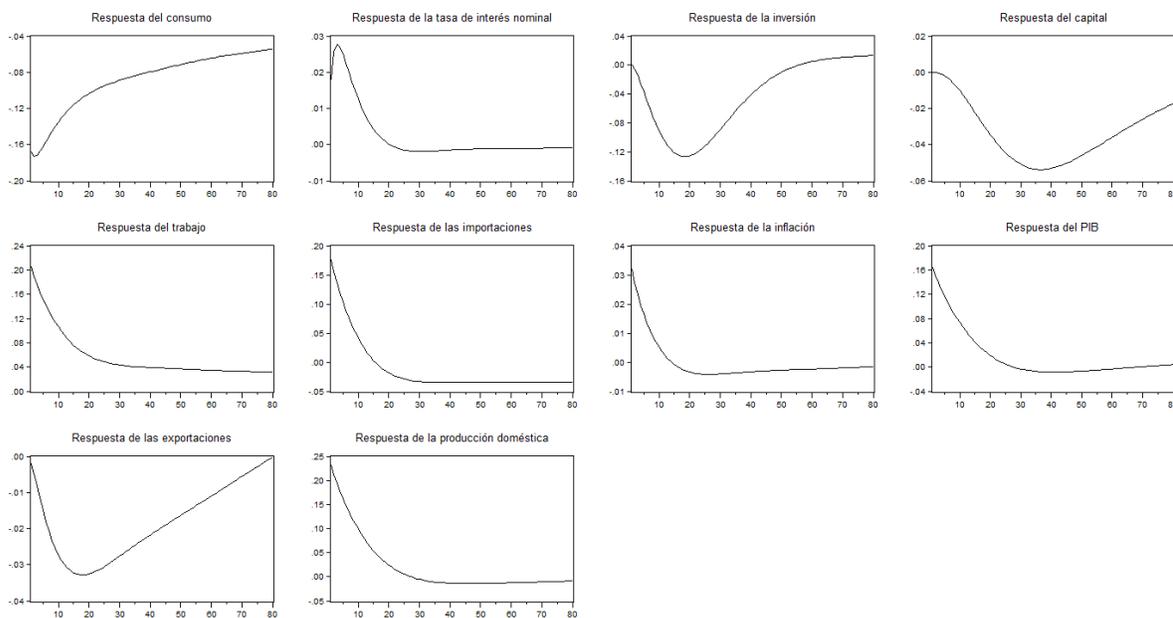
Un choque positivo al gasto de gobierno afecta marginalmente a la tasa de interés nominal, a las exportaciones y a la inflación doméstica (debido al alto nivel de rigideces

recursivamente las trayectorias de los vectores x_t , y_t y $z_t \quad \forall t = 1, \dots, T$.

²La respuesta, relativamente baja, de la inversión ante el choque tecnológico viene explicada principalmente por la forma en que fueron especificados los costos de ajuste a la inversión dentro del modelo (véase la ecuación 2.4).

nominales); sin embargo, destaca el efecto *crowding-out* contemporáneo sobre la inversión de 0.12%. Los efectos más notorios de un aumento inesperado y transitorio en el gasto de gobierno se ven reflejados directamente sobre la producción doméstica en un monto de más de 0.2%, y en consecuencia sobre el PIB en 0.16%. Sin embargo, este efecto es inducido únicamente por el mayor gasto, pues el consumo cae en un monto cercano al 0.16% al momento del choque y se mantiene por debajo de su nivel estacionario de forma persistente. (Véase la figura 3.2).

Figura 3.2: Funciones impulso-respuesta ante un choque en el gasto de gobierno.

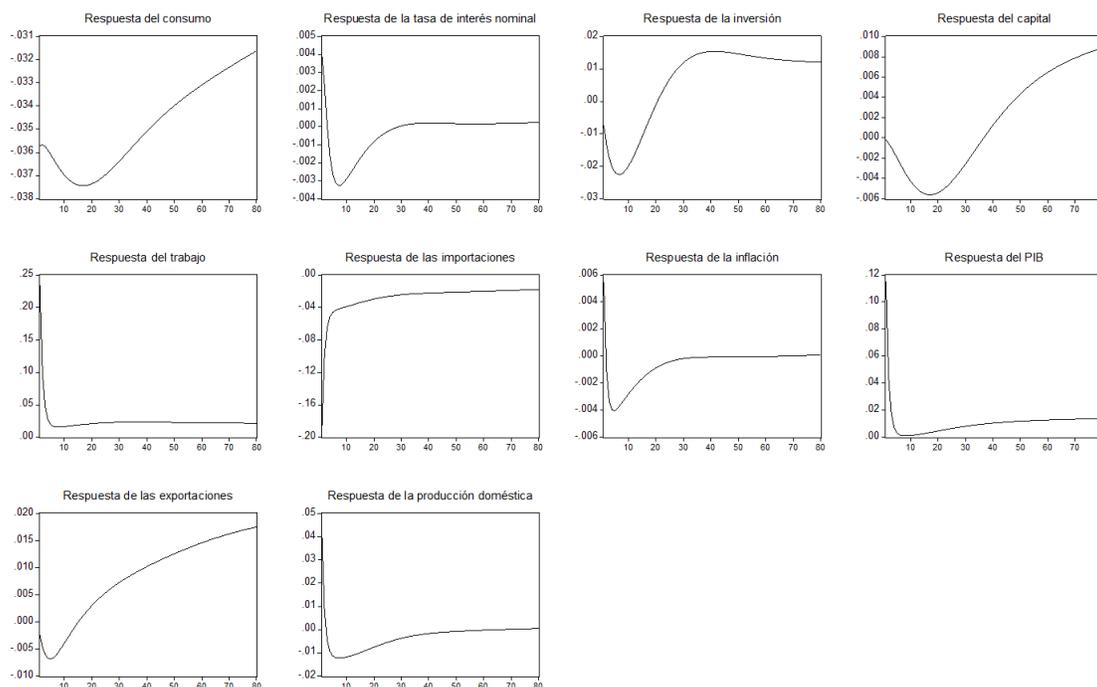


Choque a los precios de las importaciones

El incremento transitorio de los precios de las importaciones tiene un efecto negativo sobre éstas de casi 0.2% en el corto plazo. A mediano plazo, el efecto perdura pero de forma muy débil, haciendo que a largo plazo las importaciones regresen eventualmente a su nivel estacionario. La tasa de interés nominal y la inflación doméstica exhiben respuestas modestas ante el choque. Por su parte, el consumo sufre una caída cercana al 0.04%, aunque el efecto sobre la producción doméstica resulta positivo pero modesto, y de mayor consideración en el caso del PIB debido al aumento notable del trabajo. Las

exportaciones, a pesar de mostrar una respuesta también poco significativa, tienen un comportamiento contrario a la dirección del choque debido a su componente importado. (Véase la figura 3.3).

Figura 3.3: Funciones impulso-respuesta ante un choque al precio de las importaciones.

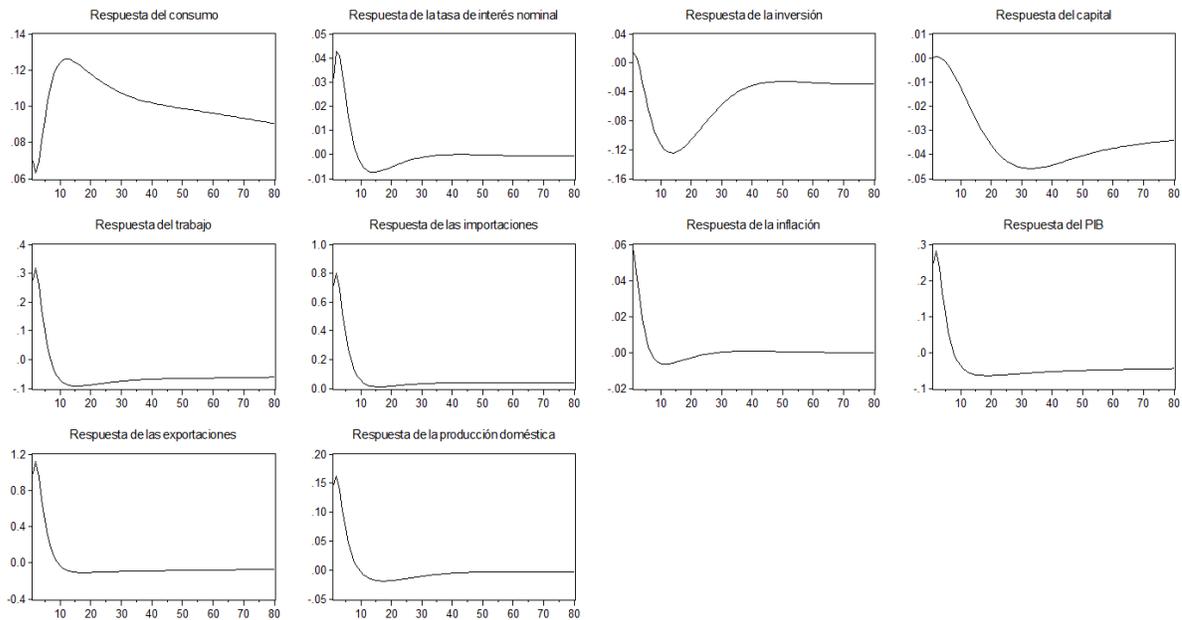


Choque a la demanda de exportaciones

Un choque transitorio sobre la demanda de exportaciones ejerce una influencia leve sobre la inversión y la producción doméstica (en el primer caso de -0.12% y en el segundo de 0.15%); no así en lo que se refiere a la producción del sector exportador, cuya respuesta es proporcional. El efecto que experimenta el consumo también es discreto (0.12% , aproximadamente). Destaca que el PIB reacciona de forma positiva, aunque moderada (menos de 0.3%). Este efecto es un aspecto que se busca capturar, y que brinda sustento a una de las principales conjeturas de este trabajo: que el principal mecanismo de transmisión de la crisis de 2008-2009 fue la demanda de exportaciones. Cabe destacar que, aunque la respuesta del PIB al choque en la demanda de exportaciones en el modelo se vislumbra relativamente baja, habría que considerar que las

exportaciones cayeron aproximadamente 15% entre el último trimestre de 2008 y el primero de 2009. Además, este efecto fue sólo uno de muchos que pudieron observarse desde que la economía norteamericana comenzó a desacelerarse en 2007. (Ver figura 3.7).

Figura 3.4: Funciones impulso-respuesta ante un choque en la demanda de exportaciones.



La importancia del choque a la demanda de exportaciones puede contextualizarse con la ayuda de la figura (3.5). Para construirla, se hace el supuesto de que el PIB se encuentra en su nivel estacionario en 2008:4, y a partir de ese momento se simula una serie de choques sobre la demanda de exportaciones con base en datos provenientes del Sistema de Cuentas Nacionales y la especificación de la ecuación A.25 (véase cuadro 3.2).

³ Puede verse que la caída del PIB predicha por el modelo tiene un alcance razonable, pues explica cerca del 51% de la pérdida acumulada en la producción observada entre 2009:1 y 2009:4, periodo en el que la crisis tuvo su mayor impacto. ⁴

El mismo ejercicio se realiza con datos sobre los precios de las importaciones para

³El cálculo de la serie de choques se describe con detalle en la sección (3.2.2).

⁴La pérdida acumulada es la suma de las diferencias entre el PIB filtrado y el PIB observado en cada trimestre de 2009.

saber en qué medida los choques sobre éstos explican la caída observada en la producción durante todo el 2009 (cuadro 3.2).⁵ La figura (3.6) muestra que, contrario al caso de las exportaciones, los choques a los precios de las importaciones tienen poco poder explicativo con respecto a lo observado en los datos sobre el PIB. Esta evidencia es la que permite centrar los esfuerzos en los choques a las exportaciones y en el gasto público, éstos últimos motivados por el interés de analizar los efectos de las acciones contra cíclicas emprendidas por el gobierno mexicano ante la crisis.

Cuadro 3.2: Choques que afectan al PIB observado

Periodo	Demanda de exportaciones	Precios de las importaciones
	Porcentaje	
2008:4	-13.45	-2.89
2009:1	-12.08	-6.16
2009:2	-10.78	0.09
2009:3	-3.75	-0.43
2009:4	0.81	-1.83
2010:1	3.80	-1.60
2010:2	6.34	2.54
2010:3	4.10	-0.21
2010:4	1.39	0.69

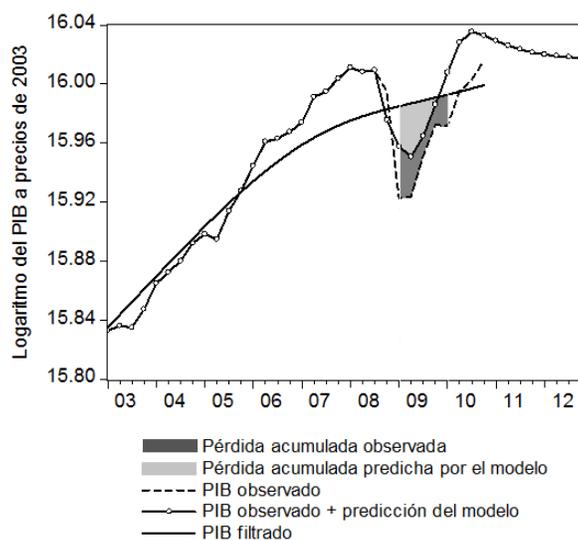
Elaboración propia con datos del INEGI.

3.2. Impacto de la crisis de 2008-2009 sobre la producción potencial

Para analizar el efecto de la crisis de 2008 sobre la producción potencial, es preciso contar con dos ingredientes básicos. Primero, una medida de la producción potencial derivada a partir del modelo, y segundo, un estimador de la magnitud de los impactos

⁵ El cálculo del precio de las importaciones se realizó como en la sección (2.2), utilizando el deflactor de las importaciones junto con el tipo de cambio promedio trimestral entre 2006:2 y 2010:4.

Figura 3.5: Caída predicha por el modelo ante un choque en exportaciones.



Fuente: elaboración propia con datos del INEGI.

registrados durante la crisis de 2008-2009 en variables clave, que en este caso son las exportaciones y el gasto público. Ambos aspectos se abordan a continuación.

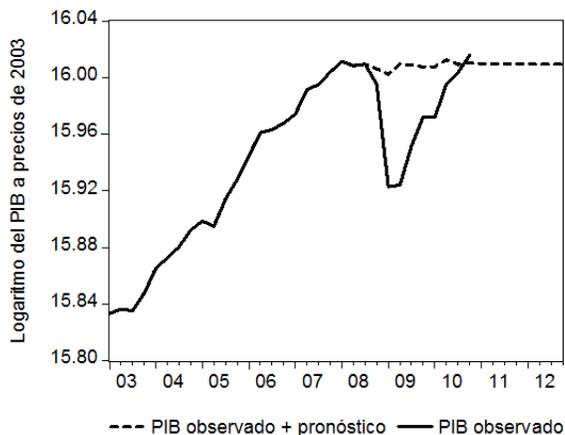
3.2.1. Estimación la producción potencial

Haciendo referencia a la sección (1.6.1), aquí se obtiene una medida de la producción potencial siguiendo la metodología de Neiss y Nelson (2001).

En este caso, la solución del modelo bajo precios flexibles equivale a imponer, para cada periodo, que las empresas de bienes intermedios fijen sus precios basándose únicamente en un margen de ganancia constante sobre el costo marginal. Es decir, en el esquema de fijación de precios a la Calvo se tiene el caso límite en el que $\gamma \rightarrow 0$. Además, se asume que no existen choques monetarios.

Una vez resuelto el modelo bajo precios flexibles, éste se simula 10,000 veces para obtener las series de la producción (potencial), la tecnología, el gasto de gobierno, la demanda de exportaciones y los precios de las importaciones, cada una con 500 observaciones. La longitud de las series obedece a la necesidad de tener una muestra grande para evitar problemas de grados de libertad al momento de incluir los rezagos

Figura 3.6: Caída predicha por el modelo ante un choque en el precio de las importaciones.



Fuente: elaboración propia con datos de SHCP.

de cada variable en la regresión:

$$\begin{aligned}
 y_t^p &= \beta_1^a a_t + \dots + \beta_{12}^a a_{t-12} + \beta_1^g g_t + \dots + \beta_{12}^g g_{t-12} \\
 &+ \beta_1^x x_t + \dots + \beta_{12}^x x_{t-12} + \beta_1^{pm} P_t^{m*} + \dots + \beta_{12}^{pm} P_{t-12}^{m*} + \epsilon_t
 \end{aligned} \tag{3.1}$$

Por otra parte, los resultados de la regresión anterior se enlistan en el cuadro (3.3), de donde pueden recuperarse dos aspectos relevantes.⁶

Primeramente, la significatividad de $\{\hat{\beta}_4^a, \hat{\beta}_7^a, \hat{\beta}_{10}^a, \hat{\beta}_2^g, \hat{\beta}_4^x, \hat{\beta}_6^x, \hat{\beta}_8^x, \hat{\beta}_{10}^x\}$ implica que los choques a la productividad y a la demanda de exportaciones exhiben un nivel importante de persistencia, no así en el caso de los choques al gasto de gobierno y a los precios de las importaciones (de hecho, este último ni siquiera resultó tener un impacto contemporáneo sobre el PIB potencial). Por lo tanto, un primer resultado que se deriva a partir de estas estimaciones es que, si bien un choque unitario sobre el gasto público tiene una mayor influencia sobre el PIB potencial contemporáneo al que tendría un choque unitario en la demanda de exportaciones, su persistencia es mucho menor. En

⁶ Los datos reportados en el cuadro (3.2) muestran sólo los estimadores significativos que resultaron de aplicar el método “de lo general a lo particular”. La regresión se corrió con 12 rezagos en cada variable debido a que la diferencia entre el PIB filtrado por HP y la producción observada fue mínima en 2005:4, es decir, 12 periodos antes del inicio de la crisis.

Cuadro 3.3: Resultados de la regresión

Variable dependiente: y_t^{pot}

	Coef.		Coef.		Coef.		Coef.
a_t	1.424	a_{t-7}	0.083	g_{t-2}	-0.0507	x_{t-6}	-0.0532
	[0.048]**		[0.0395]**		[0.0167]**		[0.0165]**
a_{t-1}	0.0917	a_{t-10}	0.1875	x_t	0.0419	x_{t-8}	-0.057
	[0.054]*		[0.030]**		[0.0158]**		[0.0164]**
a_{t-4}	0.0679	g_t	0.0747	x_{t-4}	-0.0462	x_{t-10}	-0.0682
	[0.0387]**		[0.0167]**		[0.0163]**		[0.0164]**
N	500		R^2		0.97		

Errores estándar en [].

** Significativo al 5%.

* Significativo al 10%.

Nota: los coeficientes asociados al precio de las importaciones no fueron significativos

segundo lugar, puesto que (3.1) se ha estimado con las variables en su versión logarítmica, los estimadores de los regresores son directamente interpretables como elasticidades. Esto es particularmente útil debido a que el valor de los estimadores, combinado con la magnitud de los impactos observados antes, durante y después de la crisis de 2008-2009 (particularmente sobre la demanda de exportaciones y sobre el gasto de gobierno), representarán el impacto de la crisis sobre la producción potencial.

3.2.2. Magnitud de los impactos

Como ya se ha mencionado, una de las hipótesis secundarias de este trabajo es que el principal canal por el cual la crisis global de 2008-2009 se propagó hacia la economía mexicana fue el sector exportador. Por lo tanto, en esta sección se calcula la serie de choques que afectaron a la demanda de exportaciones a partir de la crisis. Además, se estima la magnitud de las acciones de política fiscal implementadas por el gobierno mexicano como respuesta a dichos choques.

Cálculo de los choques

De acuerdo con la metodología de Neiss y Nelson (2001), en cada periodo el producto potencial responde a los choques, tanto contemporáneos como previos, sobre las variables exógenas de estado. En consecuencia, las series construidas de los choques que afectan al producto potencial pueden descomponerse en dos grupos: los *choques previos* y los *choques posteriores* a la crisis. Para mantener una metodología coherente con los resultados de la regresión (3.1), los *choques previos* se calculan de 2006:2 a 2008:3, es decir, 10 periodos antes del inicio de la crisis. Por su parte, se consideran como *posteriores* a los choques que se suscitaron a partir del inicio de la crisis, en 2008:4. Estos últimos ayudarán a establecer qué pudo haber sucedido con la producción potencial a partir de ese momento.

La forma de calcular los choques se detalla puntualmente a continuación:

1. Se establece el supuesto de que al inicio de la crisis (2008:4), la economía se encontraba en su nivel de estado estacionario.
2. Utilizando las ecuaciones (A.25) y (A.23) del apéndice se tiene que,

$$\epsilon_t^x \approx \tilde{x}_t^* - \rho_x \tilde{x}_{t-1}^* \quad (3.2)$$

$$\epsilon_t^g \approx \tilde{g}_t - \rho_g \tilde{g}_{t-1}, \quad (3.3)$$

lo cual brinda expresiones para los choques sobre la demanda de exportaciones y la proporción del gasto público al PIB en cada periodo t , respectivamente.⁷

3. Puesto que en el modelo se definen $\tilde{x}_t^* := \log(x_t^*) - \log(\bar{x}^*)$ y $\tilde{g}_t := \log(g_t) - \log(\bar{g})$, es posible estimar a estas variables por medio de la diferencia entre los valores observados en los datos y su valor filtrado por HP, ambos en términos logarítmicos.

8

⁷Los choques sobre los precios de las importaciones utilizados en la sección (3.1.2) se calcularon con la misma metodología pero utilizando la ecuación (A.26) del anexo: $\epsilon_t^{P^m} \approx \tilde{P}_t^{m*} - \rho_{P^m} \tilde{P}_{t-1}^{m*}$.

⁸Para el caso de las exportaciones, se utilizan datos de cuentas nacionales entre 2006:2 y 2010:4,

4. Finalmente, con la estimación de $\{\rho_x, \rho_g, \tilde{x}_t^*, \tilde{g}_t\}$ y utilizando (3.2) y (3.3) se obtienen los valores de ϵ_t^x y ϵ_t^g para cada periodo t , respectivamente.

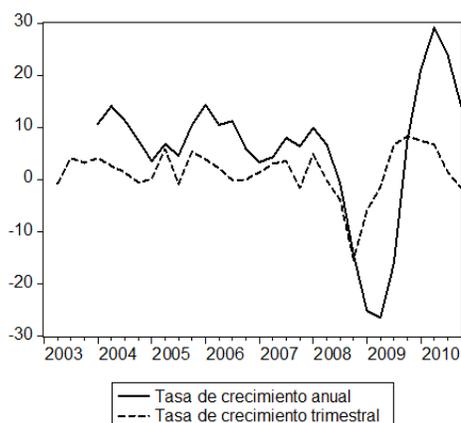
Los choques estimados se presentan en el cuadro (3.4), en donde se clasifican como choques *previos* y *posteriores*, mientras que a continuación se mencionan algunos aspectos relevantes:

1. Si bien la reciente crisis económica encontró su detonante hacia finales de 2008, la figura (3.7) provee evidencia de que la tasa de crecimiento de las exportaciones comenzó a caer desde 2007, lo que implica que los efectos de la desaceleración en Estados Unidos se dejaron sentir en el sector real de la economía mexicana desde ese año por medio de la demanda de exportaciones. La metodología de Neiss y Nelson (2001) permite tomar ventaja de este hecho al momento de estimar los choques que inciden directamente sobre la producción potencial.
2. Otro factor de interés para la evolución futura de la producción potencial son las acciones de política fiscal tomadas para hacer frente al impacto de la crisis. Estas acciones están representadas principalmente por el Programa de Apoyo a la Economía y al Empleo (PAEE), el Programa para Impulsar el Crecimiento y el Empleo (PICE) y el Acuerdo Nacional a Favor de la Economía Familiar y el Empleo, presentados en marzo y octubre de 2008, y en enero de 2009, respectivamente. Cabe mencionar que, aun cuando el gobierno mexicano dejó ver con estos programas que perseguía una postura contra cíclica, el gasto como proporción del PIB sólo se incrementó en aproximadamente 2.4 % durante todo el 2009.⁹

base 2003. Para la proporción del gasto público total en el PIB, se siguió el mismo procedimiento descrito en la sección (2.2), utilizando la serie del gasto público neto pagado entre 2006 y 2010 y como variable auxiliar el consumo de gobierno entre 2006:1-2010:4.

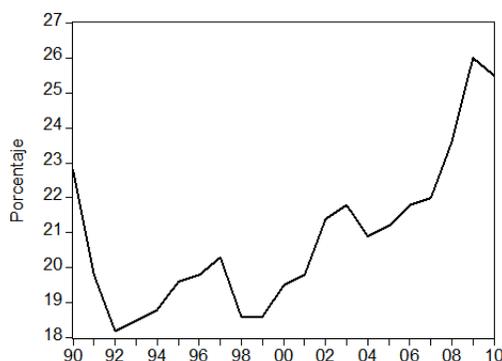
⁹Esta variación en el gasto público se calculó como el cambio en el gasto neto presupuestario con respecto al PIB entre 2008 y 2009, con datos de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público.

Figura 3.7: Tasa de crecimiento de las exportaciones (datos desestacionalizados).



Fuente: INEGI.

Figura 3.8: Gasto público como proporción del PIB.



Fuente: INEGI.

3.2.3. El impacto esperado de la crisis

Con la información condensada en los cuadros (3.3) y (3.4) es posible estimar el impacto de la crisis sobre el PIB potencial. En virtud de que los coeficientes reportados en el cuadro (3.3) son interpretables como elasticidades y los choques contenidos en el cuadro (3.4) están dados en términos porcentuales, el producto del choque y el estimador representa el impacto sobre la producción potencial en cada periodo.

Por otra parte, debido a que la ecuación (3.1) se verifica en cada periodo, es posible evaluar cómo la producción potencial responde ante el impacto acumulado de los choques pasados hasta ese momento. Para ser más preciso, supóngase que se quiere medir el impacto que el choque a la demanda de exportaciones hubiera tenido sobre la

Cuadro 3.4: Choques que afectan al PIB potencial

Choques previos			Choques posteriores*		
	Gasto público (**)	Demanda de exportaciones (***)		Gasto público (**)	Demanda de exportaciones (***)
Periodo	Porcentaje		Periodo	Porcentaje	
2006:2	-0.0092	3.0668	2008:4	2.0835	-13.4480
2006:3	-0.3629	1.3125	2009:1	2.4100	-12.0815
2006:4	-0.7587	0.8458	2009:2	1.2519	-10.7765
2007:1	-1.1789	1.7436	2009:3	0.1718	-3.7527
2007:2	-0.7924	3.6878	2009:4	-0.9861	0.8097
2007:3	-0.3910	5.3526	2010:1	-2.2663	3.7974
2007:4	0.0204	1.6282	2010:2	-2.0933	6.3427
2008:1	0.5173	7.0169	2010:3	-1.8312	4.0958
2008:2	1.0682	4.1967	2010:4	-1.6192	1.3887
2008:3	1.6532	0.1890			

*Incluye el inicio de la crisis.

Fuente: elaboración propia con datos de SHCP (**) e INEGI (***).

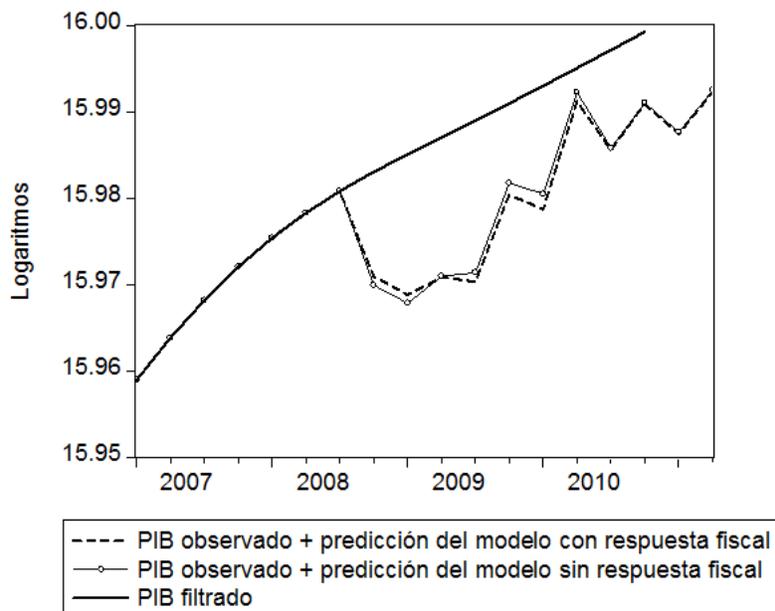
producción potencial en 2009:2. Los resultados del cuadro (3.3) implican que, además del impacto contemporáneo, los choques a las exportaciones registrados en 2008:2, 2007:4, 2007:2 y 2006:4 también deben ser considerados. Bajo este razonamiento se construye la evolución que la producción potencial habría tenido a partir del inicio de la crisis y hasta 2010:4, que es hasta donde se tienen datos disponibles.¹⁰ La figura (3.9) muestra la senda estimada que el PIB potencial habría seguido a partir del cuarto trimestre de 2008, en donde también se incluye el efecto de las acciones de política fiscal implementadas por el gobierno mexicano como respuesta a la crisis.¹¹

Destaca que la caída más pronunciada en el PIB potencial (1.3%) se observa en 2009:1, cuando el PIB observado también tocó fondo. Por otro lado, la brecha entre el PIB potencial estimado por el modelo y el PIB filtrado por HP estándar prácticamente

¹⁰Nótese que este método es distinto al utilizado para construir la evolución de la producción observada a raíz de la crisis (figura 3.5). Si bien se utiliza la misma serie de choques como impulsos, la respuesta de la producción observada se estima a partir de las funciones de política del modelo (ecuaciones 2.36 - 2.38).

¹¹Se asume que en 2008:3 el PIB potencial de corto y largo plazo son iguales, donde este último se aproxima como el PIB filtrado por HP estándar.

Figura 3.9: Caída en el PIB potencial ante la reducción en las exportaciones



Estimación con datos del INEGI y SHCP.

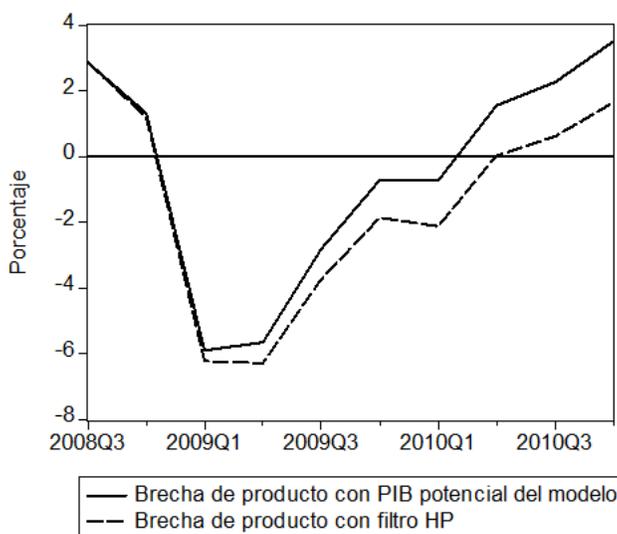
se cierra hacia 2010:1, cuando es tan sólo de 0.032 %. La figura (3.9) también sugiere que las acciones de política fiscal contra cíclicas pudieron haber tenido un efecto nulo sobre la producción potencial. Si bien entre 2008:4 y 2009:2 se observa un efecto positivo, éste resulta marginal en virtud de que la caída estimada considerando la respuesta de política fue de (1.2 %). Más aún, la respuesta fiscal habría inducido un efecto negativo trimestral de 0.1 % en promedio sobre el PIB potencial a partir de 2009:3, que presumiblemente sería producto del efecto *crowding out* que el gasto impone sobre la inversión, y en consecuencia sobre el capital (figura 3.2).

3.2.4. Implicaciones de política

Los resultados de la sección (3.2.3) sugieren que los criterios bajo los cuales se diseña la política económica deberían incorporar la evolución de la producción potencial a partir del inicio de la crisis. En particular, la estimación de la brecha de producto podría enriquecerse con la incorporación de la información condensada en la figura (3.9). La figura (3.10) considera esta motivación, mostrando el cálculo de la brecha de

producto estándar (es decir, la estimación de la ecuación (1.1) utilizando el filtro HP) y la brecha de producto utilizando la estimación de la producción potencial de la sección (3.2.1).¹² Debido a que desde el punto de vista nuevo keynesiano la brecha de producto es una medida del grado de rigideces nominales en la economía, resulta natural que ésta se cierre a un ritmo más rápido que la brecha estándar. La implicación es, por tanto, que las acciones de política deberían considerar que la brecha es menor en cada periodo debido a que la crisis también tuvo un efecto negativo sobre la producción potencial en el corto plazo.

Figura 3.10: Brecha de producto



Estimación con datos del INEGI y SHCP.

¹²Nuevamente se supone que el filtro HP del PIB y la medida de la producción potencial bajo precios flexibles son iguales en 2008:3.

Capítulo 4

Conclusiones

En este trabajo se ha estimado una adaptación del modelo de dos sectores presentado por Jakab y Világi (2010), utilizando datos de la economía mexicana para el periodo 1980 - 2007. El modelo permite capturar uno de los aspectos más importantes de la economía mexicana: su alto grado de sincronización con respecto al ciclo económico norteamericano por la vía del sector externo.

Este modelo replica razonablemente bien varios momentos estadísticos del ciclo económico de México, con excepción de la volatilidad relativa del consumo.

Por otra parte, las funciones de impulso-respuesta se comportan conforme a las predicciones de la teoría económica. En este sentido, su uso permite proveer evidencia a favor de que el principal mecanismo de transmisión de la crisis fue el sector exportador, una de las hipótesis secundarias de esta investigación. Más específicamente, haciendo uso de las funciones de política (ecuaciones 2.36-2.38), de la ecuación (A.25) y de datos de cuentas nacionales se encuentra que el modelo predice aproximadamente el 51 % de la pérdida acumulada en la producción observada en 2009.

La estimación de la producción potencial de corto plazo se realizó a partir de la metodología propuesta por Neiss y Nelson (2001), que consiste en obtener una expresión para la producción potencial en términos de las variables exógenas de estado. Los resultados sugieren que los choques tecnológicos y a la demanda de exportaciones son los principales determinantes de la producción potencial en toda la muestra, tanto en

magnitud como en persistencia. Por su parte, el efecto de la política fiscal es importante al momento del choque pero no es duradero.

El cálculo de la magnitud de los choques permitió observar una fuerte caída en la demanda de exportaciones y una respuesta moderada por parte de la política fiscal. En su conjunto, los resultados encontrados sugieren que la caída en la demanda de exportaciones implicó una pérdida cercana al 1.3 % en el producto potencial al momento del choque, mientras que la política fiscal aportó una ganancia contemporánea de 0.01 %.

Finalmente, cuando se analiza la senda que habría tomado la producción potencial a partir de 2009:1, se vislumbra una recuperación hacia el primer trimestre de 2010, lo que sugeriría que el impacto de la crisis de 2008-2009 no habría sido de largo alcance en términos de producción potencial, ubicando a la economía mexicana en un contexto similar al descrito por la figura (1.2) del capítulo 1. Este resultado es consistente con el hecho de que el impacto de la crisis fue inducido mayoritariamente por un choque transitorio en la demanda de exportaciones, no por factores que pudieran generar cambios estructurales o reacomodos sectoriales, lo que sin duda habría traído efectos de mayor alcance.

Bibliografía

- [1] Aguiar, M. y G. Gopinath (2007). “Emerging Market Business Cycles: The Cycle is the Trend.”, *Journal of Political Economy*, vol. 115, pp. 69-102.
- [2] Antón, A. (2010). “The End-of-Sample Problem in Output Gap Estimates.” *Economía Mexicana NUEVA EPOCA*, vol. XIX (1), pp. 5-29, Enero-J.
- [3] Antón, A. (2009). “Efectos del Ciclo Económico en EE.UU. sobre la Producción y el Empleo en México”. Documento de Trabajo CIDE SDE 456.
- [4] Aiginger, K. (2009). “The Current Economic Crisis: Causes, Cures and Consequences. ” WIFO Working Papers 341.
- [5] Ahumada, H. y M.L. Garegnani (1999). “Hodrick-Prescott Filter in Practice.” Departamento de Economía, Universidad Nacional de La Plata, Buenos Aires, Argentina, Abril.
- [6] Basu, S. y J. Fernald (2009). “What do we know (and not know) about potential output?.” Review, Federal Reserve Bank of St. Louis, issue Jul, pp. 187-214.
- [7] Bruchez, P. (2003). “A Modification of the HP Filter Aiming at reducing the end point bias.” Working Paper 2003/3 of the Group of Economic Advisors to the Federal Finance Administration.
- [8] Carlin, W. y Soskice, D. (1990). *Macroeconomics and the Wage Bargain: A modern Approach to Employment, Inflation, and the Exchange Rate*. Oxford University.

- [9] Cerra, V. y S. Chaman, (2005). “Alternative Methods of Estimating Potential Output and the Output Gap: An Application to Sweden.” International Monetary Fund Institute. IMF Working Paper WP/00/59.
- [10] Cerra, V. y S. Chaman, (2005). “Growth Dynamics: The Myth of Economic Recovery.” International Monetary Fund Institute. IMF Working Paper WP/05/147.
- [11] Chow, G. y A. Lin, (1971). “Best linear unbiased interpolation, distribution and extrapolation of time series by related series”. *Review of Economics and Statistics*, 53, 372-375.
- [12] Comin, D., N. Loayza, F. Pasha y L. Servén, (2009). “Medium Term Business Cycles in Developing Countries.” NBER Working Papers 15428, National Bureau of Economic Research.
- [13] DeSerres, A., A. Guay y P. St-Amant, (1995). “Estimating and Projecting Potential Output Using Structural VAR Methodology: The Case of Mexican Economy.” Bank of Canada, Working Paper 95-2.
- [14] Epstein, N. y Macchiarelli, C. (2010). “Estimating Poland’s Potential Output: A Production Function Approach.” IMF Working Papers 10/15, IMF.
- [15] European Commission (2005). “Benchmarking techniques in the Spanish Quarterly National Accounts.” Directorate-General for Economic and Financial Affairs. *Economic Papers*, 247.
- [16] European Commission (2006). “Calculating potential growth rates and output gaps. A revised production function approach.” Directorate-General for Economic and Financial Affairs. *Economic Papers*, 247.
- [17] European Commission (2009). “Impact of the Current Economic and Financial Crisis on Potential Output.” Directorate-General for Economic and Financial Affairs. *Occasional Papers*, 49.

- [18] Faal, E. (2005). "Crecimiento del PIB, Producto Potencial y Brechas del Producto en México". International Monetary Fund Institute. IMF Working Paper WP/05/93.
- [19] Farías, C., Elías Gutiérrez y Pablo Mejía (2006). "La Sincronización de los Ciclos Económicos de México y Estados Unidos". *Investigación Económica*, Vol. LXV, 258, octubre, pp. 15-45.
- [20] Fujii, G. (Mayo, 2010). "Crecimiento liderado por las exportaciones o por el mercado interno (Análisis con base en la economía mexicana)". Conferencia presentada en la XII Reunión de Economía Mundial, Santiago de Compostela.
- [21] Furceri, D. y Mourougane (2009). "The Effect of Financial Crises on Potential Output: New Empirical Evidence from OECD Countries." OECD Economics Department Working Papers, Núm. 699.
- [22] García-Cicco, J. (2010). "Estimating Models for Monetary Policy Analysis in Emerging Countries." Documento de trabajo 561, Banco Central de Chile.
- [23] Harvey, A. y Jaeger, A. (1993). "Detrending, stylised facts and the business cycle." *Journal of Applied Econometrics*, 8, 231-247.
- [24] Haugh, D., Ollivard, Patrice y Turner, D., (2009). "The Macroeconomic Consequences of Banking Crises in OECD Countries." OECD Economics Department Working Papers, Núm. 683.
- [25] Hernández, K. (2009). "The role of relative prices in a generalized new keynesian Phillips curve." *Econoquantum*, vol. 5, núm. 1. 36-59.
- [26] Hodrick, R., y E. Prescott (1997). "Post-War U.S. Business Cycles: An Empirical Investigation." *Journal of Money, Credit, and Banking*, 29 (1), 1-16.
- [27] Ireland, P. (2010). "A New Keynesian Perspective on the Great Recession," NBER Working Papers 16420, National Bureau of Economic Research, Inc.

- [28] Jakab, Z. y B. Világi (2010). “Optimal simple monetary policy rules and welfare in a DSGE Model for Hungary.” Working Paper 2010/4, MNB.
- [29] Loayza, N. y L. Palacios (1997). “Economic reform and progress in Latin America and the Caribbean.” Policy Research Working Paper Series 1829, The World Bank.
- [30] Loria, E. y Ramos, A. (2008). “Producto Potencial y Ciclos Económicos en México, 1980.1 - 2006.4.” *Estudios Económicos*, 2008, vol.23, núm. I, pp. 25-47.
- [31] Lucas, R. (1976), “Econometric Policy Evaluation: A Critique”, en Brunner, K. y Meltzer, A. (Eds.), *The Phillips Curve and Labor Markets*, Supplementary Series to the Journal of Monetary Economics, pp. 19-46. North-Holland, Amsterdam.
- [32] Martínez, L. Sánchez, O. y Werner, A. (2001). “Consideraciones sobre la Conducción de la Política Monetaria y el Mecanismo de Transmisión en México”. Documento de investigación 2001-02, Dirección General de Investigación Económica, Banco de México.
- [33] Mise, E., T. Kim y P. Newbold, (2005). “On suboptimality of the Hodrick-Prescott filter at time series endpoints.” *Journal of Macroeconomics*, 27, (2005) 53-67.
- [34] Neiss, K. y E. Nelson (2002). “Inflation dynamics, marginal cost, and the output gap: evidence from three countries.” Federal Reserve Bank of San Francisco, issue Mar.
- [35] Neiss, K. y E. Nelson (2001). “The real interest rate gap as an inflation indicator.” Bank of England working papers 130, Bank of England.
- [36] Nelson, C. y Plosser, C. (1982). “Trends and Random Walks in Macroeconometric Time Series. Some Evidence and Implications.” *Journal of Monetary Economics*, Septiembre 10(2). 139-62.
- [37] Ocegueda, J. (2006). *La Restricción Externa al Crecimiento Económico de México. El Impacto de las Reformas Estructurales*. Mexicali, Universidad Autónoma de Baja California, 2006, 205 pp.

- [38] Razzak, W. y Dennis, R. (1999). “The output gap using the Hodrick-Prescott filter with a non-constant smoothing parameter: an application to New Zealand.” Discussion paper G95/8, Reserve Bank of New Zealand, Wellington.
- [39] Ramos-Francia, M. y A. Torres, (2006). “Dinámica de la Inflación en México: Una Caracterización Utilizando la Nueva Curva de Phillips”. Banco de México. Working Paper 2006-15.
- [40] Reinhart, C. y K. Rogoff, (2009). “The Aftermath of Financial Crises.” *American Economic Review* 99 (mayo), 466-472.
- [41] Santos, J. y Cardoso, F. (2001) “The Chow-Lin method using dynamic models”. *Economic Modelling*, vol. 18, p. 269-280.
- [42] Schlicht, E. (2004). “Estimating the Smoothing Parameter in the So-Called Hodrick-Prescott Filter.” *Discussion Papers in Economics* 304, University of Munich, Department of Economics.
- [43] Taylor, J. (1993). “Discretion versus Policy Rules in Practice.” *Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy*, 39, Diciembre, 195-214.
- [44] Tovar, C. (2006). “An analysis of devaluations and output dynamics in Latin America using an estimated DSGE model”, manuscrito, Bank for International Settlements.
- [45] Uhlig, H. (1995). “A toolkit for analyzing nonlinear dynamic stochastic models easily.” *Discussion Paper* 1995-97, Tilburg University, Center for Economic Research.
- [46] World Bank (2006). “The Hodrick-Prescott Filter.” *Knowledge Brief for Bank Staff*, The WorldBank, Washington DC.
- [47] Yakhin, Y. (2001). “Business Cycle Fluctuations and the Hodrick- Prescott Filter.” Department of Economics, Ben-Gurion University.

Apéndice A

El sistema estacionario y loglineal

A.1. El sistema en estado estacionario

$$\begin{aligned}
 (1) \quad \bar{P}^{m*} &= P \\
 (2) \quad \bar{e} &= 1 \\
 (3) \quad \bar{i} &= \frac{1}{\beta} - 1 \\
 (4) \quad \bar{r}^k &= \frac{1}{\beta} - 1 + \delta \\
 (5) \quad \bar{Q} &= 1 \\
 (6) \quad \bar{A} &= 1 \\
 (7) \quad \bar{w}^{zs} &= \left[\frac{\left(\frac{\theta-1}{\theta}\right)^{1-\rho} - \bar{\alpha}_s (\bar{r}^k)^{1-\rho}}{1 - \bar{\alpha}_s} \right]^{\frac{1}{1-\rho}}, \quad s = d, x \\
 (8) \quad \bar{w} &= \left[\frac{(\bar{w}^{zd})^{1-\rho z} - \bar{a}_d}{1 - \bar{a}_d} \right]^{\frac{1}{1-\rho z}} \\
 (9) \quad \Omega_y &:= \bar{a}_d \left(\frac{\bar{w}^{zd}}{\bar{w}} \right)^{\rho z} (1 - \bar{\alpha}_d) (1 + f_d) \left(\frac{\theta-1}{\bar{w}^{zd}} \right)^\rho \\
 &\quad + \kappa \bar{a}_x \left(\frac{\bar{w}^{zx}}{\bar{w}} \right)^{\rho z} (1 - \bar{\alpha}_x) (1 + f_x) \left(\frac{\theta-1}{\bar{w}^{zx}} \right)^\rho \\
 (10) \quad \bar{y}^d &= \left(\frac{\bar{w}^{\frac{1}{\sigma}}}{\Omega_y^{\frac{\sigma}{\sigma+1}} [1 - \Omega_{I,y}(1+\kappa) - g(1+\kappa)]} \right)^{\frac{\sigma}{\sigma+1}} \\
 (11) \quad \bar{m}^d &= \frac{\bar{y}^d \Omega_{m,va}^d}{1 + \Omega_{m,va}^d} \\
 (12) \quad \bar{m}^x &= \frac{\bar{y}^d \kappa \Omega_{m,va}^x}{1 + \Omega_{m,va}^x} \\
 (13) \quad \bar{m} &= \bar{m}^d + \bar{m}^x \\
 (14) \quad \bar{x} &= \bar{m} \\
 (15) \quad \bar{y}^x &= \bar{x}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
(16) \quad \bar{z}^d &= (1 - \bar{\alpha}_d) \left(\frac{\theta-1}{\bar{w}^z d} \right)^\rho \bar{y}^d (1 + f_d) \\
(17) \quad \bar{z}^x &= (1 - \bar{\alpha}_x) \left(\frac{\theta-1}{\bar{w}^z x} \right)^\rho \kappa \bar{y}^d (1 + f_x) \\
(18) \quad \bar{k}^d &= \bar{\alpha}_d \left(\frac{\theta-1}{\bar{r}^k} \right)^\rho \bar{y}^d (1 + f_d) \\
(19) \quad \bar{k} &= \frac{\bar{y}^d \Omega_{I,y} (1 + \kappa)}{\delta} \\
(20) \quad \bar{k}^x &= \bar{k} - \bar{k}^d \\
(21) \quad \bar{l}^d &= \bar{a}_d \bar{z}^d \left(\frac{\bar{w}^z d}{\bar{w}} \right)^{\rho_z} \\
(22) \quad \bar{l} &= \Omega_y \bar{y}^d \\
(23) \quad \bar{l}^x &= \bar{l} - \bar{l}^d \\
(24) \quad \bar{I} &= \delta \bar{k} \\
(25) \quad \bar{r} &= \bar{i} \\
(26) \quad \bar{c} &= \frac{\bar{w}^{\frac{1}{\sigma}}}{(\bar{y}^d)^{\frac{\sigma}{\sigma}} \Omega_y^{\frac{\sigma}{\sigma}}} \\
(27) \quad \bar{f}_s &:= f_s y^s, & s = d, x \\
(28) \quad \alpha_s &:= \frac{\bar{r}^k \bar{k}^s}{\left(\frac{\theta-1}{\theta} \right) (\bar{y}^s + \bar{f}_s)}, & s = d, x \\
(29) \quad a_s &:= \frac{\bar{w}^{\bar{l}^s}}{\bar{w}^z s \bar{z}^s}, & s = d, x \\
(30) \quad P\bar{I}B &= \bar{y}^d + \bar{x} - \bar{m}
\end{aligned}$$

A.2. El sistema log-lineal

1. Ecuación de Euler

$$0 \approx \tilde{c}_{t+1} - \left(\frac{1}{\sigma} \right) \tilde{i}_t + \left(\frac{1}{\sigma} \right) \tilde{\pi}_{t+1} - \tilde{c}_t \quad (\text{A.1})$$

2. Relación consumo-trabajo

$$0 \approx \left(\frac{1}{\varphi} \right) \tilde{w}_t - \left(\frac{\sigma}{\varphi} \right) \tilde{c}_t - \tilde{l}_t \quad (\text{A.2})$$

3. Movimiento óptimo de portafolio

$$0 \approx \left(\frac{1 - \delta}{1 - \delta + \bar{r}^k} \right) \tilde{Q}_{t+1} - \tilde{Q}_t + \left(\frac{\bar{r}^k}{1 - \delta + \bar{r}^k} \right) \tilde{r}_{t+1}^k - \tilde{i}_t + \tilde{\pi}_{t+1} \quad (\text{A.3})$$

4. Inversión

$$0 \approx \left(\frac{\beta}{1 + \beta} \right) \tilde{I}_{t+1} + \left(\frac{1}{1 + \beta} \right) \tilde{I}_{t-1} + \left(\frac{1}{\phi_I (1 + \beta)} \right) \tilde{Q}_t - \tilde{I}_t \quad (\text{A.4})$$

5. Ley de movimiento del capital

$$0 \approx (1 - \delta)\tilde{k}_{t-1} + \delta\tilde{I}_t - \tilde{k}_t \quad (\text{A.5})$$

6. Demanda de exportaciones

$$0 \approx \tilde{x}_t^* - \theta_x \tilde{P}_t^{x*} + h_x \tilde{x}_{t-1} - \tilde{x}_t \quad (\text{A.6})$$

7. Equilibrio en el sector doméstico

$$\begin{aligned} 0 \approx & \bar{c}\tilde{c}_t + \bar{I}\tilde{I}_t + \bar{g}(\bar{y}^d + \bar{y}^x - \bar{m})\tilde{g}_t + [\bar{g}(\bar{y}^d + \bar{y}^x - \bar{m}) - \bar{y}^d] \tilde{y}_t^d \\ & + \bar{g}(\bar{y}^d + \bar{y}^x - \bar{m})\tilde{y}_t^x - \bar{g}(\bar{y}^d + \bar{y}^x - \bar{m})\tilde{m}_t \end{aligned} \quad (\text{A.7})$$

8. Equilibrio en el mercado externo

$$0 \approx \bar{x}^* \tilde{x}_t - \bar{y}^x \tilde{y}_t^x \quad (\text{A.8})$$

9. Cuenta corriente

$$\begin{aligned} 0 \approx & \left(\frac{1 + \bar{i}}{\bar{P}\bar{I}\bar{B}^*} \right) b_{t-1} + \left(\frac{\bar{x}}{\bar{P}\bar{I}\bar{B}} \right) \tilde{P}_t^{x*} + \left(\frac{\bar{x}}{\bar{P}\bar{I}\bar{B}} \right) \tilde{x}_t \\ & - \left(\frac{\bar{m}}{\bar{P}\bar{I}\bar{B}} \right) \tilde{P}_t^{m*} - \left(\frac{\bar{m}}{\bar{P}\bar{I}\bar{B}} \right) \tilde{m}_t - \left(\frac{1}{\bar{P}\bar{I}\bar{B}} \right) b_t \end{aligned} \quad (\text{A.9})$$

10. Equilibrio en el mercado del capital

$$\begin{aligned} 0 \approx & [\bar{k}^d \rho(1 - \alpha_d)(1 - a_d) + \bar{k}^x \rho(1 - \alpha_x)(1 - a_x)] \tilde{q}_t \\ & + [\bar{k}^d \rho(1 - \alpha_d)(1 - a_d) + \bar{k}^x \rho(1 - \alpha_x)(1 - a_x)] \tilde{P}_t^{m*} \\ & + [\bar{k}^d \rho(1 - \alpha_d) * a_d + \bar{k}^x \rho(1 - \alpha_x) * a_x] \tilde{w}_t \\ & - [\bar{k}^d \rho(1 - \alpha_d) + \bar{k}^x \rho(1 - \alpha_x)] \tilde{r}_t^k \\ & - (\bar{k}^d + \bar{k}^x) \tilde{a}_t + (\bar{k}^d \rho(1 - \alpha_d) \phi_z) \tilde{z}_t^d + (\bar{k}^x \rho(1 - \alpha_x) \phi_z) \tilde{z}_t^x \\ & + \left(\frac{\bar{k}^d}{1 + f_d} \right) \tilde{y}_t^d + \left(\frac{\bar{k}^x}{1 + f_x} \right) \tilde{y}_t^x - \bar{k} \tilde{k}_t \end{aligned} \quad (\text{A.10})$$

11. Equilibrio en el mercado de trabajo

$$\begin{aligned} 0 \approx & [\bar{l}^d \rho_z(1 - a_d) + \bar{l}^x \rho_z(1 - a_x)] \tilde{q}_t + [\bar{l}^d \rho_z(1 - a_d) + \bar{l}^x \rho_z(1 - a_x)] \tilde{P}_t^{m*} \\ & - [\bar{l}^d \rho_z(1 - a_d) + \bar{l}^x \rho_z(1 - a_x)] \tilde{w}_t + \bar{l}^d \tilde{z}_t^d + \bar{l}^x \tilde{z}_t^x - \bar{l} \tilde{l}_t \end{aligned} \quad (\text{A.11})$$

12. Importaciones

$$\begin{aligned}
0 \approx & (\bar{m}^d \rho_z a_d + \bar{m}^x \rho_z a_x) \tilde{w}_t - (\bar{m}^d \rho_z a_d + \bar{m}^x \rho_z a_x) \tilde{q}_t \\
& - (\bar{m}^d \rho_z a_d + \bar{m}^x \rho_z a_x) \tilde{P}_t^{m*} + \bar{m}^d \tilde{z}_t^d + \bar{m}^x \tilde{z}_t^x - \bar{m} \tilde{m}_t
\end{aligned} \tag{A.12}$$

13. Curva de Phillips del sector doméstico

$$\begin{aligned}
0 \approx & \beta \tilde{\pi}_{t+1} + \left[\frac{(1-\gamma)(1-\beta\gamma)\alpha_d}{\gamma} \right] \tilde{r}_t^k + \left[\frac{(1-\alpha_d)(1-\gamma)(1-\beta\gamma)(1-a_d)}{\gamma} \right] \tilde{q}_t \\
& + \left[\frac{(1-\alpha_d)(1-\gamma)(1-\beta\gamma)(1-a_d)}{\gamma} \right] \tilde{P}_t^{m*} + \left[\frac{(1-\alpha_d)(1-\gamma)(1-\beta\gamma)a_d}{\gamma} \right] \tilde{w}_t \\
& + \left[\frac{(1-\alpha_d)(1-\gamma)(1-\beta\gamma)\phi_z}{\gamma} \right] \tilde{z}_t^d - \left[\frac{(1-\gamma)(1-\beta\gamma)}{\gamma} \right] \tilde{a}_t - \tilde{\pi}_t
\end{aligned} \tag{A.13}$$

14. Curva de Phillips del sector exportador

$$\begin{aligned}
0 \approx & \beta \tilde{\pi}_{t+1}^x + \left[\frac{(1-\gamma)(1-\beta\gamma)\alpha_x}{\gamma} \right] \tilde{r}_t^k - \left[\frac{(1-\gamma)(1-\beta\gamma)[\alpha_x + (1-\alpha_x)a_x]}{\gamma} \right] \tilde{q}_t \\
& + \left[\frac{(1-\alpha_x)(1-\gamma)(1-\beta\gamma)(1-a_x)}{\gamma} \right] \tilde{P}_t^{m*} + \left[\frac{(1-\alpha_x)(1-\gamma)(1-\beta\gamma)a_x}{\gamma} \right] \tilde{w}_t \\
& + \left[\frac{(1-\alpha_x)(1-\gamma)(1-\beta\gamma)\phi_z}{\gamma} \right] \tilde{z}_t^x - \left[\frac{(1-\gamma)(1-\beta\gamma)}{\gamma} \right] \tilde{a}_t \\
& - \left[\frac{(1-\gamma)(1-\beta\gamma)}{\gamma} \right] \tilde{P}_t^{x*} - \tilde{\pi}_t^x
\end{aligned} \tag{A.14}$$

15. Producto Interno Bruto

$$0 \approx \bar{y}^d \tilde{y}_t^d + \bar{y}^x \tilde{y}_t^x - \bar{m} \tilde{m}_t - P \bar{I} B \tilde{I} B_t \tag{A.15}$$

16. Paridad descubierta de tasas de interés

$$0 \approx \tilde{e}_{t+1} - \tilde{e}_t - \nu \left(\frac{1}{P \bar{I} B} \right) b_t - \tilde{i}_t \tag{A.16}$$

17. Regla de Taylor

$$0 \approx \zeta_i \tilde{i}_{t-1} + [(1-\zeta_i)\zeta_\pi] \tilde{\pi}_t + [(1-\zeta_i)\zeta_e] \tilde{e}_t + \tilde{s}_t - \tilde{i}_t \tag{A.17}$$

18. Insumo compuesto del sector doméstico

$$0 \approx \left[\frac{\rho\alpha_d}{1 + \rho\alpha_d\phi_z} \right] \tilde{r}_t^k + \left[\frac{1}{(1 + f_d)(1 + \rho\alpha_d\phi_z)} \right] \tilde{y}_t^d - \left[\frac{1}{1 + \rho\alpha_d\phi_z} \right] \tilde{a}_t - \left[\frac{\rho\alpha_d(1 - a_d)}{1 + \rho\alpha_d\phi_z} \right] \tilde{q}_t - \left[\frac{\rho\alpha_d(1 - a_d)}{1 + \rho\alpha_d\phi_z} \right] \tilde{P}_t^{m*} - \left[\frac{\rho\alpha_d a_d}{1 + \rho\alpha_d\phi_z} \right] \tilde{w}_t - z_t^d \quad (\text{A.18})$$

19. Insumo compuesto del sector exportador

$$0 \approx \left[\frac{\rho\alpha_x}{1 + \rho\alpha_x\phi_z} \right] \tilde{r}_t^k + \left[\frac{1}{(1 + f_x)(1 + \rho\alpha_x\phi_z)} \right] \tilde{y}_t^x - \left[\frac{1}{1 + \rho\alpha_x\phi_z} \right] \tilde{a}_t - \left[\frac{\rho\alpha_x(1 - a_x)}{1 + \rho\alpha_x\phi_z} \right] \tilde{q}_t - \left[\frac{\rho\alpha_x(1 - a_x)}{1 + \rho\alpha_x\phi_z} \right] \tilde{P}_t^{m*} - \left[\frac{\rho\alpha_x a_x}{1 + \rho\alpha_x\phi_z} \right] \tilde{w}_t - z_t^x \quad (\text{A.19})$$

20. Tipo de cambio real

$$0 \approx \tilde{e}_t - \tilde{e}_{t-1} - \tilde{\pi}_t - \tilde{q}_t + \tilde{q}_{t-1} \quad (\text{A.20})$$

21. Definición de inflación en el sector exportador

$$0 \approx \tilde{p}_t^x - \tilde{p}_{t-1}^x - \tilde{\pi}_t^x \quad (\text{A.21})$$

22. Productividad

$$0 \approx \rho_a \tilde{a}_{t-1} + \epsilon_t^a - \tilde{a}_t \quad (\text{A.22})$$

23. Gasto del gobierno como proporción del PIB

$$0 \approx \rho_g \tilde{g}_{t-1} + \epsilon_t^g - \tilde{g}_t \quad (\text{A.23})$$

24. Choque monetario

$$0 \approx \rho_i \tilde{s}_{t-1} + \epsilon_t^i - \tilde{s}_t \quad (\text{A.24})$$

25. Demanda de exportaciones

$$0 \approx \rho_x \tilde{x}_{t-1}^* + \epsilon_t^x - \tilde{x}_t^* \quad (\text{A.25})$$

26. Precios de las importaciones

$$0 \approx \rho_{pm} \tilde{P}_{t-1}^{m*} + \epsilon_t^{P^m} - \tilde{P}_t^{m*} \quad (\text{A.26})$$

Apéndice B

Clasificación de las variables y calibración de parámetros

B.1. Clasificación de las variables en el modelo

Cuadro B.1: Variables del modelo

Variable	Clasificación	Variable	Clasificación
Tasa de interes nominal	i_t Estado	Produccion domestica	Y_t^d Endógena
Tasa de interes sobre el capital	r_t^k Endógena	Exportaciones	x_t Estado
Salarios	w_t Endógena	Produccion para exportaciones	Y_t^x Estado
Inflacion domestica	π_t Estado	Importaciones	m_t Endógena
Inflación del sector exportador	π_t^x Estado	PIB	PIB_t Endógena
Precio sombra del capital	Q_t Estado	Tipo de cambio nominal	e_t Estado
Capital	k_t Estado	Bonos	b_t Estado
Trabajo	l_t Endógena	Productividad de los factores	A_t Exógena
Insumo compuesto domestico	z_t^d Endógena	Proporción de las compras del gobierno en el producto total	G_t Exógena
Insumo compuesto exportacion	z_t^x Endógena	Choque a tasa de interes	s_t Exógena
Consumo	C_t Endógena	Demanda de exportaciones	x_t^* Exógena
Inversion	I_t Estado	Precios de importaciones	P_t^{m*} Exógena
Tipo de cambio real	q_t Estado	Precios de las exportaciones	P_t^{x*} Estado

B.2. Expresiones utilizadas en la calibración

Como se mencionó en la sección (2.2), la calibración de las constantes \bar{a}_d , \bar{a}_x , $\bar{\alpha}_d$ y $\bar{\alpha}_x$ se realizó partir de los valores de $\Omega_{m,va}^d$, $\Omega_{m,va}^x$, y $\Omega_{I,y}$, y del siguiente sistema de

ecuaciones en su forma estacionaria:

$$\bar{w}^{zd} = [\bar{a}_d \bar{w}^{1-\varrho z} + (1 - \bar{a}_d)]^{\frac{1}{1-\varrho z}} \quad (\text{B.1})$$

$$\bar{w}^{zx} = [\bar{a}_x \bar{w}^{1-\varrho z} + (1 - \bar{a}_x)]^{\frac{1}{1-\varrho z}}, \quad (\text{B.2})$$

donde $\bar{w}^{zd} = \bar{W}^{zd}/\bar{P}$, $\bar{w}^{zx} = \bar{W}^{zx}/\bar{P}$.

$$\bar{m}c^d = [\bar{\alpha}_d (\bar{r}^k)^{1-\varrho} + (1 - \bar{\alpha}_d) (\bar{w}^{zd})^{1-\varrho}]^{\frac{1}{1-\varrho}} \quad (\text{B.3})$$

$$\bar{m}c^x = [\bar{\alpha}_x (\bar{r}^k)^{1-\varrho} + (1 - \bar{\alpha}_x) (\bar{w}^{zx})^{1-\varrho}]^{\frac{1}{1-\varrho}} \quad (\text{B.4})$$

con $\bar{m}c^d = \bar{M}C^d/\bar{P}$ y $\bar{m}c^x = \bar{M}C^x/\bar{P}$. Además,

$$\bar{k}^d = \bar{\alpha}_d \left(\frac{\bar{m}c^d}{\bar{r}^k} \right)^\varrho \bar{y}^d (1 + f_d) \quad (\text{B.5})$$

$$\bar{k}^x = \bar{\alpha}_x \left(\frac{\bar{m}c^x}{\bar{r}^k} \right)^\varrho \bar{y}^x (1 + f_d) \quad (\text{B.6})$$

$$\bar{z}^d = (1 - \bar{\alpha}_d) \left(\frac{\bar{m}c^d}{\bar{w}^{zd}} \right)^\varrho \bar{y}^d (1 + f_d) \quad (\text{B.7})$$

$$\bar{z}^x = (1 - \bar{\alpha}_x) \left(\frac{\bar{m}c^x}{\bar{w}^{zx}} \right)^\varrho \bar{y}^x (1 + f_x) \quad (\text{B.8})$$

$$\bar{m}^d = (1 - \bar{a}_d) (\bar{w}^{zd})^{\varrho z} \bar{z}^d \quad (\text{B.9})$$

$$\bar{m}^x = (1 - \bar{a}_x) (\bar{w}^{zx})^{\varrho z} \bar{z}^x \quad (\text{B.10})$$

$$\bar{m}c^d = \bar{m}c^x = \frac{\theta - 1}{\theta} \quad (\text{B.11})$$

$$\bar{m} = \bar{x} \quad (\text{B.12})$$

Apéndice C

La metodología de Neiss y Nelson

(2001)

Neiss y Nelson desarrollan una metodología para calcular el logaritmo de la producción potencial, y_t^p , a partir de un modelo DSGE con rigideces nominales. El método pretende encontrar una expresión de la producción potencial en términos únicamente de las variables exógenas de estado, por lo que su principal ventaja radica en que no es necesario engrosar el modelo con la inclusión de variables endógenas de estado adicionales.

Para comprender la lógica detrás del funcionamiento de esta metodología, supóngase que a partir del modelo es posible obtener una expresión para la producción (en logaritmo):

$$\mathbf{y}_t = \mathbf{\Omega}^x \mathbf{x}_t + \mathbf{\Omega}^y \mathbf{y}_t + \mathbf{\Omega}^z \mathbf{z}_t, \quad (\text{C.1})$$

donde $\mathbf{x}_t = (x_t^1, \dots, x_t^L)$ es el vector de endógenas de estado, $\mathbf{y}_t = (y_t^1, \dots, y_t^M)$ es el vector de variables puramente endógenas y $\mathbf{z}_t = (z_t^1, \dots, z_t^N)$ contiene a las variables exógenas de estado.¹ Además, los vectores $\mathbf{\Omega}^x = (\Omega_1^x, \dots, \Omega_L^x)$, $\mathbf{\Omega}^y = (\Omega_1^y, \dots, \Omega_M^y)$ y $\mathbf{\Omega}^z = (\Omega_1^z, \dots, \Omega_N^z)$ contienen ponderadores que son función de los parámetros del

¹Para mantener la exposición lo más clara posible, supóngase además que no existen choques monetarios.

modelo.

Ahora bien, invocando la definición de producción potencial bajo precios flexibles se tiene que:

$$\mathbf{y}_t^p = \Omega^x \mathbf{x}_t^* + \Omega^y \mathbf{y}_t^* + \Omega^z \mathbf{z}_t, \quad (\text{C.2})$$

donde \mathbf{x}_t^* y \mathbf{y}_t^* hacen referencia a las variables en el contexto de precios flexibles.

Una vez que se ha encontrado la solución del modelo, las funciones de política para cada una de las variables consideradas en $\{\mathbf{x}_t^*, \mathbf{y}_t^*, \mathbf{z}_t\}$ toman la forma:

$$x_t^{l*} = \Phi^x \mathbf{s}_{t-1}^*, \quad x_t^{l*} \in \mathbf{x}_t^* \quad (\text{C.3})$$

$$y_t^{m*} = \Phi^y \mathbf{s}_{t-1}^*, \quad y_t^{m*} \in \mathbf{y}_t^* \quad (\text{C.4})$$

$$z_t^n = \Phi^z \mathbf{s}_{t-1}^*, \quad z_t^n \in \mathbf{z}_t \quad (\text{C.5})$$

donde x_t^{l*} , y_t^{m*} , y z_t^n son variables genéricas de los vectores \mathbf{x}_t^* , \mathbf{y}_t^* y \mathbf{z}_t , respectivamente; $\mathbf{s}_t^* = (\mathbf{x}_t^*, \mathbf{z}_t)$ y Φ^i es un vector de coeficientes de dimensión $1 \times (L + M)$, para $i = x, y, z$.

Por lo tanto, para expresar a y_t^p en términos de las exógenas de estado se requiere sustituir a las variables contenidas en \mathbf{x}_t^* y \mathbf{y}_t^* por funciones que dependan del vector \mathbf{z}_t . Para este fin, Neiss y Nelson arguyen que, debido a que se ha supuesto que las exógenas de estado contenidas en \mathbf{s}_t^* siguen un proceso autorregresivo de orden 1, el vector \mathbf{s}_t^* sigue una ley de movimiento del tipo $\mathbf{s}_t^* = \mathbf{R}\mathbf{s}_{t-1}^* + \Psi \boldsymbol{\varepsilon}_t$, donde $\boldsymbol{\varepsilon}_t$ es un vector de innovaciones independientes e idénticamente distribuidas. En consecuencia, cada elemento de \mathbf{s}_t^* posee una representación de media móvil, posiblemente de longitud infinita. Es decir,

$$x_t^{l*} = f_l(\boldsymbol{\varepsilon}_{t-1}, \boldsymbol{\varepsilon}_{t-2}, \boldsymbol{\varepsilon}_{t-3}, \dots), \quad x_t^{l*} \in \mathbf{x}_t^* \quad (\text{C.6})$$

$$y_t^{m*} = f_m(\boldsymbol{\varepsilon}_{t-1}, \boldsymbol{\varepsilon}_{t-2}, \boldsymbol{\varepsilon}_{t-3}, \dots), \quad y_t^{m*} \in \mathbf{y}_t^*, \quad (\text{C.7})$$

con $f_i(\bullet)$, $i = l, m$ siendo funciones lineales.

De (C.2), (C.6) y (C.7) se sigue que:

$$\mathbf{y}_t^p = \Omega^z \mathbf{z}_t + \mathbf{f}_y(\boldsymbol{\varepsilon}_{t-1}, \boldsymbol{\varepsilon}_{t-2}, \boldsymbol{\varepsilon}_{t-3}, \dots). \quad (\text{C.8})$$

Dado que cada elemento del vector \mathbf{z}_t posee una representación de media móvil infinita sobre $\boldsymbol{\varepsilon}_t$, se tiene que:

$$y_t^p = f_{y*}(\boldsymbol{\varepsilon}_{t-1}, \boldsymbol{\varepsilon}_{t-2}, \boldsymbol{\varepsilon}_{t-3}, \dots), \quad (\text{C.9})$$

que es la expresión que sustenta el procedimiento descrito en la sección (1.6.1).

Para fines de estimar empíricamente la expresión (C.9), Neiss y Nelson no establecen un criterio para elegir el número óptimo de rezagos para cada término de error, por lo que en este trabajo se utilizan 12 rezagos para cada variable debido a que en 2005:4 (es decir, 12 trimestres antes del inicio de la crisis) la brecha entre el PIB filtrado y observado era mínima (0.066 %).