



DOCUMENTOS DE TRABAJO
N.º 004 | 2004

Modelo Macroeconómico de Pequeña Escala para Costa Rica

Jorge León Murillo
Evelyn Muñoz Salas
Mario Rojas Sánchez
Manrique Sáenz Castegnaró

Fotografía de portada: "Presentes", conjunto escultórico en bronce, año 1983, del artista costarricense Fernando Calvo Sánchez. Colección del Banco Central de Costa Rica.



**BANCO CENTRAL DE COSTA RICA
DIVISIÓN ECONÓMICA
DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIONES ECONÓMICAS
DOCUMENTO DE INVESTIGACIÓN
DIE-04-2004-DI/R
AGOSTO 2004**

***MODELO MACROECONÓMICO DE PEQUEÑA
ESCALA PARA COSTA RICA***

Equipo de Modelación Macroeconómica

***Jorge León Murillo
Evelyn Muñoz Salas
Mario Rojas Sánchez
Manrique Sáenz Castegnaro***

Documento de trabajo del Banco Central de Costa Rica, elaborado por el
Departamentos de Investigaciones Económicas

Las ideas expresadas en este documento son responsabilidad del autor y no necesariamente
Representan la opinión del Banco Central de Costa Rica

TABLA DE CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN	2
2	DESCRIPCIÓN DEL MODELO MACROECONÓMICO DE PEQUEÑA ESCALA (MMPE)..	3
2.1	Oferta agregada o Curva de Phillips	3
2.2	Demanda agregada	4
2.3	Función de variación en RIN	5
2.4	Regla de política monetaria del Banco Central	5
3	MECANISMOS DE TRANSMISIÓN DE MMPE	7
4	RESULTADOS DE LA ESTIMACIÓN DEL MODELO MACROECONÓMICO DE PEQUEÑA ESCALA	8
4.1	Curva de Phillips:	9
4.2	Curva de Demanda Agregada:.....	10
4.3	Función de Reservas Internacionales Netas (RIN):.....	11
4.4	Función de reacción del Banco Central para determinar la tasa de interés.....	13
5	CAPACIDAD DE PRONÓSTICO DE MMPE DENTRO DE LA MUESTRA	15
6	EJERCICIOS DE SIMULACIÓN DE CHOQUES DE VARIABLES EXÓGENAS Y AJUSTES DE POLÍTICA ECONÓMICA	16
6.1	Efecto de un choque en la producción de Estados Unidos	16
6.2	Efecto de un choque en los términos de intercambio	19
6.3	Efecto de un choque en la tasa LIBOR	21
6.4	Efecto de un choque en la tasa de devaluación.....	24
6.5	Efecto de un choque en la tasa de interés	27
7	UN MODELO DE VECTORES AUTORREGRESIVOS PARA LA ECONOMÍA COSTARRICENSE	28
7.1	Efecto de un choque en los términos de intercambio	30
7.2	Efecto de un choque en la tasa LIBOR	31
7.3	Efecto de un choque en la producción de Estados Unidos	32
7.4	Funciones de impulso respuesta ante choques en las variables de política monetaria y cambiaria	33
8	COMENTARIOS FINALES	35
9	BIBLIOGRAFÍA	36

MODELO MACROECONÓMICO DE PEQUEÑA ESCALA PARA COSTA RICA

Resumen

Como parte del proceso de modernización de la Programación Financiera del Banco Central de Costa Rica, se diseñó y estimó un modelo macroeconómico de pequeña escala (MMPE) para la economía costarricense, con el propósito de que las acciones de política económica, diseñadas para alcanzar la estabilidad interna y externa del colón, se fundamenten en herramientas complementarias que permitan tener mejor conocimiento de los canales de transmisión de tales acciones, así como para realizar pronósticos de corto y mediano plazo y ejercicios de simulación bajo diferentes esquemas de supuestos para las variables involucradas.

En este documento se describe el modelo teórico que consiste de cuatro ecuaciones de comportamiento para estimar la tasa de inflación (curva de Phillips aumentada con expectativas), el crecimiento real del producto (función de demanda agregada); la variación de las reservas monetarias internacionales y la tasa de interés nominal (función de reacción para el manejo de la tasa básica bruta por parte del banco central). Para la estimación de los parámetros de algunas de estas ecuaciones se aplican técnicas de cointegración y corrección de errores, utilizando datos trimestrales para el periodo 1991:01 a 2004:01. Además, se presenta un análisis de la capacidad de pronóstico, simulaciones de choques de las variables de política (tasas de interés y devaluación nominal) y de algunas variables exógenas (tasa de interés externa, crecimiento real de Estados Unidos y términos de intercambio).

SMALL SCALE MACROECONOMIC MODEL FOR COSTA RICA

Abstract

A small scale macroeconomic model (SSMM) was devised and estimated as part of the modernizing process of the Monetary Program of the Central Bank of Costa Rica. The SSMM is intended to enhance the knowledge of the transmission channels of the monetary policy actions designed to achieve external and internal stability of the domestic currency. The SSMM is intended also for short and medium run forecasting under different scenarios.

This document describes a theoretical model with four behavioral equations to estimate: the inflation (Phillips Curve augmented with expectations), the real gross domestic product growth rate (Aggregate Demand function), the change in net foreign reserves, and nominal interest rate (Central Bank's reaction function). Cointegration analysis and error corrections models are applied to obtain the parameters of some of the equations. The frequency of the data is quarterly from 1991:01 to 2004:01. This document also includes a forecast evaluation, simulations of shocks to policy variables (interest rate, exchange rate), and some exogenous variables such as international interest rate, United States growth rate and terms of trade.

Clasificación Jel: C5, E1

1 INTRODUCCIÓN

La tendencia mundial reciente a nivel de bancos centrales apunta al diseño y construcción de modelos macroeconómicos que apoyen a las autoridades en la toma de decisiones para el logro de la estabilidad de precios.

En este contexto, la División Económica del Banco Central inició hace varios años un proceso de modernización de la programación monetaria y financiera. Este proceso puso en evidencia la necesidad de contar con un modelo macroeconómico, con el fin de generar un instrumento que permita hacer proyecciones consistentes y simulaciones de política para un grupo de variables relevantes.

Con el desarrollo de este modelo se procura brindar una herramienta complementaria para el proceso de programación monetaria que además apoye a las Autoridades Superiores en el proceso de toma de decisiones de política monetaria, tendientes al control de la inflación y la defensa del régimen cambiario actual, mediante un nivel adecuado de reservas. Adicionalmente, permite analizar los efectos sobre la producción, las tasas de interés, y el tipo de cambio real; así como la sostenibilidad de posibles desequilibrios fiscales y externos, que surgen o se mantienen con estas políticas.

Debe mencionarse que la relevancia de este proyecto no se limita a los regímenes monetario y cambiario vigentes en Costa Rica, puesto que a partir de pequeñas modificaciones a los modelos que aquí se desarrollan se posibilita su aplicación en el contexto de otros regímenes como el de metas de inflación con tipo de cambio flexible.

De hecho, el uso intensivo de los modelos macroeconómicos como guía de política monetaria en los bancos centrales con metas de inflación, es un indicador claro de la utilidad que este instrumental continuaría teniendo ante una eventual transición hacia este tipo de régimen.

Este documento se encuentra estructurado de la siguiente forma: la segunda sección describe el modelo teórico que consiste básicamente, de cuatro ecuaciones de comportamiento para estimar la tasa de inflación (curva de Phillips aumentada con expectativas), el crecimiento real del producto (función de demanda agregada); la variación de las reservas monetarias internacionales netas (RIN) y la tasa de interés nominal (función de reacción para el manejo de la tasa básica bruta por parte del Banco Central). En la tercera sección se describen los canales de transmisión a través de los cuales afectan las acciones de política económica en el modelo. La estimación de los parámetros de las ecuaciones se muestra en la cuarta sección, para lo cual en algunos casos se aplican técnicas de cointegración y corrección de errores, partiendo de información trimestral para el periodo 1991:01 a 2004:01. Se presenta en la quinta sección un análisis de la capacidad de pronóstico del modelo dentro de la muestra; en la sexta sección se realizan ejercicios en que se simulan choques de las variables de política (tasas de interés y de devaluación nominal) y de algunas variables exógenas (tasa de interés externa, crecimiento real de Estados Unidos y términos de intercambio). Los resultados de estas simulaciones se comparan con los obtenidos en la sección siete, en la cual se estima un modelo de vectores autorregresivos (VAR) y se generan ejercicios de impulso respuesta. Los comentarios finales y referencias bibliográficas conforman las últimas secciones.

2 DESCRIPCIÓN DEL MODELO MACROECONÓMICO DE PEQUEÑA ESCALA (MMPE)

Los modelos aplicados en otros bancos centrales típicamente suponen un régimen de tipo de cambio flexible. Estos modelos normalmente constan de las siguientes cinco ecuaciones: una oferta y una demanda por bienes y servicios que permiten obtener el producto y nivel de precios de equilibrio; una regla de política del banco central en la que la tasa nominal de interés de política monetaria se establece en función de la inflación y el crecimiento doméstico (del tipo regla de Taylor); una ecuación de paridad de tasa de interés que determina el tipo de cambio nominal de equilibrio; y la identidad entre la tasa de interés nominal y la tasa real más la inflación del período.

Debido a que en Costa Rica la tasa de devaluación está predeterminada (“crawling peg”) por el Banco Central, se modifica este esquema en la siguiente forma: la ecuación de paridad de tasa de interés se sustituye por una ecuación de comportamiento para las reservas monetarias internacionales netas (RIN), y el nivel de RIN se incorpora como uno de los argumentos de la regla de política del Banco Central con base en la cual se determina la tasa nominal de interés.

A continuación se describe el modelo básico adoptado por el Banco Central de Costa Rica (BCCR), constituido por cuatro relaciones de largo plazo con las que se estiman las principales variables macroeconómicas, a saber: tasa de inflación, crecimiento real del producto, reservas internacionales netas y la tasa de interés de política.

2.1 Oferta agregada o Curva de Phillips

La curva de Phillips ha probado ser una herramienta muy útil en el proceso de toma de decisiones de acciones de políticas y existe considerable evidencia empírica para un gran número de países de que la brecha del producto (GAP) es un determinante importante de la inflación. La formulación más común implica que la tasa de inflación será estable cuando el nivel de producto observado sea igual que el potencial.

La especificación propuesta para la curva de Phillips incorpora la brecha del producto como una medida del exceso de demanda por bienes y servicios sobre el producto potencial, lo cual crea presiones inflacionarias. Además, se controlan los efectos que la inflación internacional y la devaluación tienen sobre los precios de los bienes transables y sobre el nivel general de precios en la economía. Finalmente, se incluye la inflación rezagada con el fin de capturar el efecto de la inercia inflacionaria.

$$\pi = \pi(y - y^{pot}, \pi^* + \varepsilon, \pi_{-1}) \quad (2.1)$$

donde,

π : tasa de inflación doméstica

π_{-1} : tasa de inflación doméstica rezagada un período

y : producción doméstica
 y^{pot} : producto potencial doméstico
 π^* : tasa de inflación internacional
 ε : tasa de devaluación nominal del colón.

La tasa de inflación se puede aproximar como la diferencia logarítmica entre el nivel de precios actual y el nivel del período anterior. Sustituyendo la expresión $\pi = \ln(P) - \ln(P_{-1})$ en (2.1) se obtiene:

$$\ln(P) = \ln(P_{-1}) + \pi(y - y^{pot}, \pi^* + \varepsilon, \pi_{-1}) \quad (2.2)$$

2.2 Demanda agregada

El término demanda agregada se refiere a la cantidad total de bienes domésticos requerido por compradores locales y externos a diferentes precios alternativos. Este concepto global puede expresarse en término de la suma de sus componentes: consumo privado, gasto de gobierno, inversión total, variación en existencias y exportaciones netas (X-M).

$$Y^D = C + I^{pr} + VE + G + X - M \quad (2.3)$$

Si bien cada uno de sus componentes responde a diferentes determinantes, para efectos de la conformación del Modelo Macroeconómico de Pequeña Escala (MMPE), éstos serán considerados en forma agregada¹; posteriormente, se deberán analizar cada uno de ellos por separado. Esta estrategia es consistente con aquella seguida por bancos centrales que han avanzado en el desarrollo de modelos macroeconómicos².

Como punto de partida se consideran los siguientes determinantes de la demanda agregada: tasa real de interés (por su efecto negativo sobre la inversión real), el índice de términos de intercambio (por su efecto sobre la balanza de bienes y servicios (X-M)) y la producción internacional por su efecto positivo sobre la demanda por exportaciones costarricenses.

$$y = f(r, iti, y^*) \quad (2.4)$$

donde,

y : Producción doméstica
 r : tasa de interés real doméstica
 iti : índice de términos de intercambio
 y^* : producción de la economía de los Estados Unidos

Dado un nivel de tasa real de interés, tipo de cambio nominal, precios internacionales, producción internacional, y producto potencial doméstico, las ecuaciones (2.2) y (2.4) determinan un nivel de precios y de producto doméstico de equilibrio.

¹ La extensión dinámica de este modelo contempla, entre otras cosas, el estudio del comportamiento de cada uno de los componentes de la demanda agregada.

² Véase, Gómez, et al. (2002)

2.3 Función de variación en RIN

El saldo de reservas internacionales netas (RIN) constituye una variable de interés para BCCR por cuanto éste le permite defender el régimen cambiario actual de minidevaluaciones (“*crawling peg*”). La capacidad para defender el tipo de cambio ante variaciones moderadas en la demanda por divisas atenúa las expectativas de una devaluación fuerte y, así ayuda a evitar que tal devaluación se cristalice. La defensa del tipo de cambio es especialmente importante dado el alto grado de dolarización financiera actual de la economía costarricense, que hace más vulnerable al sistema financiero ante un incremento desproporcionado en el tipo de cambio.

La variación en RIN depende del saldo en la cuenta corriente y del saldo en la cuenta de capitales. Como determinantes del saldo de la cuenta corriente se incluyen el tipo de cambio real y la tasa real de interés. Por otra parte, se supone que el premio en tasas de interés ($i - i^* - \varepsilon$), es el principal determinante del saldo de la cuenta de capitales.

$$RIN - RIN_{t-1} = f\left(\frac{E \cdot P^*}{P}, r, i - i^* - \varepsilon\right) \quad (2.5)$$

donde,

RIN: Reservas Internacionales Netas

r: tasa de interés real doméstica

i: tasa de interés nominal doméstica

i^{*}: tasa de interés externa

$TCR = \frac{EP^*}{P}$: tipo de cambio real

E: tipo de cambio nominal

P^{*}: nivel de precios internacionales

P: nivel de precios domésticos

2.4 Regla de política monetaria del Banco Central

Una regla de política monetaria puede definirse, a grandes rasgos, como una expresión que describe la forma en que un banco central ajusta sus instrumentos de política, tales como la tasa de interés o un agregado monetario, en respuesta a cambios en sus variables meta tales como inflación, producción y tipo de cambio.

Es de esperar que la tasa de interés de largo plazo se ajuste con la tasa de interés internacional y la tasa de devaluación que fije el Banco Central, de forma que el premio en la tasa de interés no incentive una salida o una entrada permanente de divisas. Además, se supone que la tasa de interés nominal de las operaciones de mercado abierto se establece con base en la magnitud de la brecha del producto y las desviaciones de la inflación y RIN con

respecto a sus correspondientes metas, según lo establecido en el programa monetario. La especificación general de la función de reacción tendría la siguiente forma:

$$i_t = f\left(\pi_t - \pi_t^m, y_t - y_t^m, RIN_t - RIN_t^m, i_t^{ext}, \hat{\varepsilon}_t\right) \quad (2.6)$$

donde,

i	Tasa de interés nominal doméstica
i^{ext}	Tasa de interés internacional
π^{meta}	Meta de inflación del Banco Central
RIN	Reservas internacionales netas del Banco Central
RIN^{meta}	Meta de reservas internacionales netas del Banco Central
$\hat{\varepsilon}_t$	Tasa de variación del tipo de cambio

En el caso de la economía costarricense es necesario hacer consideraciones acerca del efecto de las finanzas públicas en el contexto de la determinación de la tasa de interés. De hecho, el financiamiento interno del déficit fiscal puede ejercer presión al alza sobre la tasa de interés a través del mercado de fondos prestables. Por tanto, en adición al efecto de las variables explicativas mencionadas se debe agregar el efecto de algunas variables de naturaleza fiscal dentro de esta ecuación.

Finalmente, por definición la relación entre tasa de interés real y tasa nominal es la siguiente:

$$i = r + \pi^e \quad (2.7)$$

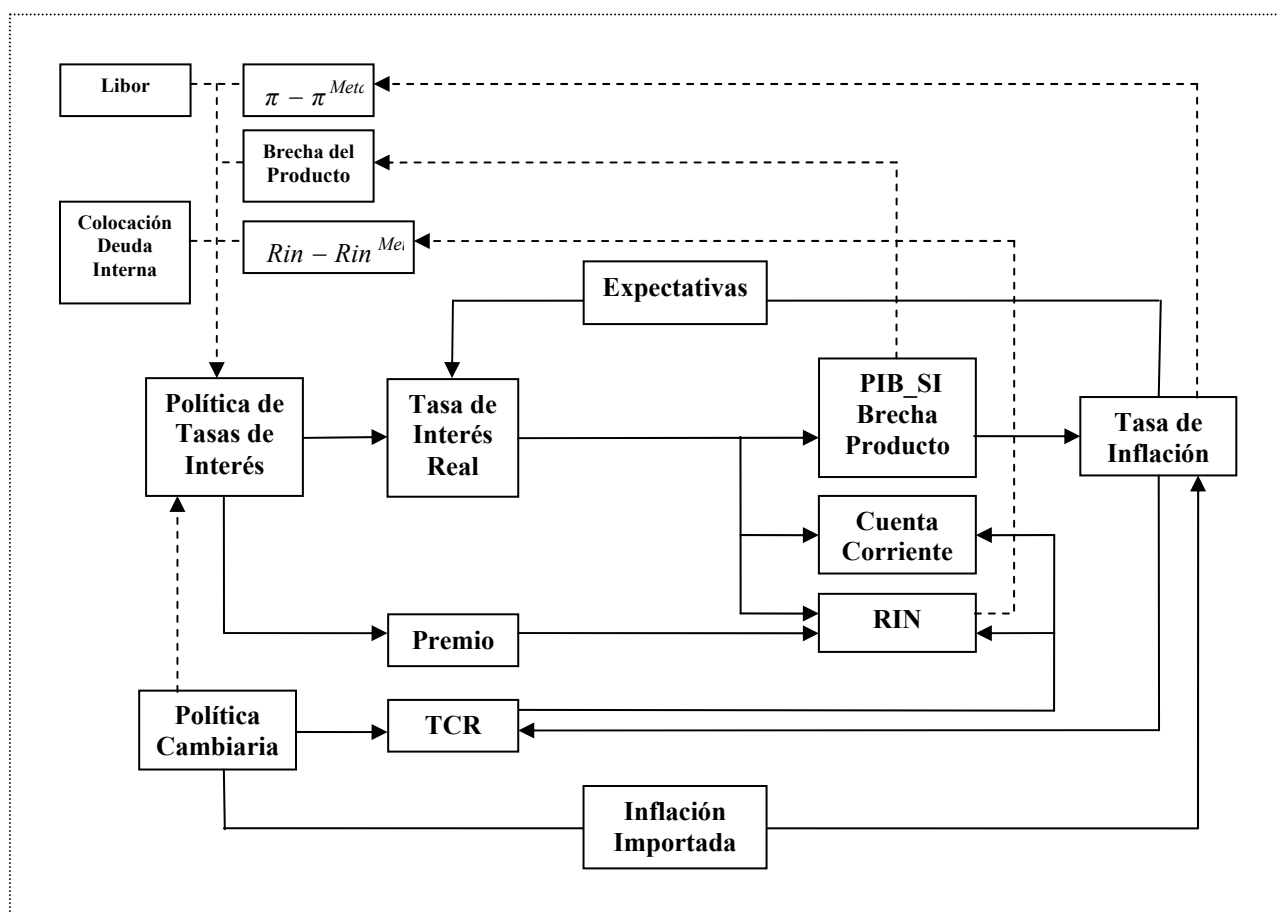
donde π^e es la tasa de inflación esperada.³

Dados los valores para las variables exógenas $E, P^*, \pi^*, \pi^{meta}, \varepsilon, y^*, y^{pot}, i^*, RIN^{meta}$, las ecuaciones (2.2), (2.4), (2.5), (2.6) y (2.7), hacen posible obtener los valores de equilibrio para y, P, r, i, RIN .

3 MECANISMOS DE TRANSMISIÓN DE MMPE

En esta sección se describen los mecanismos de transmisión de las políticas monetaria y cambiaria.

Figura 3_1
MMPE: DIAGRAMA DE LOS MECANISMOS DE TRANSMISIÓN
DE LAS POLÍTICAS MONETARIA Y CAMBIARIA



El diagrama anterior muestra los mecanismos mediante los cuales las políticas de tasas de interés y tasa de devaluación del Banco Central inciden en la tasa de inflación, la tasa de crecimiento del producto, la cuenta corriente y la acumulación de reservas monetarias internacionales.

- ✓ **Mecanismos de transmisión de la política monetaria:** Un aumento en la tasa de interés nominal, conlleva un aumento en la tasa de interés real, una contracción en el ritmo de crecimiento real y en la brecha del producto y, por esta vía, una reducción en las presiones inflacionarias por el lado de la demanda. El aumento en la tasa de interés real también incide en la absorción interna, por lo que mejora la cuenta corriente y

permite una mayor acumulación de RIN, tanto por la contracción en la absorción interna como por la atracción de capitales que genera un mayor premio de tasas de interés.

- ✓ **Mecanismos de transmisión de la política cambiaria:** Una reducción en la tasa de devaluación tiene un efecto directo sobre la tasa de inflación al reducir la inflación importada. Sin embargo, la reducción en la inflación típicamente tiene un rezago, y el pass-through del tipo de cambio a los precios típicamente no es completo por lo que una reducción en la tasa de devaluación conlleva una apreciación del tipo de cambio real, incrementando así el déficit de cuenta corriente y reduciendo la acumulación de RIN. Este deterioro en la posición externa constituye una limitante importante al uso del tipo de cambio para reducir la inflación cuando el país inicia su programa de desinflación con un nivel alto de déficit en cuenta corriente.
- ✓ **Función de reacción del Banco Central:** El Banco Central no solo causa cambios en sus variables objetivo sino que también reacciona ante choques externos o domésticos que provoquen desviaciones en las variables objetivo con respecto a sus niveles meta. En particular, la tasa de interés fijada por el Banco Central aumenta con la tasa internacional de interés (LIBOR), la tasa de devaluación, y la colocación interna neta de deuda pública. Además, es de esperar que una desviación hacia abajo de las reservas internacionales respecto de la meta, un aumento en la tasa de inflación en relación con la meta, y una disminución del producto con respecto al potencial, provoquen una subida en las tasas de interés.

En teoría, el Banco Central no solo reacciona variando su tasa de interés sino también variando la tasa de devaluación. Sin embargo, la tasa de devaluación es bastante menos variable debido a que, en general, solo se ajusta dos veces al año. A pesar de ello, una función de reacción para la tasa de devaluación aún está pendiente en este modelo.

4 RESULTADOS DE LA ESTIMACIÓN DEL MODELO MACROECONÓMICO DE PEQUEÑA ESCALA

Cada una de las ecuaciones presentadas en la sección 2 se estimó en forma independiente y no como un sistema de ecuaciones. Esta metodología evita que errores de especificación en una de las ecuaciones contamine el resto del sistema. Sin embargo, en las simulaciones que se efectúan posteriormente se utiliza el sistema de ecuaciones completo, de modo que las proyecciones de cada una de las variables dependen del nivel proyectado de las otras. Para la estimación de algunas ecuaciones se utiliza el método de cointegración con corrección de errores³, siguiendo el procedimiento de dos etapas sugerido por Engle y Granger⁴. El periodo de estimación va del primer trimestre de 1991 al primer trimestre del 2004.

³ Excepto para el caso de la ecuación de reservas internacionales netas (RIN), donde todas las variables resultaron estacionarias.

⁴ Greene, William H. (1993). *Econometric Analysis*. Second Edition.

4.1 Curva de Phillips:

La estimación de la curva de Phillips se realizó utilizando una especificación en la cual la tasa de inflación se explica en función de los niveles rezagados de la tasa de devaluación, la inflación externa, la brecha del producto sin Intel y la inflación rezagada.

$$\pi_t = 0.01 + 0.14 \cdot (y_{t-1} - \bar{y}_{t-1}) + 0.20 \cdot \varepsilon_{t-1} + 0.16 \cdot \pi_{t-1}^{USA} + 0.70 \cdot \pi_{t-1} + 0.06 \cdot D_BAC_t \quad (4.1)$$

(1.67) (1.87) (4.31) (2.25) (12.8) (5.31)

Con:

$$R_{aj}^2 = 94.1\%$$

$$DW = 1.87$$

Donde⁵,

- π_t : Tasa de inflación doméstica, medida por la variación interanual del IPC promedio trimestral.
- y_{t-1} : Logaritmo del PIB real sin Intel, desestacionalizado.
- \bar{y}_{t-1} : Logaritmo del PIB potencial.
- ε_{t-1} : Tasa de variación interanual del tipo de cambio nominal promedio trimestral.
- π_{t-1}^{USA} : Tasa de inflación externa, medida por la variación interanual del Índice de Precios al Productor (IPP) de Estados Unidos promedio trimestral.
- D_BAC : Variable dicotómica que se utiliza para reflejar el impacto de la quiebra del Banco Anglo Costarricense, a finales de 1994.

A partir de estos resultados se puede inferir:

- ✓ El efecto pass-through trimestral⁶, es de 0.2% por cada punto porcentual (p.p.) de variación del tipo de cambio nominal promedio y, en el largo plazo este efecto es equivalente a 0.7%.
- ✓ El coeficiente asociado a la brecha del producto indica que por cada punto porcentual de aumento en esta variable, la tasa de inflación se incrementaría en 0,14 p.p.
- ✓ La tasa de inflación doméstica se incrementaría en 0.16 p.p. por cada 1% de aumento en la tasa de inflación externa.
- ✓ El coeficiente de la inflación rezagada refleja el efecto inercial importante equivalente a 0.7%.

⁵ Los valores entre paréntesis corresponden a los estadísticos t de la estimación.

⁶ En estudio de León, Morera y Ramos. "El Pass Through del Tipo de Cambio: un análisis para la economía costarricense de 1991 a 2001". DIE-DM/11-2001-DI; este coeficiente resultó de 0,16% con datos mensuales.

4.2 Curva de Demanda Agregada:

El PIB de Costa Rica sin Industria Electrónica de Alta Tecnología (PIB_SI), se modela en función de la tasa de interés real doméstica, el producto real de Estados Unidos y los términos de intercambio. La especificación de la demanda agregada de largo plazo dentro del modelo tiene la siguiente forma⁷:

$$ly_t = \underset{(-0.62)}{-0.52} + \underset{25.91}{1.20} * ly_t^{USA} + \underset{3.35}{0.49} * liti_t - \underset{-2.18}{0.998} * (i_t - \pi_t^e) \quad (4.2)$$

Con:

$$R_{aj}^2 = 94.6\%$$

$$DW = 0.91$$

Donde,

y_t : Logaritmo del PIB real sin Intel (desestacionalizado).

i_t : Tasa básica bruta.

π_t^e : Tasa de inflación esperada.

y_t^{USA} : Logaritmo del PIB real de EUA.

$liti_t$: Logaritmo de los términos de intercambio sin Intel.

La curva de demanda agregada se estima aplicando la técnica de los modelos de corrección de errores de Engle y Granger⁸, donde la ecuación (4.2) corresponde al modelo de largo plazo y la ecuación (4.3) es la ecuación de corto plazo. En esta última ecuación las variables se expresan en términos de sus primeras diferencias $[d()]$.⁹

$$\begin{aligned} d(y_t) = & \underset{(2.53)}{0.02} - \underset{(-0.95)}{0.12} * d[(i_t - \pi_t^e)] + \underset{(0.52)}{0.06} * d[(i_{t-1} - \pi_{t-1}^e)] \\ & + \underset{(0.78)}{0.40} * d(y_t^{USA}) - \underset{(-0.04)}{0.02} * d(y_{t-1}^{USA}) + \underset{(1.78)}{0.23} * d(liti_t) \\ & - \underset{(-0.27)}{0.04} * d(liti_{t-1}) - \underset{(-4.11)}{0.64} * d(y_{t-1}) - \underset{(-0.27)}{0.04} * d(y_{t-2}) \\ & - \underset{(-1.91)}{0.20} * ec_{-y_{t-1}} \end{aligned} \quad (4.3)$$

⁷ Los valores entre paréntesis corresponden a los estadísticos t de la estimación.

⁸ La ecuación de largo plazo se estima con el método mínimos cuadrados en dos etapas, utilizando como instrumento para la tasa de interés real doméstica, la tasa libor real.

⁹ Los valores entre paréntesis corresponden a los estadísticos t de la estimación.

Con:

$$R_{aj}^2 = 43.7\%$$

$$DW = 1.96$$

Donde,

$ec_{y_{t-1}}$: Término de corrección de error.

De manera similar a lo comentado en la función anterior, los coeficientes de la ecuación (4.2) resultaron significativos y con el signo esperado.

De la ecuación de largo plazo, se infiere:

- ✓ El valor del coeficiente de la tasa de interés real, indica que ante aumentos de un punto porcentual en esta variable la tasa de crecimiento del PIB real se contrae en casi 1p.p.. Este comportamiento parece estar reflejando el efecto contractivo que la tasa de interés tiene principalmente, sobre la inversión privada como indicador del costo del capital y en ciertos casos sobre el consumo privado.
- ✓ Existe una relación de largo plazo estable entre la producción doméstica y el crecimiento real del producto de Estados Unidos de América (EUA). Según la estimación, por cada 1% de aumento en el PIB real de EUA el PIB_SI se incrementa en 1.2 p.p..
- ✓ El coeficiente asociado a los términos de intercambio sugiere un efecto positivo significativo sobre el PIB_SI e indica que al mejorar esa variable en 1%, la tasa de variación del producto real se incrementa en casi 0.5 p.p..

En la ecuación de corto plazo se destaca la significancia del término de corrección de error, el cual muestra el signo esperado y cuyo valor indica que cuando la relación entre el producto y sus variables explicativas se desvían de su nivel de equilibrio de largo plazo, en el corto plazo se ajusta en 0.20%.

4.3 Función de Reservas Internacionales Netas (RIN):

La variación de RIN se modela en función del tipo de cambio real, la tasa real de interés, el premio en tasas de interés, y la entrada neta de capitales oficiales. Un aumento en el tipo de cambio real permite una mejora en el saldo en cuenta corriente (y por esa vía favorece la acumulación de RIN) y a su vez, incentiva al sector exportador y desestimula las importaciones.

Un aumento en la tasa real de interés mejora el saldo en la cuenta corriente (y por esa vía favorece la acumulación de RIN) debido a que reduce la absorción interna. Un aumento en el premio en tasa de interés incentiva la entrada de capitales y por esa vía favorece la acumulación de RIN. Finalmente, se incluye una variable que captura las entradas de capital oficial como variable adicional que ayuda a explicar saltos en la acumulación de RIN que típicamente responden al carácter discreto de este tipo de flujos.

Se emplea el PIB como variable de escala con respecto a la cual se miden las variaciones de RIN, por cuanto es natural esperar que economías más grandes experimenten variaciones mayores en RIN, ceteris paribus los otros determinantes.

$$\Delta\left(\frac{RIN}{Y}\right)_t = -0.01 + 0.05 * \left(\frac{E_t P_t^*}{P_t} - \overline{TCR}_t\right) + 0.09 * (i_t - \pi_t^e) + 0.05 * (i_t - i_t^* - \varepsilon_t) + 0.33 * DX_t^{Pub} \quad (4.4)$$

(-3.86) (1.02) (2.67) (1.87) (3.56)

Con:

$$R_{aj}^2 = 33.2\%$$

$$DW = 2.11$$

Donde¹⁰:

$\Delta\left(\frac{RIN}{Y}\right)_t$:	Variación de la relación de reservas internacionales entre el PIB
$(i_t - \pi_t^e)$:	Tasa básica real
i_t :	Tasa básica bruta
π_t^e :	Tasa de inflación esperada
$\left(\frac{E_t P_t^*}{P_t} - \overline{TCR}_t\right)$:	Gap de tipo de cambio real
P_t^* :	IPP de EUA, promedio trimestral
P_t :	IPC promedio trimestral
E_t :	Tipo de cambio nominal promedio trimestral
\overline{TCR}_t :	Tipo de cambio real de tendencia estimado con el filtro de Hodrick y Prescott
$(i_t - i_t^* - \varepsilon_t)$:	Premio entre tasas de interés
i_t^* :	Tasa LIBOR a seis meses
ε_t :	Tasa de variación interanual del tipo de cambio nominal promedio trimestral
DX_t^{Pub} :	Saldo de la deuda pública externa como proporción del PIB.

Los coeficientes de esta ecuación fueron significativos y con el signo esperado.

- ✓ En este caso, mayores tasas de interés reales y depreciaciones reales se traducen en ganancias de RIN.
- ✓ El premio en tasas de interés es el que mayor sensibilidad tiene para explicar la variación de reservas del sector privado.

¹⁰ Los valores entre paréntesis corresponden a los estadísticos t de la estimación.

- ✓ Las variaciones en los saldos de deuda pública externa como proporción del PIB muestran un coeficiente de 0.3%.

4.4 Función de reacción del Banco Central para determinar la tasa de interés

Históricamente, la tasa básica bruta de interés¹¹ se ha movido en forma muy cercana a la tasa de los bonos que utiliza el Banco Central como instrumento de política en sus operaciones de mercado abierto (Bonos de Estabilización Monetaria BEM). Por esta razón, se modela la tasa básica de interés en función de variables que el Banco Central podría haber considerado en el pasado a la hora de establecer la tasa sobre BEM's. Estas variables son la tasa de interés internacional, la tasa de devaluación, las desviaciones de la inflación con respecto a la inflación meta (establecida en el programa monetario y sus revisiones), desviaciones del producto con respecto a la tendencia o producto potencial, desviaciones de las RIN con respecto a la tendencia de largo plazo, y la colocación interna neta de deuda pública¹².

La ecuación para la función de reacción del Banco Central para determinar la tasa de interés tiene la siguiente especificación¹³:

$$i_t = 0.12 + 0.42 * i_t^* + 0.40 * \varepsilon_t + 0.63 * \left(y_t - \bar{y}_t \right) + 0.24 * \left(\pi_t - \pi_t^{meta} \right) - 0.09 * \left(rin_t - \bar{rin}_t \right) + 0.91 * D_t^{PUB} \quad (4.5)$$

(8.01) (1.65) (3.50) (4.75) (1.78)

(-2.28) (2.68)

Con:

$$R_{aj}^2 : 73.1\%$$

$$DW : 1.39$$

Donde¹⁴:

i_t : Tasa básica bruta.

i_t^* : Tasa LIBOR a seis meses.

ε_t : Tasa variación interanual del tipo de cambio nominal promedio trimestral.

y_t : Logaritmo del PIB real sin Intel desestacionalizado.

\bar{y}_t : Logaritmo del PIB potencial.

¹¹ Tasa promedio ponderado de todas las tasas brutas a seis meses del Sistema Bancario Nacional, entidades financieras, Gobierno Central y BCCR.

¹² Colocación neta de bonos por parte del Gobierno Central y BCCR.

¹³ Todos los coeficientes muestran los signos teóricos esperados y, con excepción del de la LIBOR, resultaron significativos.

¹⁴ Los valores entre paréntesis corresponden a los estadísticos t de la estimación.

- π_t : Tasa de inflación doméstica, medida por la variación interanual del IPC promedio trimestral.
- π_t^{meta} : Tasa de inflación meta del Programa Monetario.
- rin_t : Logaritmo del saldo promedio trimestral de las reservas internacionales netas.
- \overline{rin}_t : Logaritmo del saldo promedio trimestral de las reservas internacionales netas de tendencia.
- D_t^{PUB} : Colocación interna neta de títulos de propiedad y BEM, como proporción del PIB.

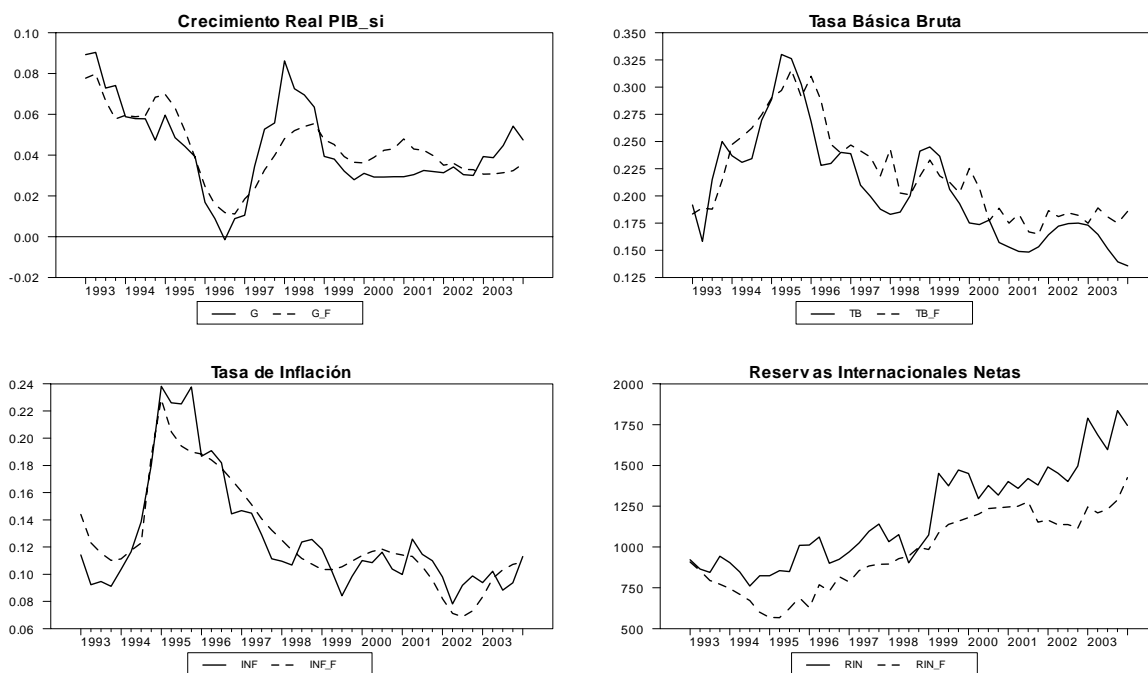
Se infiere que BCCR reacciona:

- ✓ Ante desvíos en la tasa de inflación observada respecto de la meta programada en el equivalente a 0.24 p.p. por cada 1% de desvío.
- ✓ De igual forma, se aprecia que la defensa del tipo de cambio es un elemento importante dentro del accionar de BCCR.
- ✓ En términos de la Paridad Descubierta de Tasas de Interés, el BCCR responde ajustando sus tasas en 0.42 p.p. por cada 1% de aumento en la tasa LIBOR a seis meses.
- ✓ Por otra parte, cuando la producción real se encuentra creciendo por encima de su nivel potencial, la posibilidad de que esto se traduzca en presiones inflacionarias por el lado de la demanda, hace que las autoridades decidan ajustar hacia arriba la tasa de interés en el equivalente a 0.63 p.p. por cada 1% de incremento en la brecha del producto.
- ✓ El manejo de las tasas de interés por parte del BCCR se encuentra afectado por el comportamiento de las reservas internacionales netas. Concretamente, si éstas se encuentran por encima de lo que se considera su tendencia natural y BCCR no desea acumular reservas más allá de los que considera necesario, el ajuste se hará sentir por medio de una disminución en la tasa de interés de 0.1 p.p. por cada 1% de exceso de acumulación de reservas.
- ✓ Finalmente, existe una relación positiva entre la tasa de interés y la colocación interna neta de títulos de propiedad y BEM, por parte de la Tesorería Nacional y el BCCR, respectivamente. Cuanto mayor es la colocación interna de deuda pública, mayor es la presión de demanda por fondos en este mercado y esto justifica un aumento en la tasa de interés, dada una oferta de fondos. En efecto, por cada 1% de aumento en esta variable las tasas de interés se ven presionadas al alza en 0.9 p.p.

5 CAPACIDAD DE PRONÓSTICO DE MMPE DENTRO DE LA MUESTRA

Esta sección tiene el propósito de ilustrar la capacidad de pronóstico del modelo estimado en la sección anterior, para el periodo muestral 1991:1 a 2004:1.

Figura 5_1
Modelo Macroeconómico de Pequeña Escala
Capacidad de pronóstico dentro de la muestra



En la Figura 5_1 se muestran gráficamente los ajustes obtenidos para las cuatro principales variables endógenas del modelo, esto es: el crecimiento real del PIB_SI (G y G_F valores observado y ajustado, respectivamente), la tasa de inflación promedio (INF e INF_F valores observado y ajustado, respectivamente), la tasa básica bruta (TB y TB_F valores observado y ajustado, respectivamente) y el saldo de RIN (RIN y RIN_F valores observado y ajustado, respectivamente).

Las proyecciones realizadas, toman como último valor observado el de 1991, por lo que el horizonte de proyección es mucho más largo que el horizonte de dos años para el cual se diseñó el modelo. Debido a que la proyección de la inflación, la tasa básica y el nivel de RIN¹⁵ dependen de los niveles alcanzados por tales variables en el período anterior, la capacidad de pronóstico del modelo disminuye conforme aumenta el horizonte de proyección.

En general, la capacidad de pronóstico del modelo dentro de la muestra es satisfactoria. Las ecuaciones de producto, tasa de inflación, variación de RIN y tasa básica nominal se caracterizan por estadísticos U de Theil iguales, en su orden, a 0.03, 0.02, 0.5, y 0.06 a lo largo del período muestral. Esto indica que estos modelos producen proyecciones significativamente mejores que las que se obtendrían de un modelo ingenuo en el que se pronostica cero cambio en el nivel de tales variables.

6 EJERCICIOS DE SIMULACIÓN DE CHOQUES DE VARIABLES EXÓGENAS Y AJUSTES DE POLÍTICA ECONÓMICA

En esta sección se presenta una serie de ejercicios de simulación a partir del Modelo Macroeconómico de Pequeña Escala detallado en las secciones anteriores. El objetivo de estos ejercicios es analizar la consistencia del modelo. Para ello se simulan choques de las variables de política (tasas de interés y de devaluación nominal) y de algunas variables exógenas (tasa de interés externa, crecimiento real de Estados Unidos y términos de intercambio), y se observa el cambio en algunas de las variables endógenas con respecto a un escenario base en el que no se dan tales choques. En la mayor parte de los casos se evalúan dos posibilidades: un choque transitorio y un choque permanente.

Todas las respuestas de las variables están medidas en puntos porcentuales (una unidad es un punto porcentual), excepto en el caso de las reservas monetarias internacionales que se miden en millones de dólares.

6.1 Efecto de un choque en la producción de Estados Unidos

De acuerdo con las funciones de impulso respuesta que se obtienen a partir de la simulación del Modelo Macroeconómico de Pequeña Escala, se puede concluir que en general el efecto de un incremento en el ritmo del crecimiento de la producción del principal socio comercial de Costa Rica genera las reacciones esperadas en las demás variables del modelo.

Por ejemplo, la presencia de un choque positivo transitorio de la magnitud de un punto porcentual en la tasa de crecimiento de Estados Unidos, genera en primera instancia una reacción igualmente positiva en el crecimiento real de la producción doméstica, de poco más de 0.4¹⁶.

¹⁵ El modelo predice la variación trimestral en el saldo de RIN. Dado el saldo del período anterior, se obtiene la proyección del saldo de RIN que se presenta en el gráfico.

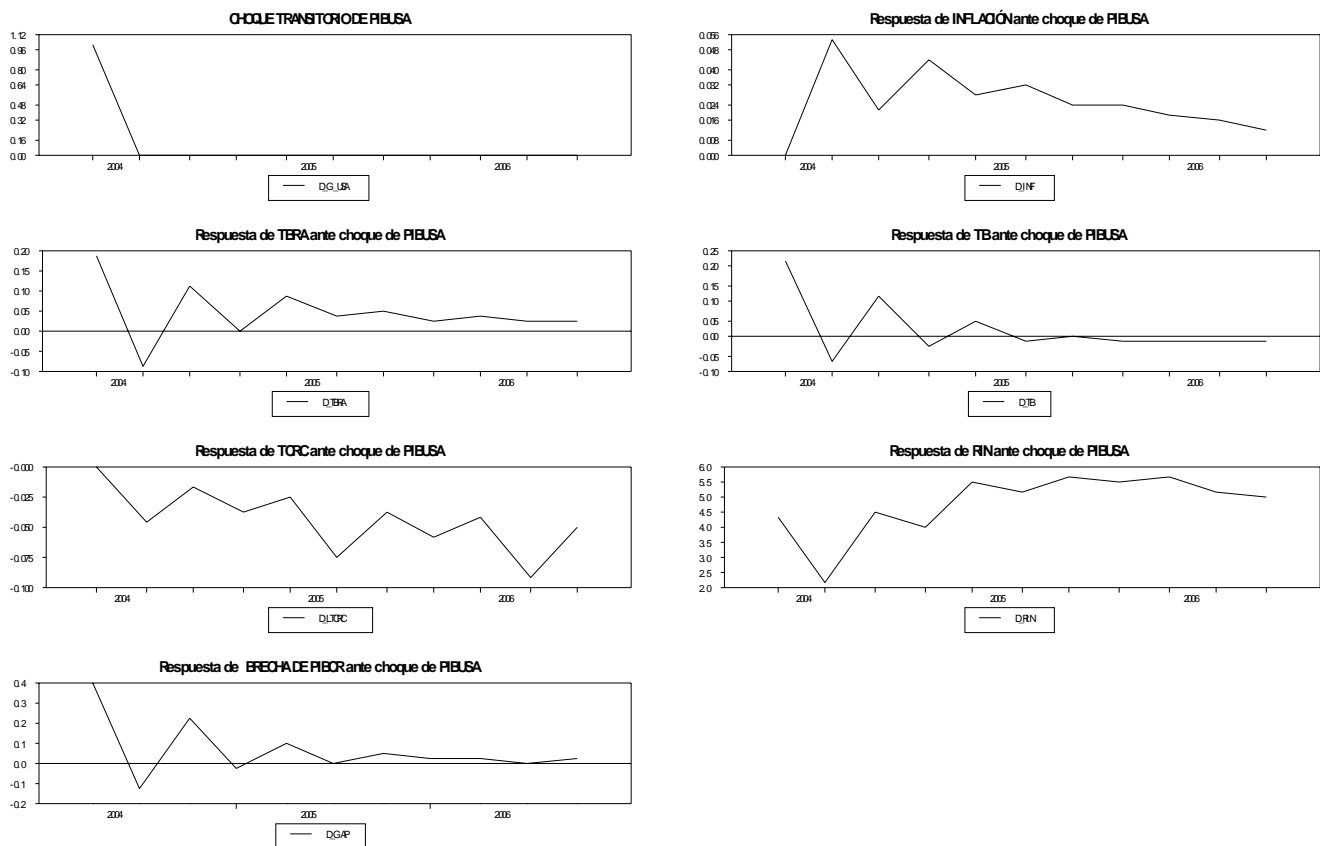
¹⁶ Este comportamiento podría explicarse por el efecto, que es de esperar tendría, un incremento en la demanda por las exportaciones costarricenses tiene sobre la producción local.

La respuesta de la inflación es positiva en un primer momento, aunque de poca magnitud, y en los trimestres siguientes se muestra una tendencia a regresar su nivel original. Este comportamiento es consistente con el observado en la brecha del producto real. La tasa básica pasiva real tiende en un primer momento a incrementarse en cerca de 0.2 puntos porcentuales, como respuesta al mayor crecimiento en la brecha del producto y el leve repunte en la inflación (en relación con la meta del BCCR).

Debido a que la inflación aumenta levemente y la tasa de devaluación se mantiene invariable, el tipo de cambio real se aprecia.

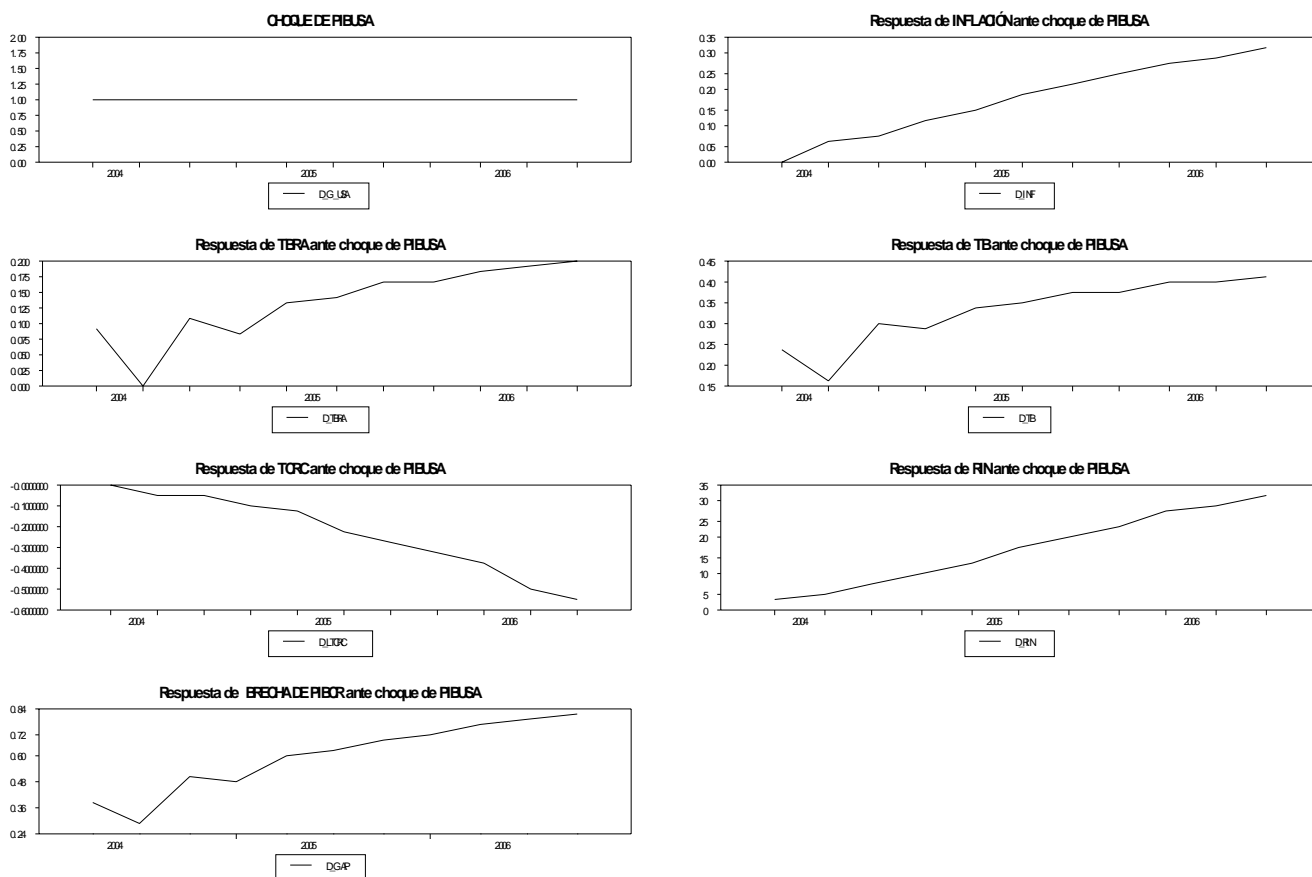
La respuesta de las Reservas Internacionales Netas es positiva luego de un choque temporal en el crecimiento de Estados Unidos. El saldo de RIN se incrementa durante los primeros cinco trimestres debido al aumento en la tasa de interés real y el premio en tasa de interés.

Figura 6_1
Modelo Macroeconómico de Pequeña Escala
Función Impulso Respuesta
Ante un choque transitorio en el crecimiento de Estados Unidos



En caso de que se trate de un choque permanente (vea la Figura 6_2), es decir un incremento de 1 punto porcentual en la tasa de crecimiento de la producción real de Estados Unidos a lo largo de 11 trimestres, la respuesta de las variables es igualmente la esperada: una aceleración en la tasa de crecimiento de la producción doméstica. De igual modo, la brecha del producto real muestra aumentos sostenidos a lo largo de todo el horizonte de proyección analizado.

Figura 6_2
Modelo Macroeconómico de Pequeña Escala
Función Impulso Respuesta
Ante un choque permanente en el crecimiento de Estados Unidos



El incremento de la producción de Estados Unidos provoca un crecimiento de la inflación para todo el periodo, producto del comportamiento creciente de la brecha de producción (como consecuencia del mayor ritmo de crecimiento de la economía motivado por una expansión en la demanda agregada).¹⁷ Este resultado de la inflación es el que explica la apreciación del tipo de

¹⁷ Esto se puede explicar mediante las presiones de demanda de los bienes transables por parte de una economía grande y por una presión sobre los no transables dentro de la economía costarricense debido al empuje recibido por el producto interno.

cambio, la cual también es constante a lo largo del periodo, esto por cuanto en el modelo no se prevé un cambio en la variación del tipo de cambio nominal.

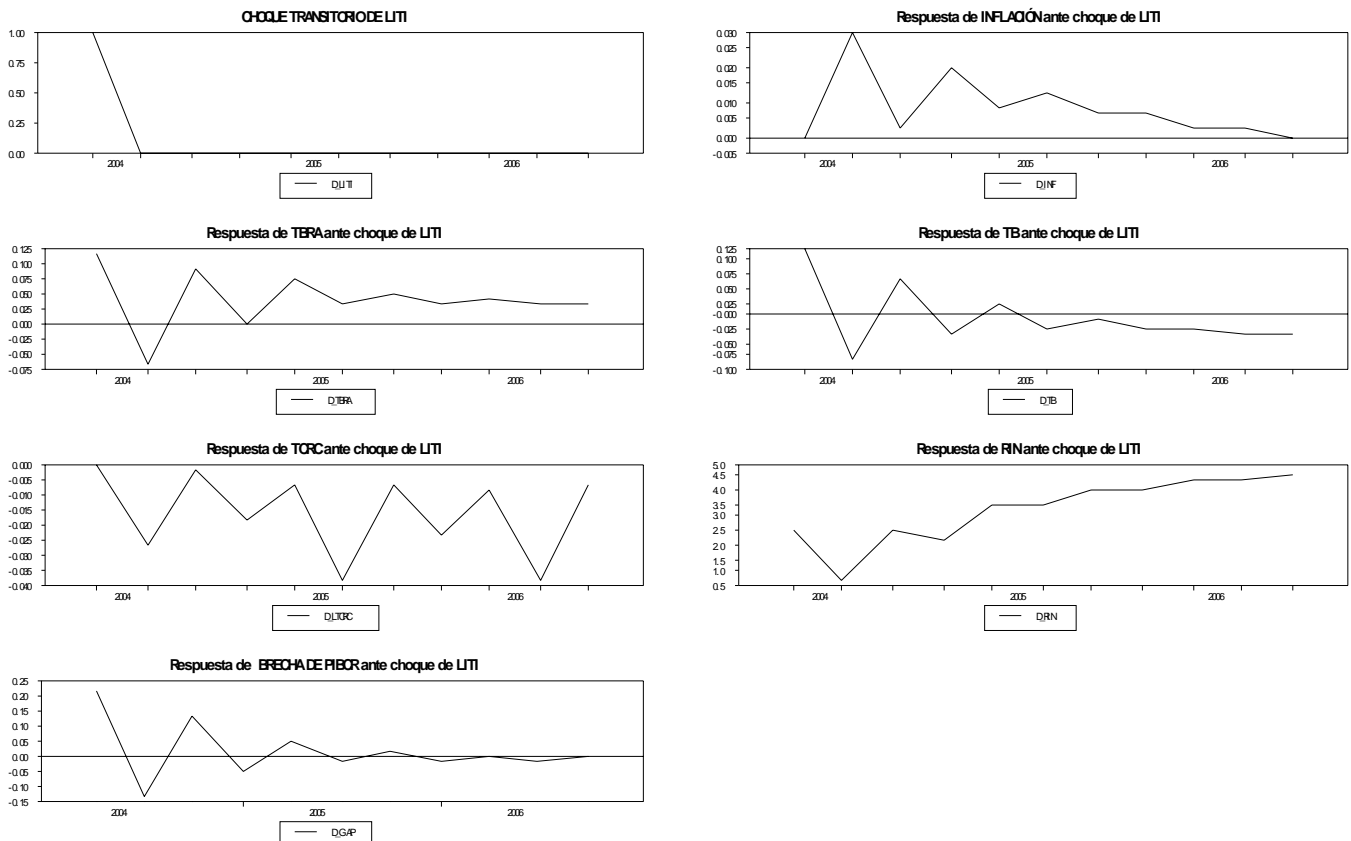
La tasa de interés tiene una reacción positiva y constante. Este aumento en la tasa de interés real es resultado de una política restrictiva del Banco Central para controlar el efecto de una mayor brecha por el aumento en la demanda agregada y las presiones inflacionarias producto de la aceleración de la economía mundial.

Consistente con lo observado en el caso de un choque transitorio, en este caso las RIN muestran un proceso de acumulación sostenido a lo largo del periodo de estudio.

6.2 Efecto de un choque en los términos de intercambio

Dado el sesgo exportador que posee la economía costarricense un choque de términos de intercambio tiene un efecto significativo sobre las variables macroeconómicas, esto se refleja en el análisis de los resultados de la simulación del MMPE.

Figura 6_3
Modelo Macroeconómico de Pequeña Escala
Función Impulso Respuesta
Ante un choque transitorio en los Términos de Intercambio



Los resultados muestran que un choque positivo y transitorio de un punto porcentual sobre los términos de intercambio posee un efecto positivo sobre el producto doméstico. Esto se puede explicar porque el aumento en el precio relativo en los bienes exportables permite una expansión del sector de productos exportables. En el tanto en que este sector se caracterice por una mayor productividad que los otros sectores de la economía, esto permitiría un aumento en la tasa de crecimiento real del producto agregado. Además, el aumento en el ingreso que permite un choque positivo en términos de intercambio, puede llevar a una expansión en la demanda interna que también produciría un aumento en la producción.

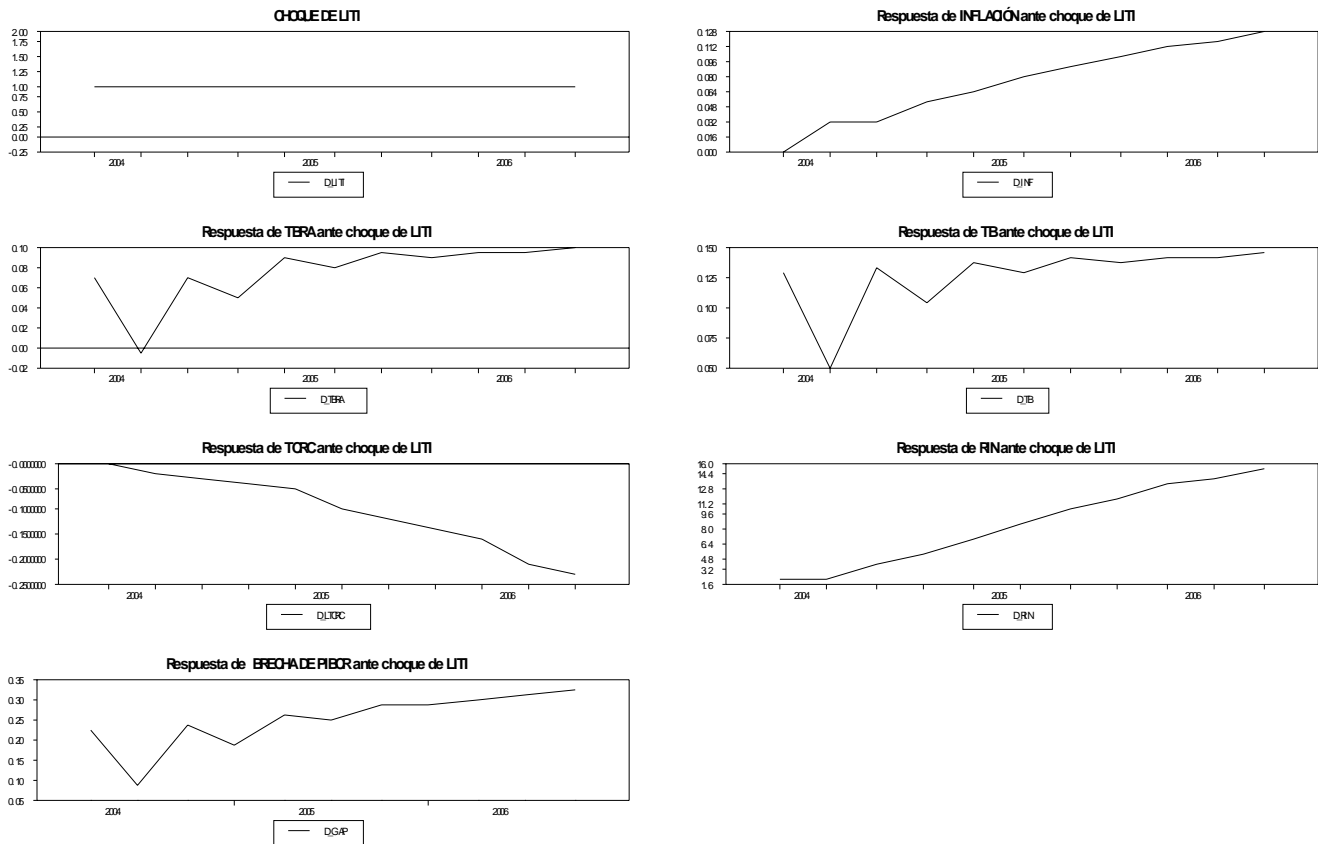
Este incremento en la producción como resultado en la mejora en los términos de intercambio afecta de manera indirecta la inflación (a través de la brecha del producto). Este incremento en la inflación es de carácter temporal pues da signos de converger a su nivel original al cabo de tres años.

Por su parte la tasa de interés real también se incrementa, debido a la reacción del BCCR ante un aumento en la brecha del producto y en la tasa de inflación con respecto a la meta programada.

El tipo de cambio real tiende a apreciarse ante el choque positivo en términos de intercambio. Esto se debe al aumento en la tasa de inflación doméstica dada una tasa de devaluación constante.

Finalmente, el MMPE pronostica una acumulación de reservas monetarias internacionales ante la mejora en términos de intercambio. Esto se debe a que el aumento en las tasas de interés lleva a una mayor tasa de interés real y a un mayor premio en tasas que atrae capitales extranjeros al país. Estos dos factores más que compensan el efecto negativo sobre RIN de la apreciación real del tipo de cambio.

Figura 6_4
Modelo Macroeconómico de Pequeña Escala
Función Impulso Respuesta
Ante un choque permanente en los Términos de Intercambio



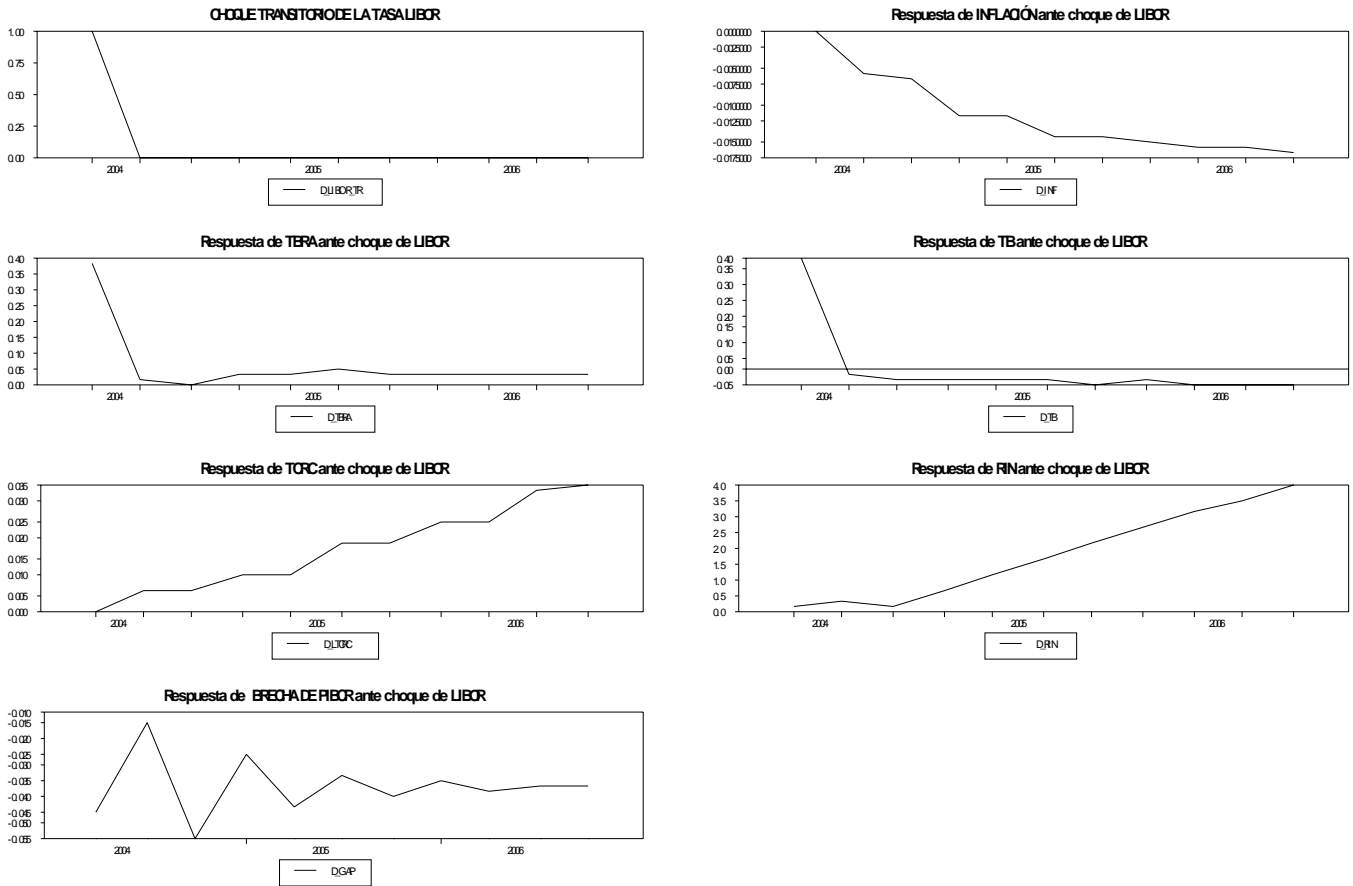
6.3 Efecto de un choque en la tasa LIBOR

De acuerdo con las simulaciones del MMPE, el efecto de un choque transitorio positivo en la tasa de interés internacional de una magnitud de 1 punto porcentual se refleja en un incremento en la tasa básica real doméstica de carácter igualmente transitorio con una magnitud de 0.4 puntos porcentuales.

Consistente con lo anterior, la respuesta de la producción real es contractiva, explicada por el efecto que tiene sobre la inversión y el consumo los incrementos en el costo del financiamiento tanto en el mercado interno como en el externo. Por tanto, la brecha del producto disminuye, aunque el efecto no es económicamente significativo. Debido a que la tasa real se mantiene levemente por encima de su nivel base, la brecha del producto no converge por completo a cero. Sin embargo, ambos efectos son poco significativos en términos económicos.

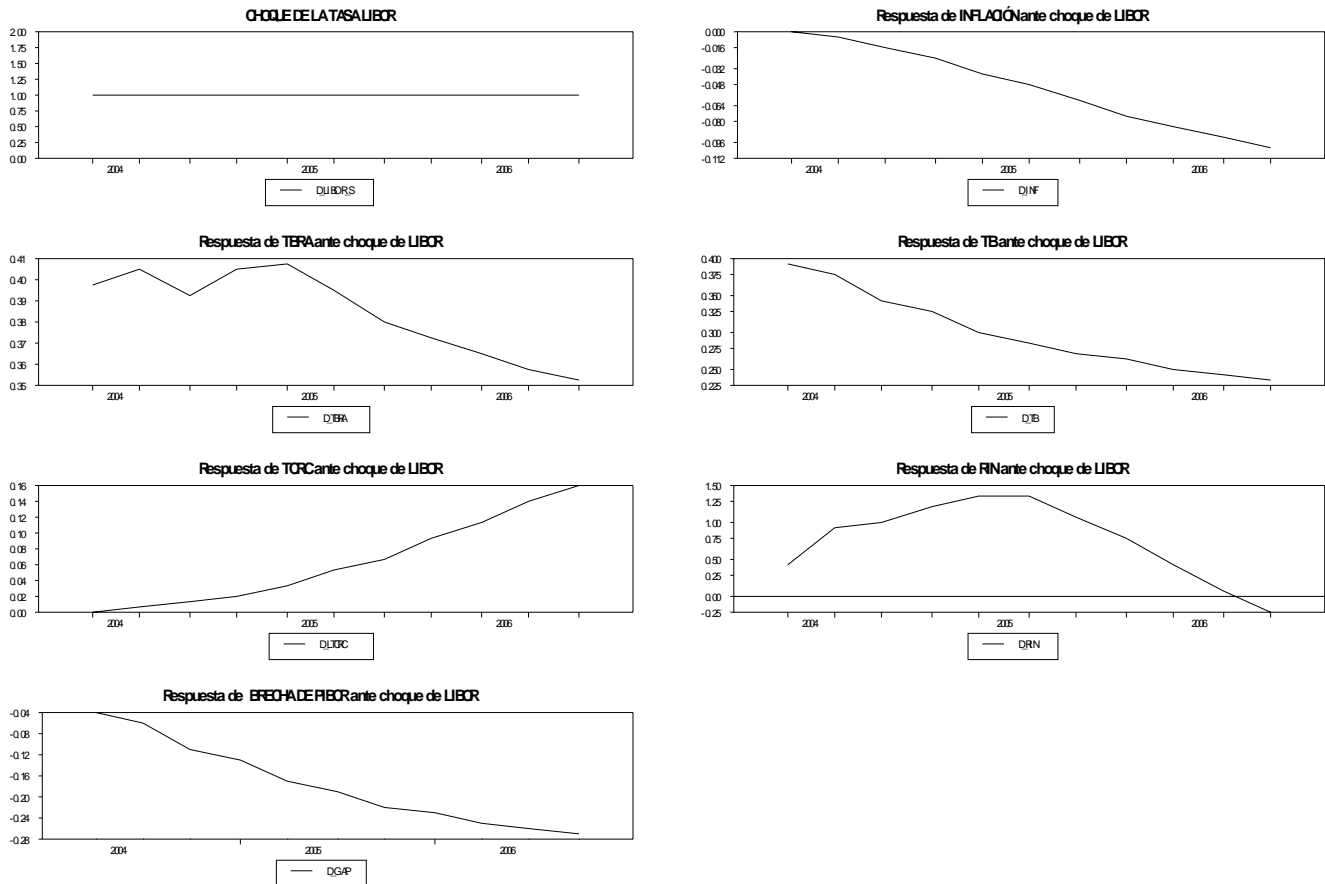
La reducción en la brecha del producto también reduce la tasa de inflación, aunque esta reducción es relativamente pequeña.

Figura 6_5
Modelo Macroeconómico de Pequeña Escala
Función Impulso Respuesta
Ante un choque transitorio en la tasa LIBOR



El tipo de cambio real se deprecia levemente debido a la reducción en la inflación manteniendo la pauta de devaluación constante. La devaluación real del tipo de cambio y el aumento en la tasa real de interés también explican una leve acumulación de RIN durante el período.

Figura 6_6
Modelo Macroeconómico de Pequeña Escala
Función Impulso Respuesta
Ante un choque permanente en la tasa LIBOR



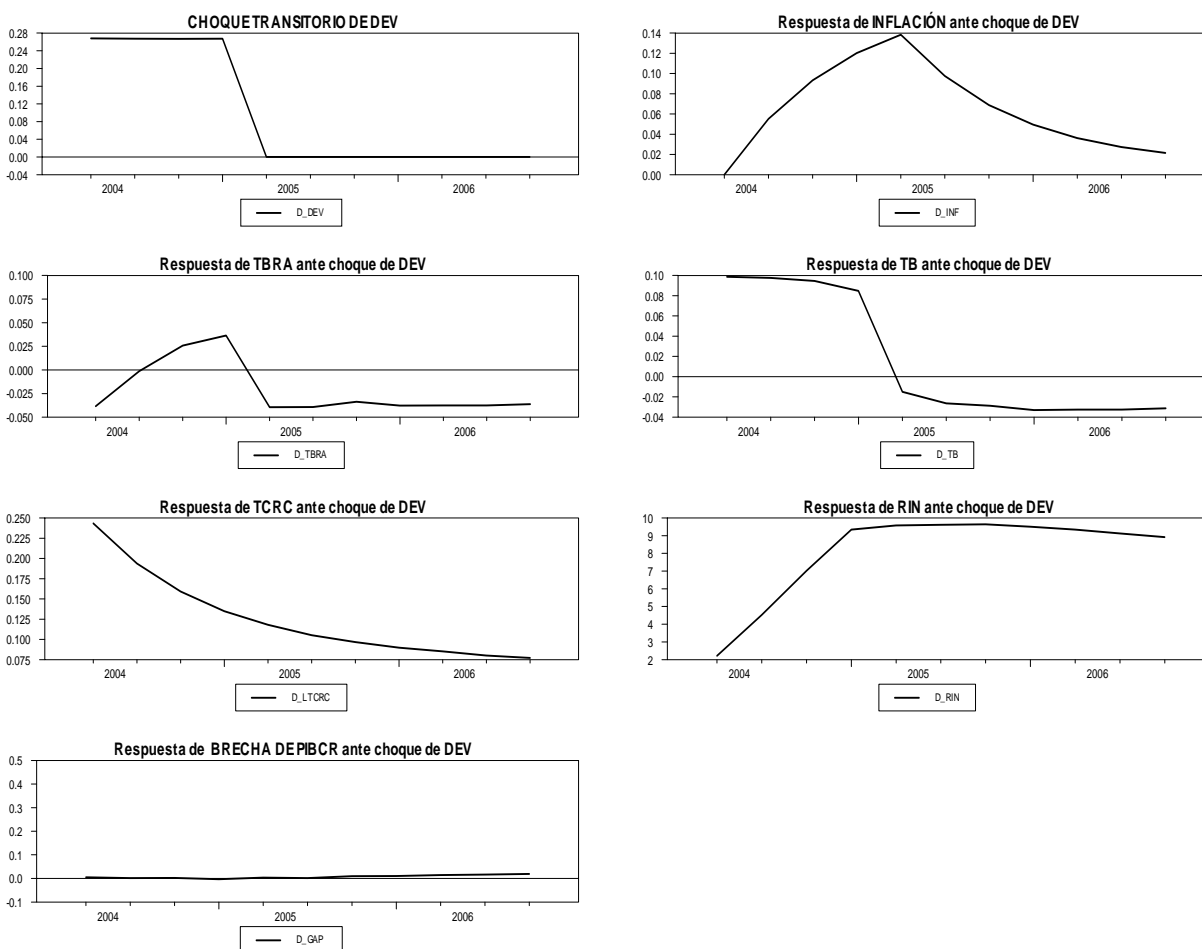
La figura 6_6 muestra el efecto de un choque permanente en la tasa LIBOR. En general, se puede comentar que existe consistencia en las señales que brinda el modelo. La respuesta es una contracción permanente en el crecimiento del producto interno real, lo que se traduce en una brecha descendente del producto, una reducción en la tasa de inflación y una depreciación real del tipo de cambio. Las tasas de interés real y nominal aumentan en primera instancia en respuesta al aumento en LIBOR, y luego descienden gradualmente en respuesta a la reducción en la tasa de inflación con respecto a la meta.

Las respuestas observadas ante un choque permanente en LIBOR no son consistentes con la convergencia a un nuevo estado estacionario. Esto pone en evidencia la necesidad de imponer algunas restricciones de largo plazo en el modelo que garanticen la convergencia a un estado estacionario en el largo plazo. Este trabajo que queda pendiente para estudios posteriores.

6.4 Efecto de un choque en la tasa de devaluación

La Figura 6_7 muestra los efectos de un aumento en la tasa de devaluación durante un trimestre. El aumento simulado es de 0.25 puntos porcentuales (equivalente a un 1% anualizado). DEV es la devaluación interanual del tipo de cambio. El aumento en la tasa de devaluación trimestral durante un período, implica un aumento en la devaluación interanual durante un año.

Figura 6_7
Modelo Macroeconómico de Pequeña Escala
Función Impulso Respuesta
Ante un choque transitorio en la tasa de devaluación



El aumento en la tasa de devaluación se traduce en un aumento temporal en la tasa de inflación, cuya reacción llega a un máximo tras cuatro trimestres y converge a cero gradualmente en los siguientes dos años. La tasa básica aumenta con el aumento en la tasa de devaluación, pero no en la misma magnitud, por lo que la tasa real inicialmente se vuelve negativa. La tasa real se calcula como la diferencia entre la tasa básica y la inflación acumulada cuatro trimestres hacia delante. Debido a que la inflación pronosticada disminuye a partir del quinto trimestre, la tasa básica real aumenta progresivamente a partir del segundo semestre. Una vez que el choque en la devaluación interanual desaparece, la tasa básica nominal y la real se ajustan a la baja. El aumento temporal en la tasa de devaluación acompañado de una reacción rezagada de la tasa de inflación se traduce en un aumento del tipo de cambio real. Luego, el tipo de cambio real se reduce gradualmente conforme la diferencia entre la tasa de devaluación y la tasa de inflación se reduce.

El aumento en el tipo de cambio real, se traduce en una mayor acumulación de RIN, a pesar de que la respuesta de la tasa básica de interés y el premio en tasa de interés es negativa a partir del quinto trimestre.

Finalmente, la brecha del producto crece, aunque muy levemente, debido a la reducción en el nivel de la tasa básica real.

La Figura 6_8 muestra el efecto de un aumento permanente en la tasa de devaluación trimestral equivalente a un 1 punto porcentual (p.p.) anualizado. Lo anterior implica un aumento progresivo en la tasa de devaluación interanual durante un año hasta alcanzar un 1% en el cuarto trimestre, momento a partir del cual, la tasa interanual se mantiene constante. Como consecuencia de un aumento de 1 p.p. en la tasa de devaluación interanual, la tasa de inflación interanual aumenta progresivamente, aumentando hasta 0.75 p.p. al cabo de 10 trimestres, lo que ilustra un pass-through importante del tipo de cambio a los precios.

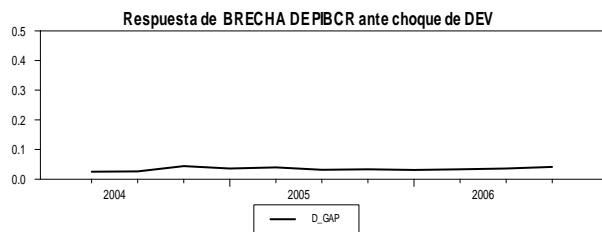
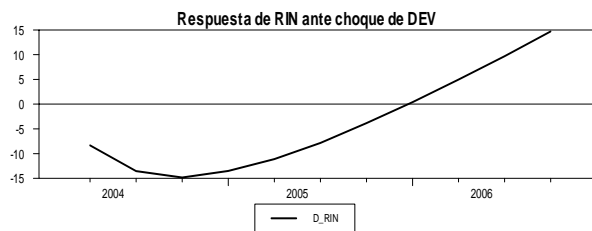
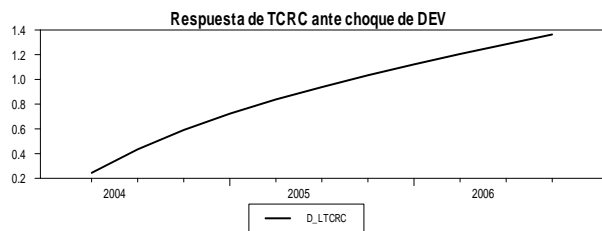
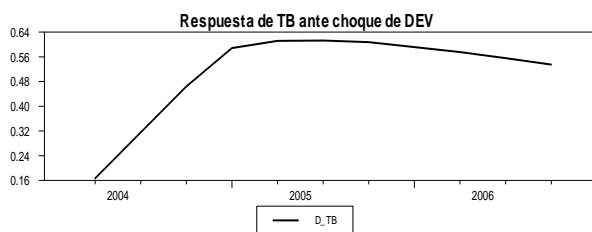
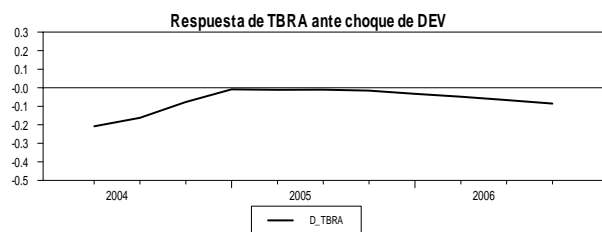
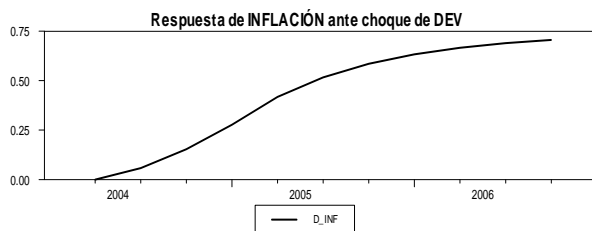
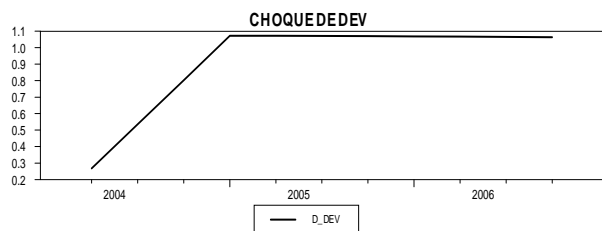
Debido a que el pass-through que se proyecta tiene un rezago y es incompleto (es decir, la inflación no aumenta pari passu con la devaluación, el tipo de cambio real aumenta progresivamente durante todo el período. El hecho de que un aumento permanente en la tasa de devaluación nominal tenga efectos permanentes en el tipo de cambio real refleja la ausencia de restricciones que garanticen en el modelo la dicotomía clásica entre variable reales y nominales en el largo plazo. Tales restricciones se incorporarán en estudios posteriores. En el tanto en que se utilice este modelo para proyecciones de corto plazo, es de esperar que la ausencia de tales restricciones no limite seriamente nuestras conclusiones.

El aumento progresivo en la tasa de devaluación interanual se traduce en un aumento progresivo en la tasa básica nominal, aunque este aumento no compensa por completo el aumento en la tasa de devaluación y en la tasa de inflación, con lo que el premio de tasa de interés y la tasa real de interés se reducen (temporalmente en el caso de ésta última).

La reducción en la tasa real de interés y el premio en tasa de interés se traducen en una pérdida inicial de RIN, que luego es revertida gracias a la devaluación real del tipo de cambio.

Finalmente, la brecha del producto aumenta levemente gracias a que la tasa real responde al choque de devaluación con una leve reducción que se mantiene al cabo de 10 trimestres.

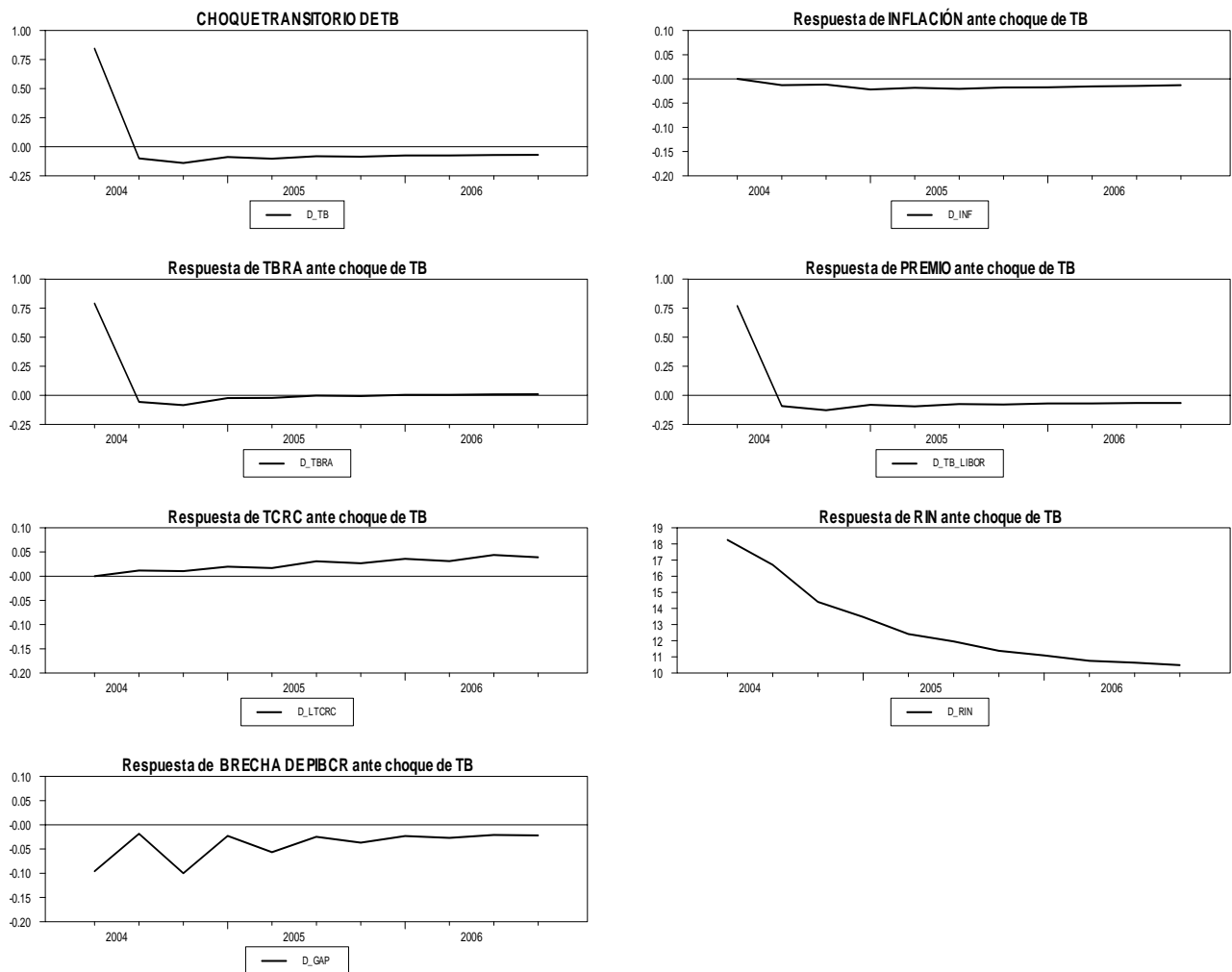
Figura 6_8
Modelo Macroeconómico de Pequeña Escala
Función Impulso Respuesta
Ante un choque permanente en la tasa de devaluación



6.5 Efecto de un choque en la tasa de interés

La figura 6_9 muestra el efecto de un choque a la tasa de interés. Como esta es una variable endógena en el modelo, se simula el efecto de un choque a la variable en el primer trimestre, y luego se permite que la función de reacción determine su comportamiento durante el resto del período. El aumento inicial en la tasa de interés nominal se traduce en un aumento de la tasa de interés real, y una reducción en la brecha del producto real. El producto tiene una reacción fuertemente oscilatoria.

Figura 6_9
Modelo Macroeconómico de Pequeña Escala
Función Impulso Respuesta
Ante un choque transitorio en la tasa de interés



La reducción en la brecha del producto conlleva una reducción en la tasa de inflación, aunque la magnitud del cambio en la tasa de inflación es poco significativa económicamente. Esto se traduce también en un aumento del tipo de cambio real, aunque de magnitud económicamente poco significativa.

El aumento temporal en la tasa de interés se traduce en un aumento temporal en el premio de tasa de interés y una acumulación de reservas internacionales que se revierte gradualmente una vez que la tasa básica vuelve a niveles cercanos a los iniciales.

7 UN MODELO DE VECTORES AUTORREGRESIVOS PARA LA ECONOMÍA COSTARRICENSE

El modelo desarrollado en las secciones anteriores es de carácter estructural, es decir las relaciones básicas entre las variables poseen un fundamento teórico ya sea de manera formal o informal. Estos modelos estructurales poseen limitaciones, en cuanto a las restricciones que plantean.

Por otro lado, el enfoque de los modelos de vectores autorregresivos (VAR) no impone restricciones sobre la estructura de la economía. Estos modelos VAR constituyen un sistema de ecuaciones las cuales poseen como variables explicativas los rezagos de si mismas y de las demás variables del sistema. De esta forma se estiman estadísticamente las relaciones dinámicas entre el conjunto de variables basándose en sus valores pasados.

La experiencia de algunos bancos centrales alrededor del mundo apunta a que estos modelos constituyen un buen complemento de los modelos macroeconómicos; son empleados tanto para generar pronósticos como para evaluar el efecto de choques sobre diversas variables de la economía. Logrando así un punto de comparación con los resultados de los modelos macroeconómicos estructurales, además de enriquecer el análisis de las relaciones dinámicas dentro de la economía.

En esta sección, se observan las respuestas de un grupo de variables de interés ante choques externos utilizando un modelo VAR para generar las funciones de impulso-respuesta, éstas se comparan con los resultados del MMPE descrito anteriormente. Adicionalmente, se evalúan las reacciones ante choques en las variables endógenas del modelo.

El modelo de vectores autorregresivos propuesto para el caso de Costa Rica está compuesto por cuatro ecuaciones correspondientes a cada una de las siguientes variables macroeconómicas de interés para el Banco Central:

- inflación,
- producto real,
- tipo de cambio real,
- tasa de interés real.

Por tratarse de una economía pequeña, se incorpora el efecto sobre las variables domésticas de algunas variables internacionales relevantes como tasa LIBOR, brecha del producto de Estados Unidos, y términos de intercambio.

El orden de las variables dentro del sistema VAR se establece en función del grado de exogeneidad de cada una de ellas, partiendo de la más endógena a la más exógena¹⁸. Siendo en este caso la inflación la variable más endógena y la tasa básica pasiva real la más exógena.

El sistema del modelo de vectores autorregresivos se define por el siguiente conjunto de ecuaciones lineales:

$$\begin{aligned}\pi_t &= \alpha_1 + \sum_{i=1}^l \beta_{1,i} \pi_{t-i} + \sum_{i=1}^l \beta_{1,l+i} Y_{t-i} + \sum_{i=1}^l \beta_{1,2l+i} TCR_{t-i} + \sum_{i=1}^l \beta_{1,3l+i} r_{t-i} + \sum_{i=1}^l \beta_{1,4l+i} r_{t-i}^* + \sum_{i=1}^l \beta_{1,5l+i} Y_{t-i}^* + \sum_{i=1}^l \beta_{1,6l+i} \Pi_{t-i} \\ Y_t^{cr} &= \alpha_2 + \sum_{i=1}^l \beta_{2,i} \pi_{t-i} + \sum_{i=1}^l \beta_{2,l+i} Y_{t-i} + \sum_{i=1}^l \beta_{2,2l+i} TCR_{t-i} + \sum_{i=1}^l \beta_{2,3l+i} r_{t-i} + \sum_{i=1}^l \beta_{2,4l+i} r_{t-i}^* + \sum_{i=1}^l \beta_{2,5l+i} Y_{t-i}^* + \sum_{i=1}^l \beta_{2,6l+i} \Pi_{t-i} \\ TCR_t &= \alpha_3 + \sum_{i=1}^l \beta_{3,i} \pi_{t-i} + \sum_{i=1}^l \beta_{3,l+i} Y_{t-i} + \sum_{i=1}^l \beta_{3,2l+i} TCR_{t-i} + \sum_{i=1}^l \beta_{3,3l+i} r_{t-i} + \sum_{i=1}^l \beta_{3,4l+i} r_{t-i}^* + \sum_{i=1}^l \beta_{3,5l+i} Y_{t-i}^* + \sum_{i=1}^l \beta_{3,6l+i} \Pi_{t-i} \\ r_t &= \alpha_4 + \sum_{i=1}^l \beta_{4,i} \pi_{t-i} + \sum_{i=1}^l \beta_{4,l+i} Y_{t-i} + \sum_{i=1}^l \beta_{4,2l+i} TCR_{t-i} + \sum_{i=1}^l \beta_{4,3l+i} r_{t-i} + \sum_{i=1}^l \beta_{4,4l+i} r_{t-i}^* + \sum_{i=1}^l \beta_{4,5l+i} Y_{t-i}^* + \sum_{i=1}^l \beta_{4,6l+i} \Pi_{t-i}\end{aligned}$$

Donde:

π_t : es la tasa de inflación anualizada

Y_t^{cr} : es la brecha en la producción real

TCR_t : es la brecha en el tipo de cambio real

r_t : es la tasa básica pasiva real

r_t^* : es la tasa de interés internacional, LIBOR a 6 meses

Y_t^* : es la brecha en la producción de Estados Unidos

Π_t : es el logaritmo de los términos de intercambio

l : es el número de rezagos de cada una de las variables en el sistema

La especificación finalmente empleada para el modelo de vectores autorregresivos en este documento incluye dos rezagos, con los cuales se captura la mayor parte de los efectos que las variables tienen entre si, en el caso de las variables internacionales éstas se incorporan en el modelo en forma contemporánea y con uno y dos rezagos. Con el fin de que las estimaciones sean comparables con el Modelo Macroeconómico de Pequeña Escala (MMPE) se utiliza el mismo periodo de 1991:1 a 2004:1, y se generan proyecciones para once trimestres a partir del segundo trimestre del 2004.

Debe recordarse que la limitación que impone la pérdida de grados de libertad al número de variables que pueden ser incorporadas dentro del VAR hace que no sea posible contar con proyecciones de todas las variables que intervienen dentro del Modelo Macroeconómico de Pequeña Escala.

¹⁸ Esto por cuanto las funciones de impulso respuesta son sensibles al ordenamiento de las variables, puesto que se utiliza la inversa del factor de Cholesky de la matriz de covarianza de los residuos para ortogonalizar los impulsos.

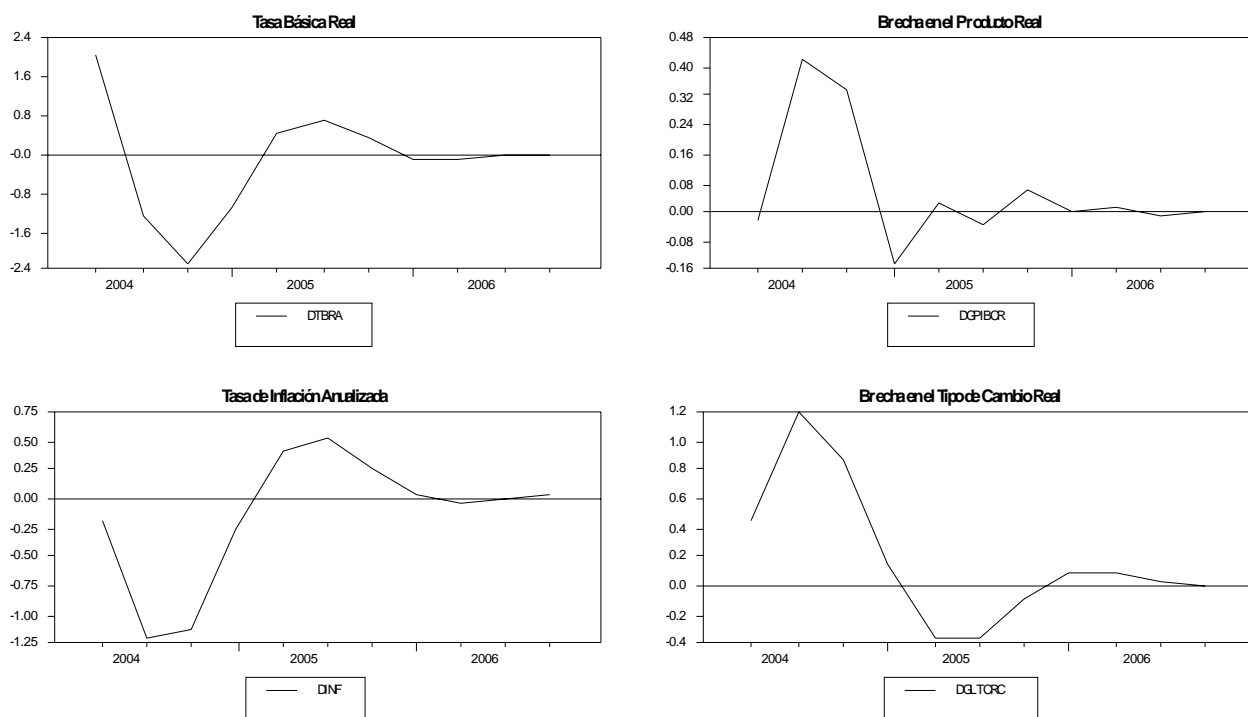
Seguidamente se comentan los principales resultados obtenidos de las funciones de impulso respuesta de las variables domésticas ante choques en las variables internacionales provenientes del modelo VAR.

7.1 Efecto de un choque en los términos de intercambio

Un choque de términos de intercambio de carácter temporal posee un efecto significativo sobre las variables macroeconómicas, esto se refleja tanto en el análisis de los resultados de las funciones de impulso respuesta del VAR como en la simulación del MMPE comentada en la sección anterior.

En la figura 7_1 se presentan las funciones de impulso respuesta del modelo de vectores autorregresivos ante un choque en los términos de intercambio.

Figura 7_1
Modelo de Vectores Autorregresivos
Función Impulso Respuesta
Ante un choque transitorio en los Términos de Intercambio



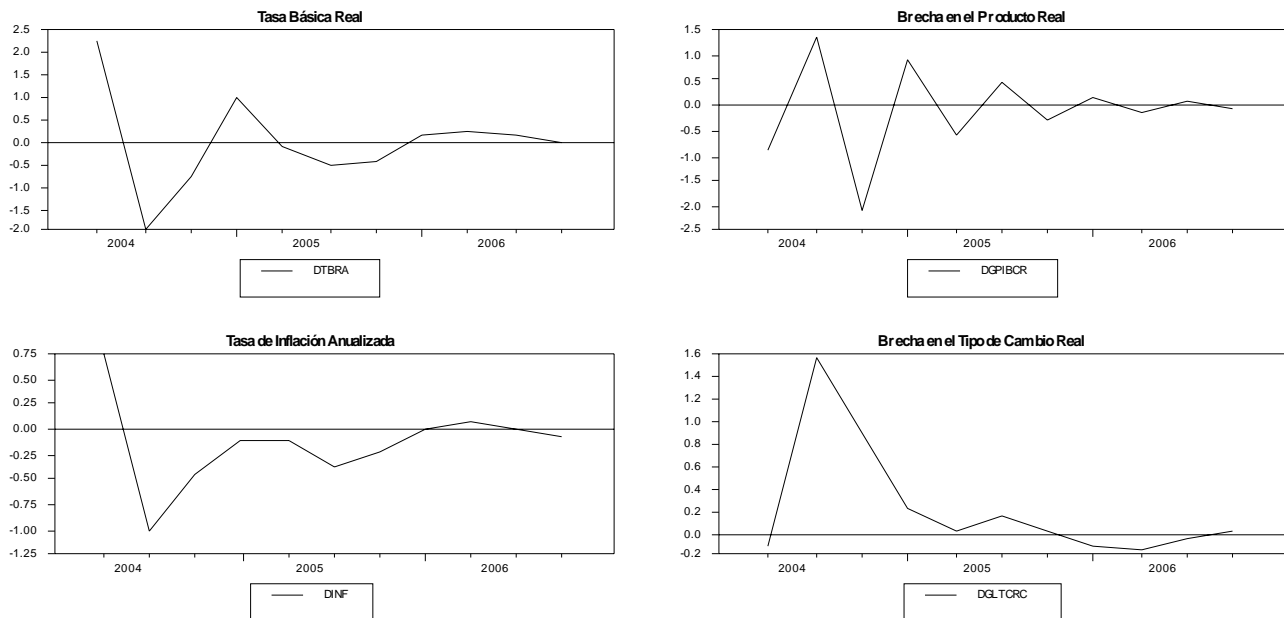
Este choque genera un efecto positivo sobre la brecha del producto, este resultado es consistente en ambos modelos. Por su parte la inflación responde con una desaceleración inicial para retornar a sus niveles originales transcurridos 8 trimestres.

La tasa de interés real aumenta ante el choque positivo en términos de intercambio más de 1.6 puntos porcentuales. El tipo de cambio real tiende a depreciarse en los primeros trimestres luego del choque, sin embargo regresa a sus valores iniciales luego de aproximadamente 8 trimestres, consistente con lo observado en la tasa de inflación.

7.2 Efecto de un choque en la tasa LIBOR

De acuerdo con la figura 7_2, el efecto de un choque positivo en la tasa de interés internacional se refleja en un incremento en la tasa doméstica real, lo cual indicaría que existe una tendencia a que el premio se mantenga.

Figura 7_2
Modelo de Vectores Autorregresivos
Función Impulso Respuesta
Ante un choque transitorio en la Tasa LIBOR



Consistente con lo anterior, la respuesta de la producción real es contractiva, puesto que la subida en la tasa LIBOR provoca un aumento en la tasa doméstica (nominal y real) y esto contrae la producción.

La tasa de inflación tiene una respuesta distinta en ambos modelos ante el aumento en las tasas de interés internacionales. En el modelo VAR, la inflación aumenta durante un período, para regresar luego de tres trimestres a sus niveles iniciales, en tanto en el MMPE se da una desaceleración a lo largo de todo el periodo.

El efecto de este choque sobre la brecha del tipo de cambio real, dado por el VAR, muestra una depreciación inicial de carácter muy temporal. Esta respuesta es consistente con la observada en la respuesta del MMPE, donde el tipo de cambio real tiende a depreciarse debido a la caída en la tasa de inflación, dada una tasa de devaluación invariante.

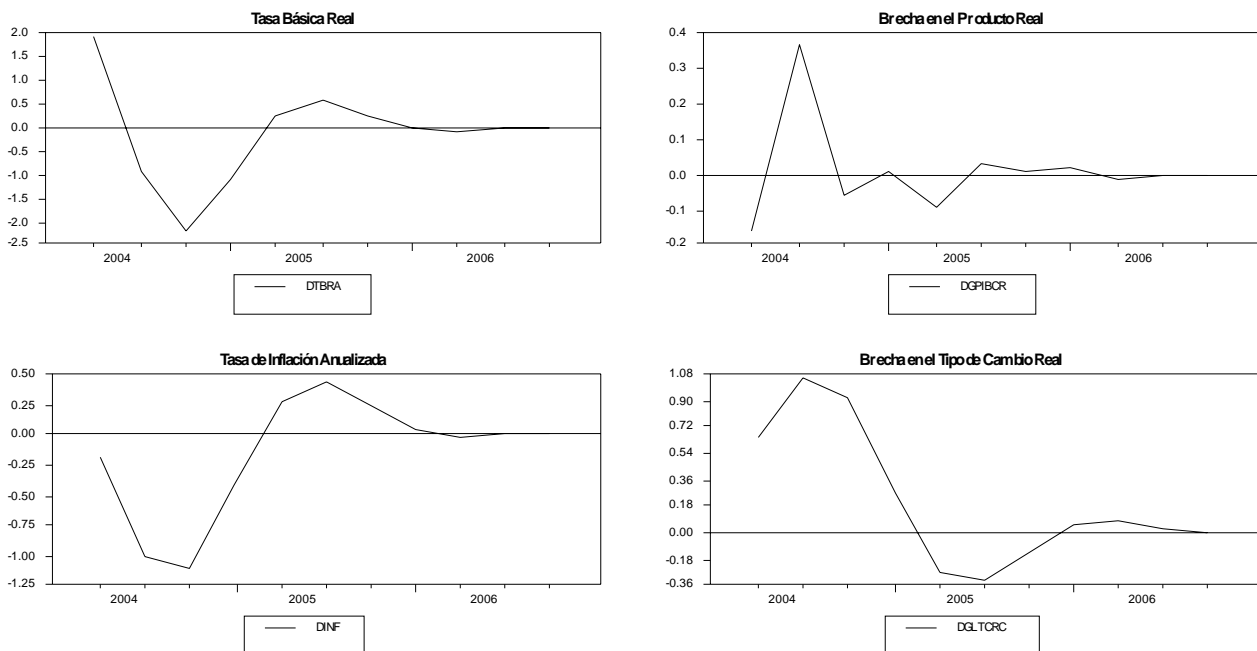
7.3 Efecto de un choque en la producción de Estados Unidos

Un incremento en la producción del principal socio comercial genera las reacciones esperadas en el producto interno en ambos modelos. Se observa una disminución en la brecha de la producción de la economía costarricense, cuya explicación puede deberse a un incremento en la demanda por exportaciones. Sin embargo este efecto es bastante temporal.

En el modelo VAR, la tasa básica real se incrementa ante el choque positivo en la producción de EUA como una respuesta del Banco Central al aumento en la demanda agregada y las presiones inflacionarias producto de la aceleración de la economía mundial.

La inflación parece desacelerarse en el modelo VAR, en tanto el tipo de cambio real tiende a depreciarse.

Figura 7_3
Modelo de Vectores Autorregresivos
Función Impulso Respuesta
Ante un choque transitorio en la Producción de Estados Unidos

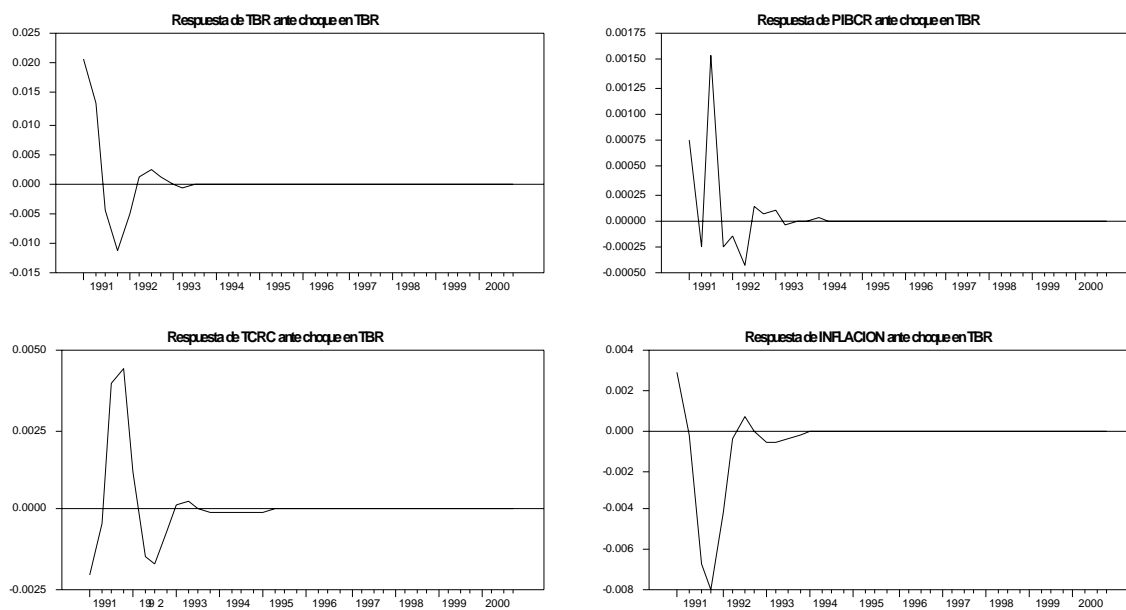


7.4 Funciones de impulso respuesta ante choques en las variables de política monetaria y cambiaria

Como complemento a las funciones de impulso respuesta generadas para analizar el impacto de los choques de las variables exógenas; a continuación se muestran las funciones estimadas en la forma usual dentro de un modelo de Vectores Autorregresivos, para analizar la reacción de las variables de interés ante los choques de las variables de política monetaria y cambiaria.

La figura 7_4 muestra la respuesta de las variables del modelo VAR ante un choque positivo transitorio en la tasa básica real equivalente a una desviación estándar de esta variable.

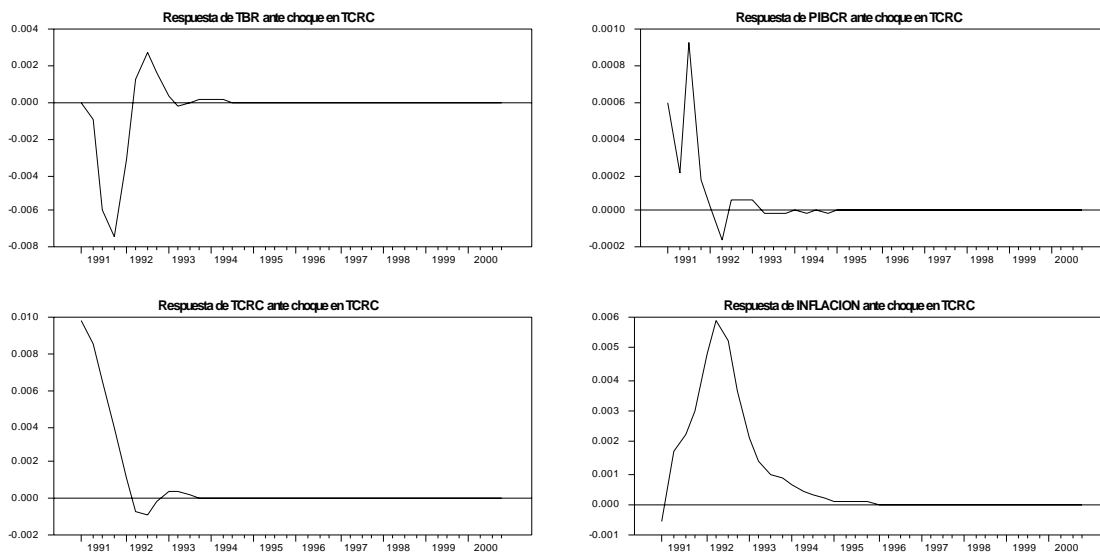
Figura 7_4
Modelo de Vectores Autorregresivos
Función Impulso Respuesta
Ante un choque transitorio en la Tasa Básica Real



El efecto de un choque en la tasa básica real es de carácter transitorio, de hecho parece agotarse transcurridos ocho trimestres.

La inflación muestra una respuesta acumulada con signo negativo durante la permanencia del choque, lo cual es consistente con la depreciación real del tipo de cambio para ese mismo lapso. Sin embargo, la respuesta de la brecha del producto es bastante irregular y marginalmente positiva.

Figura 7_5
Modelo de Vectores Autorregresivos
Función Impulso Respuesta
Ante un choque transitorio en el Tipo de Cambio Real



Un choque transitorio en el tipo de cambio real tiene efectos igualmente temporales sobre las demás variables endógenas del sistema. El incremento en la inflación es consistente con el crecimiento observado en la brecha del producto y la caída en la tasa real de interés.

En términos generales puede concluirse que los resultados que se observan del modelo de Vectores Autorregresivos tanto en el caso de choques a variables exógenas como de política se encuentran en línea con los resultados obtenidos a partir de la simulación de MMPE comentados en la sección anterior.

8 COMENTARIOS FINALES

Es una práctica común en los bancos centrales contemporáneos, el usar, como una herramienta más, modelos macroeconómicos en la formulación de sus políticas monetarias.

La estrategia de modelación macroeconómica seguida por el BCCR, es similar a la adoptada por otros bancos centrales en el mundo, la cual consiste en tomar como punto de partida un modelo macroeconómico relativamente pequeño, el que se extiende en la medida que la disponibilidad de información lo permita. Paralelamente se irán desarrollando modelos VAR, como complemento al modelo básico.

En cada una de las ecuaciones estimadas para el MMPE, los coeficientes obtenidos fueron del signo esperado según la teoría, y, en la mayor parte de los casos, fueron estadísticamente significativos. Esto nos permite tener respuestas del modelo a choques externos y domésticos cuyo comportamiento general es consistente con la teoría. Estas respuestas coinciden en buena medida con aquellas que se obtienen con un modelo VAR para un subconjunto de las variables analizadas. Sin embargo, en algunos casos, el modelo VAR presenta respuestas de signo contrario al pronosticado por el MMPE.

El poder predictivo del MMPE resultó altamente satisfactorio cuando se evaluó con base en su capacidad de proyectar dentro de la muestra aún en horizontes largos.

Indudablemente, el MMPE en su forma actual requiere de múltiples mejoras. Una de ellas es la incorporación de la política fiscal y sus efectos sobre la demanda agregada y el sector externo. Otra es la imposición de condiciones de equilibrio de largo plazo que garanticen que las variables tiendan a un estado estacionario consistente con la teoría en plazos medianos o largos.

Sin embargo, para efectos de proyecciones de corto plazo, este modelo constituye una herramienta útil en su forma actual, permitiendo evaluar cuantitativamente los efectos de políticas económicas alternativas y de variaciones en las condiciones internacionales de crecimiento, tasas de interés, y precios.

9 BIBLIOGRAFÍA

Departamento de Investigaciones Económicas, Equipo de Modelación Macroeconómica. “Esfuerzos recientes de modelación macroeconómica en el Banco Central de Costa Rica”. DIE-04-2003-IT.

Departamento de Investigaciones Económicas, Equipo de Modelación Macroeconómica. “Pronósticos del Modelo Macroeconómico de Pequeña Escala (MMPE) para el periodo 2004 a 2006”. DIE-66-2004-IT.

Edwards, Sebastián. (1991). “Real Exchange rates, devaluation, and adjustment: exchange rate policy in developing countries”. The MIT Press, Cambridge, Massachusetts.

Gómez, Javier, José Darío Uribe, Hernando Vargas. (2002). “The implementation of Inflation Targeting in Colombia”. Banco de la República, Colombia

Greene, William H. (1993). Econometric Analysis. Second Edition.

León, Morera y Ramos. “El Pass Through del Tipo de Cambio: un análisis para la economía costarricense de 1991 a 2001”. DIE-DM/11-2001-DI.

León y Sáenz, Equipo de Modelación Macroeconómica. (2003) “Análisis de variación de Reservas Internacionales para Costa Rica”. DIE-06-2003-DI

Muñoz, Rojas, Sáenz y Tenorio, Equipo de Modelación Macroeconómica. (2002) “La curva de Phillips en Costa Rica: estimación de un modelo de corrección de errores con datos trimestrales”. DIE-DM-10-2002-DI.

Muñoz, E; Rojas, M.; Sáenz, M. y Tenorio E. Equipo de Modelación Macroeconómica (2003). “Estimación de una Función Trimestral de la Demanda Agregada en Costa Rica: Un Modelo De Corrección De Errores”. DIE-DM-11-2002-DI.

Muñoz y Sáenz, Equipo de Modelación Macroeconómica. (2003). “Estimación de una función de reacción para la tasa de interés de política del banco central de Costa Rica” DIE-04-2003-DI/R.

leonmj@bccr.fi.cr
munoze@bccr.fi.cr
rojasm@bccr.fi.cr
saenzcm@bccr.fi.cr