

# **Estimación bayesiana de un modelo macroeconómico semi-estructural utilizando datos peruanos**

Jorge Salas  
BCRP

Noviembre 2009

# Contenido

- Introducción
- Descripción del modelo
- Metodología
- Datos
- Resultados
- Funciones impulso-respuesta
- Conclusiones

# Introducción

- Modelo macro semi-estructural: modelo lineal de equilibrio general dinámico y estocástico, sin microfundamentos
- Herramienta simple y flexible para análisis de hechos estilizados y de políticas económicas (uso extendido en bancos centrales)
- Desarrollo de técnicas bayesianas facilita estimación conjunta de parámetros

# Introducción

- Este trabajo:
  - Economía pequeña y abierta con dolarización parcial
  - Datos peruanos
  - Estimación de parámetros y validación del modelo (simulación de choques y cómputo de momentos)
- Trabajos relacionados:
  - Modelo referencial: Vega y otros (2009)
  - Modelos DSGE estimados: Castillo, Montoro y Tuesta (2006) para Perú
  - Modelos semiestructurales estimados: *Global Projection Model* del FMI (Carabenciov y otros, 2008)

# Descripción del modelo

- Versión reducida del Modelo de Proyección Trimestral del BCRP (Vega y otros, 2009)
- 31 ecuaciones (sin contar procesos de los choques)
- Fundamento neokeynesiano: rigideces nominales, expectativas racionales
- Características de economía con dolarización parcial: tasa de interés en dólares, modelación implícita de intervenciones cambiarias

# Descripción del modelo

- Cuatro bloques principales:
  - Curva de Phillips híbrida (inflación subyacente)
  - Demanda agregada – IS (brecha del producto)
  - Ecuación de paridad no cubierta modificada (tipo de cambio); expectativas del tipo de cambio: miran hacia atrás y hacia delante
  - Regla de política monetaria tipo Taylor (tasa de interés de corto plazo)

# Metodología

- Enfoque bayesiano: estimación conjunta de los parámetros
- Coeficientes se interpretan como variables aleatorias
- Se estiman de forma condicional a:
  - Estructura del modelo
  - Conjunto fijo de datos
  - Distribución probabilística asumida a priori (“prior”)

# Metodología

- Ventaja importante: superar limitaciones típicas de econometría clásica cuando se emplean i) series de tiempo cortas y ii) modelos con relaciones de simultaneidad
- 28 parámetros por estimar (de los cuales, 8 choques y 2 errores de medición asociados a la IS y a la curva de Phillips)
- 19 parámetros restringidos



# Datos

- Datos peruanos: 2000.I – 2008.III (ejercicio de sensibilidad: 2004.I – 2008.III)
- 14 series: brecha PBI, brecha TCR, brecha TI, brecha PBI socios comerciales, impulso fiscal, inflación subyacente, inflación total, inflación no subyacente, inflación importada al por mayor, depreciación TC, tasa interbancaria, tasa libor dólares, inflación insumos importados, inflación externa
- Brechas HP

# Resultados

- Modelo con choques AR(1)
- Modelo con choques “puros” (sin persistencia)
- Modelo con choques AR (1) y con primas de liquidez distintas de cero en estado estacionario (set de observables incorpora tasas de interés a un año en soles y dólares)

Función de verosimilitud (marginal)	
Mod. Choques con persistencia	-1081.37
Mod. Choques sin persistencia	-1105.39
Mod. Primas de liquidez	-1201.06

# Resultados: análisis de momentos

		DATOS	AR(1)	SIN INERCIA	PRIMAS LIQ.
<b>Desv. Estándar</b>					
	Brecha PIB	2.71	1.95	1.77	1.81
	Inflación subyacente	1.43	2.25	1.90	1.94
	Tasa interbancaria	3.53	3.18	2.60	2.75
	Variación TC	1.80	2.40	2.25	2.59
<b>Autocorrelación</b>					
	Brecha PIB	0.95	0.88	0.86	0.88
	Inflación subyacente	0.87	0.89	0.87	0.84
	Tasa interbancaria	0.88	0.85	0.77	0.78
	Variación TC	0.24	0.43	0.17	0.30

# Resultados: resumen

- Validación de canales de transmisión de la política monetaria:
  - Canal de tasas de interés
  - Canal de expectativas
  - Canal del tipo de cambio
- Regla de Taylor previsor: inercial y con parámetros acordes con valores referenciales típicos
- Expectativas híbridas del tipo de cambio

# Resultados: C. Phillips

$$\pi^s_t = b_{p^*} \pi^m_t + (1 - b_{p^*}) [ b_p \pi^s_{t-1} + (1 - b_p) E_t(\pi^s_{t+1}) ] + b_y y_{t-1} + \text{choque}$$

$b_{p^*}$  Inf. subyacente  
 $\pi^m_t$  Inf. importada

$b_y y_{t-1}$  Brecha PIB

$$\pi^m_t = c_p \pi^m_{t-1} + c_{pf} (4^* \Delta e_t + \pi^*_1) + (1 - c_p - c_{pf}) (4^* \Delta e_{t-1} + \text{Inflación insumos importados}_{t-1}) + \text{choque}$$

$4^* \Delta e_t + \pi^*_1$  Variación TC  
 $\pi^*_1$  Inflación externa

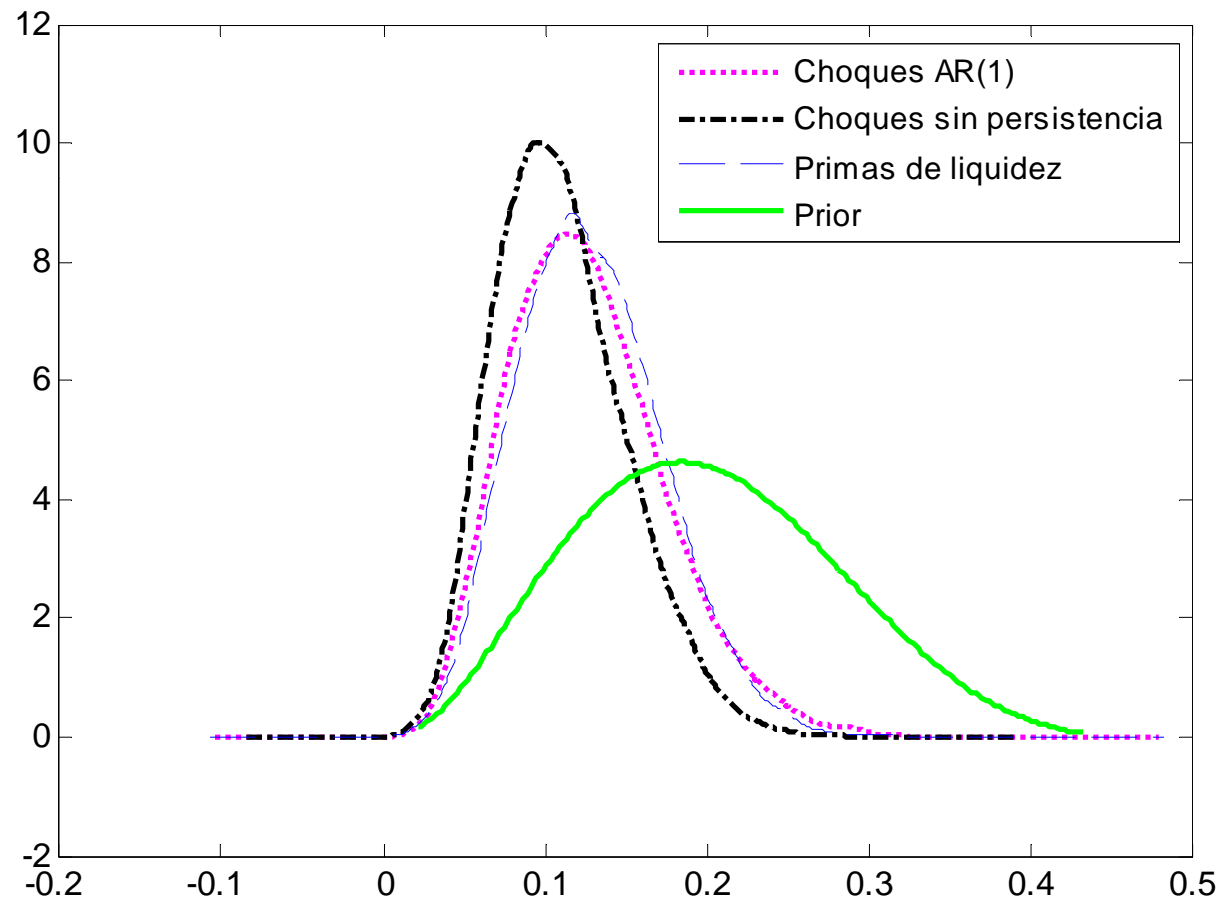
## Distribución prior y posterior

Dist. Posterior (bajo distintos modelos)

	Prior	Dist. Prior		Dist. Posterior (bajo distintos modelos)					
		Media	Desv. Est.	M. CHOQUES AR(1)		M. CHOQUES PUROS		M. PRIMAS LIQUIDEZ	
				Moda	Interv. 90%	Moda	Interv. 90%	Moda	Interv. 90%
$b_{p^*}$	Beta	0.11	0.05	0.05	0.03 / 0.09	0.04	0.02 / 0.08	0.06	0.04 / 0.10
$b_p$	Beta	0.50	0.20	0.68	0.56 / 0.91	0.62	0.52 / 0.87	0.58	0.46 / 0.81
$b_y$	Beta	0.20	0.08	0.10	0.05 / 0.20	0.09	0.05 / 0.17	0.11	0.06 / 0.20
$c_p$	Beta	0.30	0.10	0.31	0.21 / 0.41	0.31	0.21 / 0.41	0.30	0.20 / 0.38
$c_{pf}$	Beta	0.65	0.15	0.58	0.47 / 0.68	0.59	0.49 / 0.69	0.59	0.50 / 0.69

# Ilustración de la estimación bayesiana: distribuciones *prior* y *posteriors*

Pendiente de la curva de Phillips ( $b_y$ )



# Resultados: IS

$$y_t = a_y y_{t-1} + a_{re} E_t(y_{t+1}) - a_{rmc} (0.3 r_{t-1}^s + 0.15 r_{t-1}^{\$}) + a_q q_t + a_{ti} (0.48 ti_t + 0.52 ti_{t-1}) + a_{y\_soc} y_{t-1}^{socios} + a_{fis} impulso\_fiscal_t + choque$$

Brecha PIB
Tasa soles
Tasa dólares
TC Real
Térm. de intercambio.

## Distribución prior y posterior

	Dist. Prior			Dist. Posterior (bajo distintos modelos)					
	Prior	Media	Desv. Est.	M. CHOQUES AR(1)		M. CHOQUES PUROS		M. PRIMAS LIQUIDEZ	
				Moda	Interv. 90%	Moda	Interv. 90%	Moda	Interv. 90%
$a_y$	Beta	0.55	0.15	0.49	0.28 / 0.61	0.60	0.45 / 0.68	0.52	0.30 / 0.64
$a_{re}$	Beta	0.4	0.15	0.16	0.10 / 0.28	0.16	0.10 / 0.24	0.15	0.1 / 0.26
$a_{rmc}$	Beta	0.4	0.15	0.28	0.12 / 0.52	0.21	0.11 / 0.39	0.17	0.07 / 0.32
$a_q$	Gamma	0.06	0.025	0.06	0.03 / 0.10	0.04	0.02 / 0.08	0.06	0.03 / 0.11
$a_{ti}$	Beta	0.1	0.05	0.04	0.02 / 0.07	0.02	0.01 / 0.04	0.04	0.01 / 0.07
$a_{y\_soc}$	Gamma	0.1	0.05	0.08	0.02 / 0.18	0.07	0.03 / 0.17	0.07	0.02 / 0.17
$a_{fis}$	Beta	0.4	0.15	0.25	0.13 / 0.37	0.26	0.15 / 0.37	0.24	0.11 / 0.35

# Resultados: Regla Taylor

$$i_t = f_i i_{t-1} + (1-f_i) [i_{neutral} + f_p (\pi^e_{t+4} - 2.0) + f_y y_t]$$

## Distribución prior y posterior

	Dist. Prior			Dist. Posterior (bajo distintos modelos)					
	Prior	Media	Desv. Est.	M. CHOQUES AR(1)		M. CHOQUES PUROS		M. PRIMAS LIQUIDEZ	
				Moda	Interv. 90%	Moda	Interv. 90%	Moda	Interv. 90%
$f_i$	Beta	0.70	0.10	0.66	0.53 / 0.75	0.71	0.58 / 0.79	0.52	0.42 / 0.61
$f_p$	Beta	1.50	0.40	1.93	1.34 / 2.43	1.83	1.23 / 2.36	1.99	1.40 / 2.50
$f_y$	Beta	0.50	0.10	0.51	0.35 / 0.68	0.52	0.52 / 0.68	0.50	0.34 / 0.66



# Resultados: Expectativas TC

$$e^e_{t+1} = rho_e e_{t-1} + (1-rho_e) E_t[e_{t+1}]$$

## Distribución prior y posterior

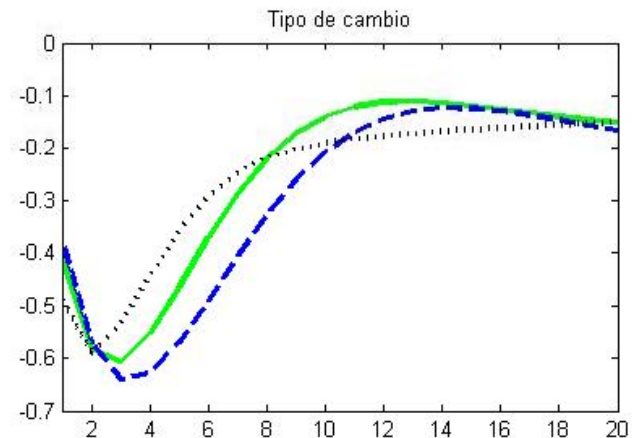
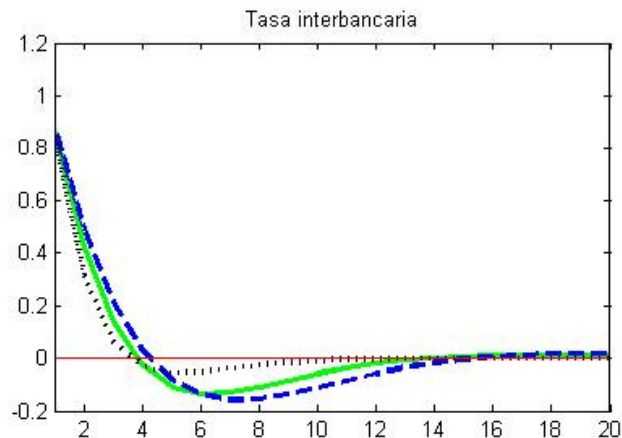
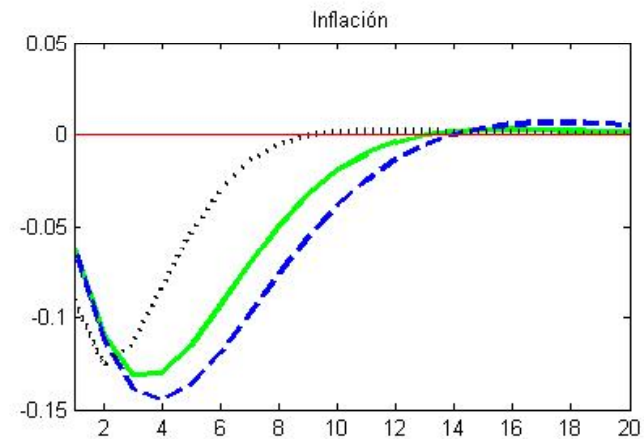
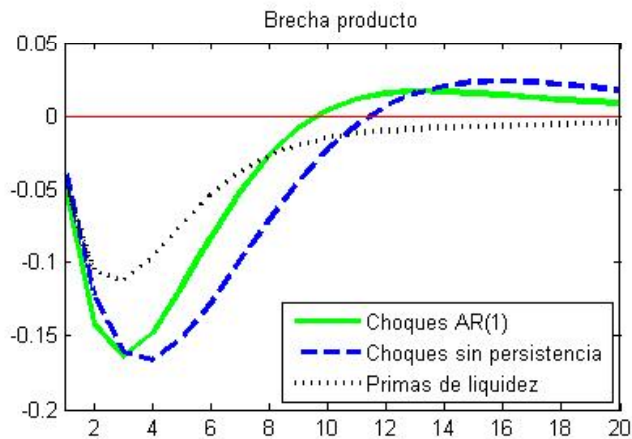
	Prior	Dist. Prior		Dist. Posterior (bajo distintos modelos)					
		Media	Desv. Est.	M. CHOQUES AR(1)		M. CHOQUES PUROS		M. PRIMAS LIQUIDEZ	
				Moda	Interv. 90%	Moda	Interv. 90%	Moda	Interv. 90%
$rho_e$	Beta	0.60	0.12	0.66	0.54 / 0.79	0.73	0.60 / 0.84	0.53	0.42 / 0.62

# Resultados de la estimación: datos en muestra acotada (2004.I – 2008.III)

	Distribución prior y posterior						
	Prior	Dist. Prior		Dist. Posterior (distintos modelos y muestras): Moda			
		Media	Desv. Est.	M. CHOQUES AR(1)		M. CHOQUES PUROS	
				Completa	Acotada	Completa	Acotada
$a_y$	Beta	0.55	0.15	0.49	0.45	0.60	0.67
$a_{re}$	Beta	0.4	0.15	0.16	0.18	0.16	0.26
$a_{rmc}$	Beta	0.4	0.15	0.28	0.28	0.21	0.16
$a_q$	Gamma	0.06	0.025	0.06	0.06	0.04	0.09
$a_{ti}$	Beta	0.1	0.05	0.04	0.04	0.02	0.01
$a_{y\_soc}$	Gamma	0.1	0.05	0.08	0.08	0.07	0.07
$a_{fis}$	Beta	0.4	0.15	0.25	0.37	0.26	0.24
$b_{p^*}$	Beta	0.11	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04
$b_p$	Beta	0.50	0.20	0.68	0.51	0.62	0.35
$b_y$	Beta	0.20	0.08	0.10	0.17	0.09	0.20
$c_p$	Beta	0.30	0.10	0.31	0.30	0.31	0.31
$c_{pf}$	Beta	0.65	0.15	0.58	0.60	0.59	0.62
$\rho_e$	Beta	0.60	0.12	0.66	0.54	0.73	0.37
$f_i$	Beta	0.11	0.10	0.66	0.85	0.71	0.83
$f_p$	Beta	0.50	0.40	1.93	1.62	1.83	1.62
$f_y$	Beta	0.20	0.10	0.51	0.52	0.52	0.52

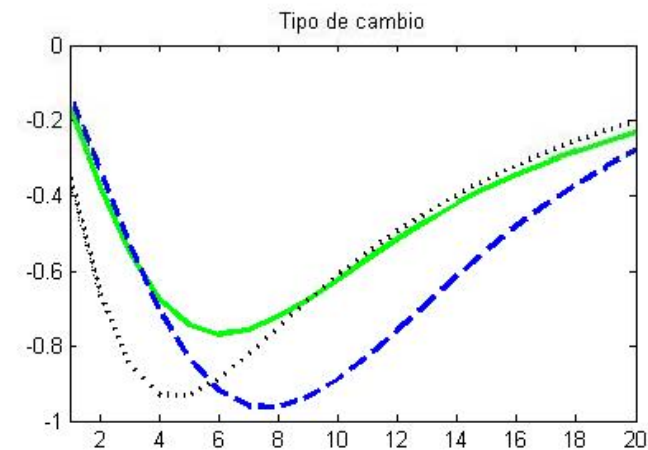
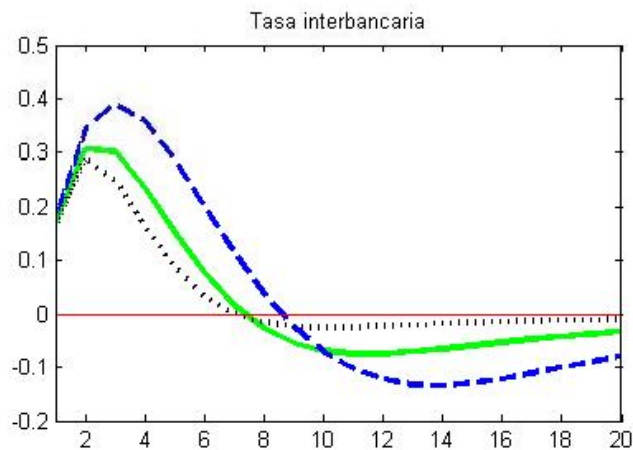
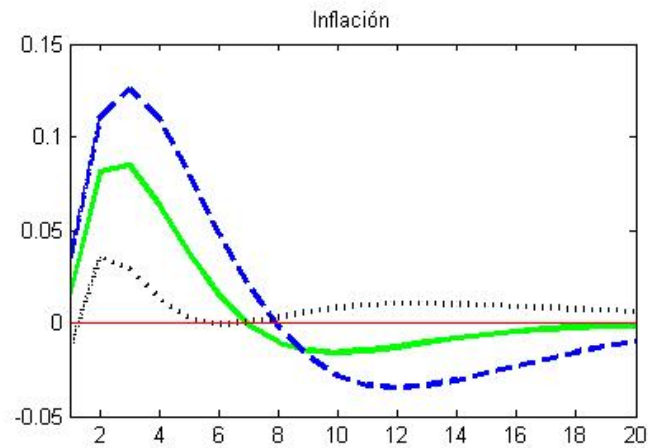
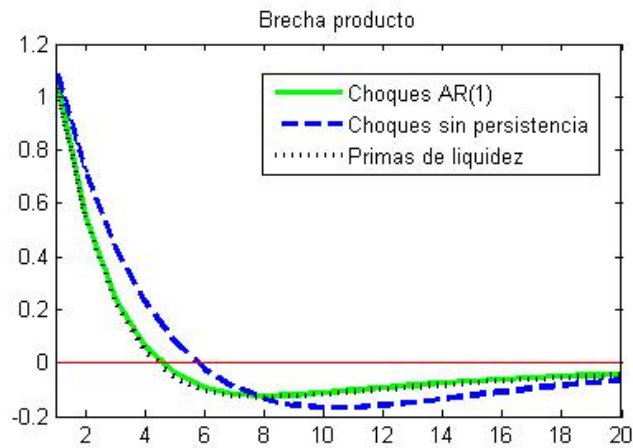
# Funciones impulso-respuesta:

Choque política monetaria (aumento de tasa de interés en 100 pbs.)



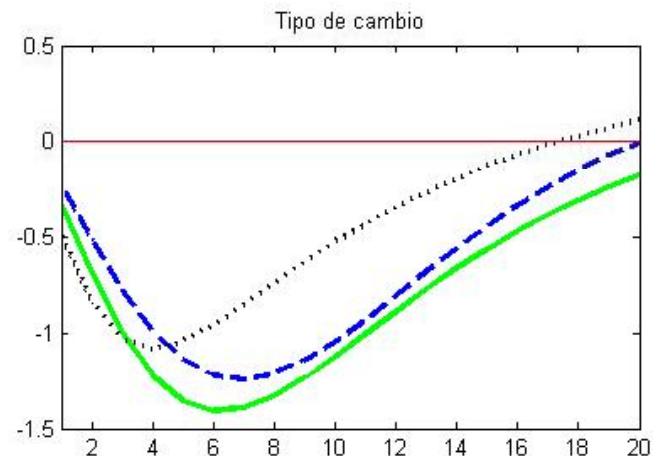
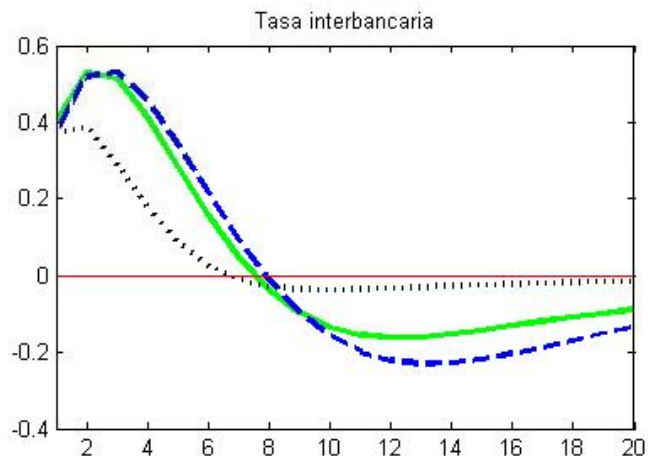
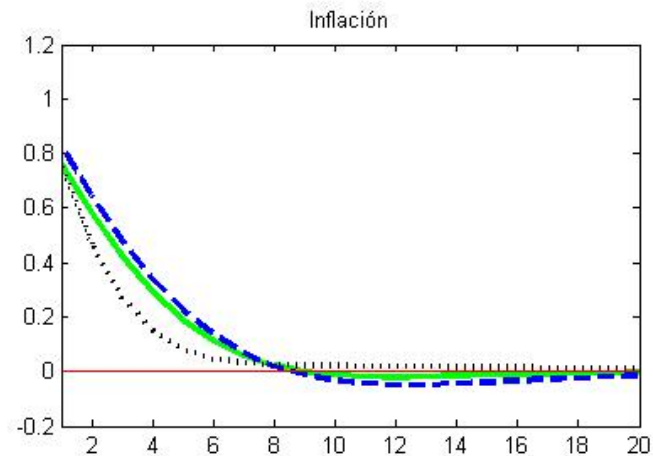
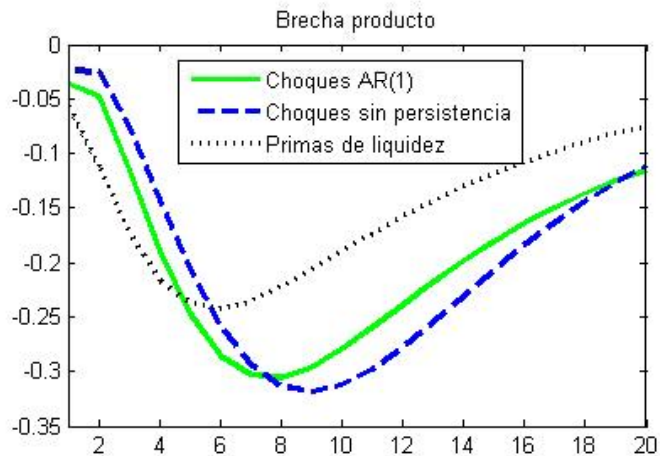
# Funciones impulso-respuesta:

Aumento de demanda agregada (100 pbs.)



# Funciones impulso-respuesta:

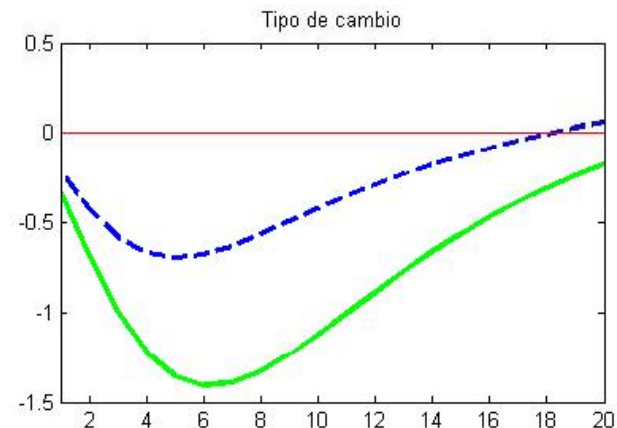
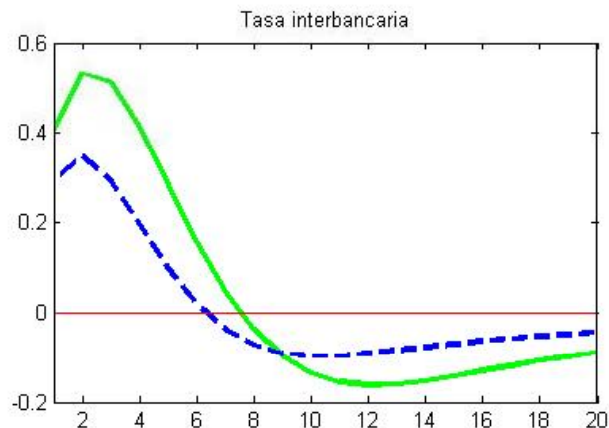
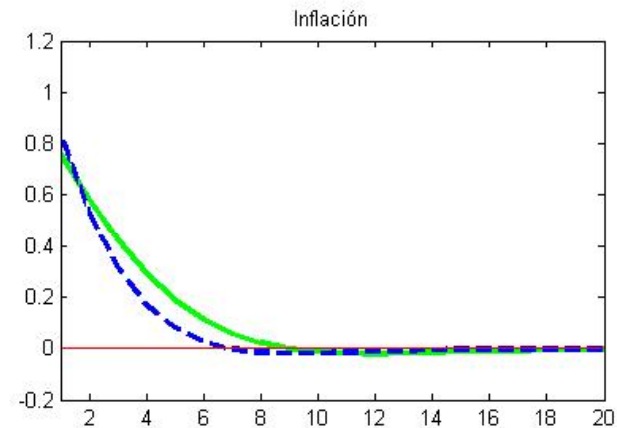
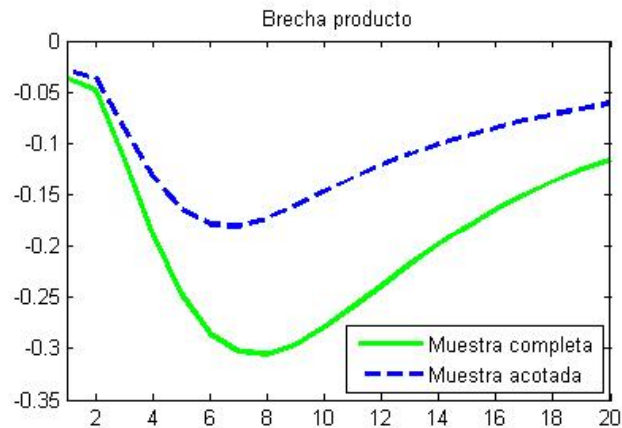
Aumento de costos (choque de oferta, 100 pbs.)



# ¿Cómo cambia la dinámica cuando se consideran parámetros de la muestra acotada? (I)

- Algunos casos importantes:
  - Aumento del **peso a las expectativas en la Curva de Phillips**  $\Rightarrow$  desvíos de la inflación respecto a la meta se disipan más rápidamente; refuerza canal de expectativas; menor reacción de tasa de interés ante choque de costos
  - Aumento de la pendiente de la Curva de Phillips
  - Aumento del peso de expectativas del tipo de cambio que miran hacia adelante

# Choque de costos en modelo "AR(1)": aumento del parámetro de expectativas de inflación

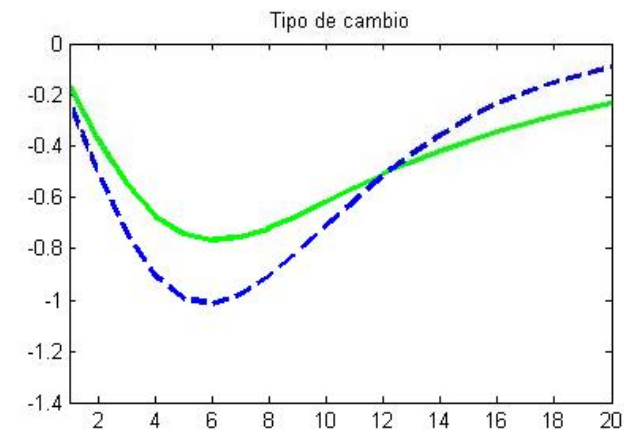
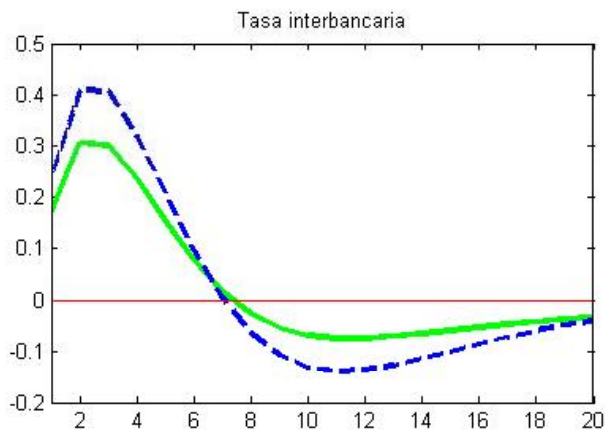
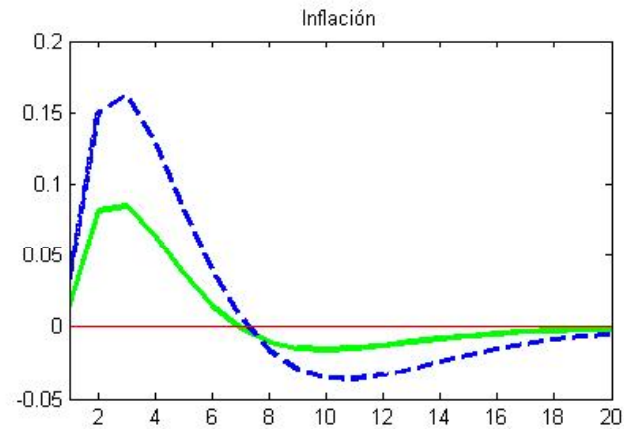
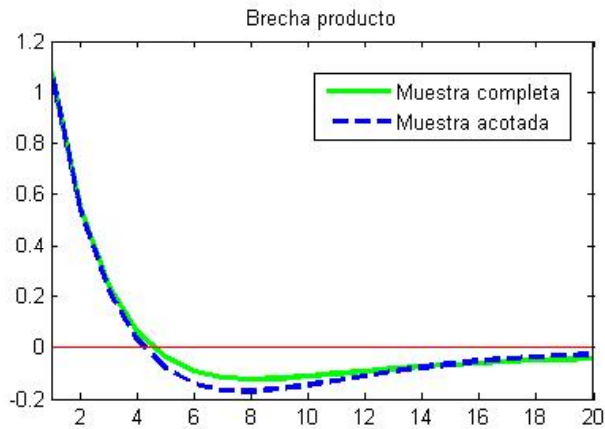


## ¿Cómo cambia la dinámica cuando se consideran parámetros de la muestra acotada? (II)

- Algunos casos importantes:
  - Aumento del peso a las expectativas en la Curva de Phillips
  - Aumento de la **pendiente de la Curva de Phillips**  
⇒ sugiere convexidad de la Curva de Phillips; refuerza canal de tasas de interés; mayor efecto de choque de demanda sobre inflación
  - Aumento del peso de expectativas del tipo de cambio que miran hacia adelante



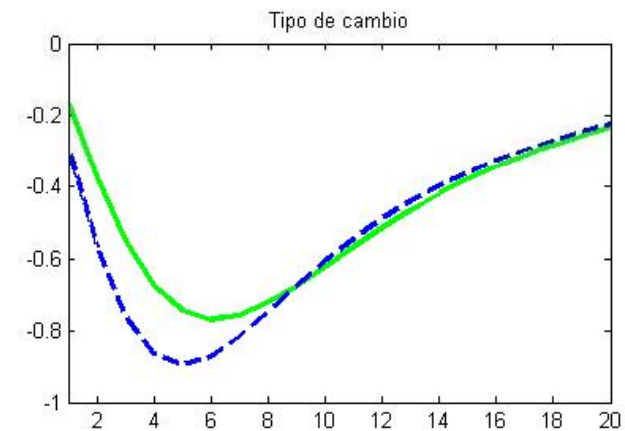
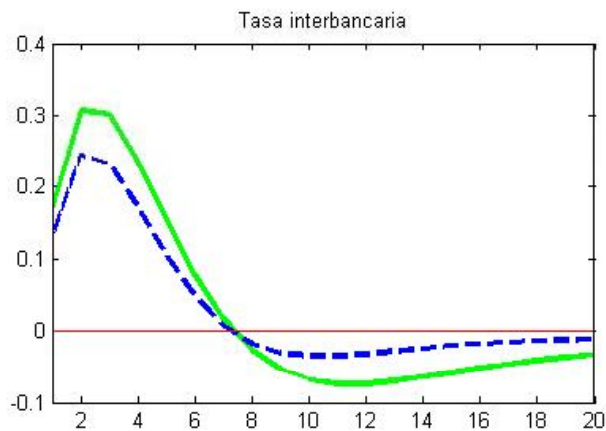
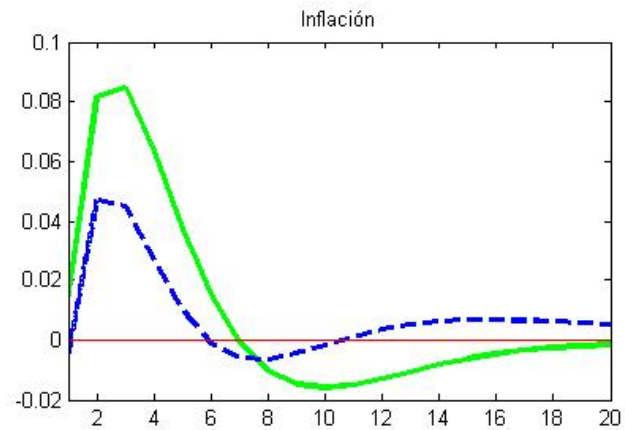
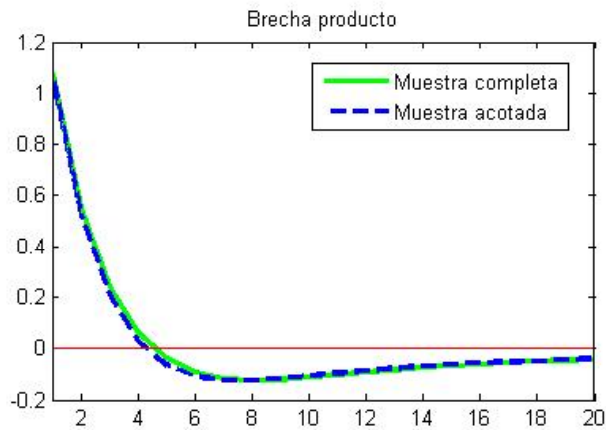
# Choque de demanda en modelo "AR(1)": aumento de pendiente de la Curva de Phillips



## ¿Cómo cambia la dinámica cuando se consideran parámetros de la muestra acotada? (III)

- Algunos casos importantes:
  - Aumento del peso a las expectativas en la Curva de Phillips
  - Aumento de la pendiente de la Curva de Phillips
  - Aumento del **peso de expectativas del tipo de cambio que miran hacia delante**  $\Rightarrow$  tipo de cambio más sensible a tasa de interés (dada la PDI); refuerza canal de tipo de cambio; menor reacción de tasa de interés ante choque de demanda

# Choque de demanda en modelo "AR(1)": aumento de expectativas del TC que miran hacia delante



# Conclusiones

- Estimación conjunta de parámetros con metodología adecuada para enfrentar limitaciones de datos (carencia de series largas) en economías emergentes
- Se ilustra dinámica de variables macro importantes en una economía pequeña, abierta y parcialmente dolarizada
- Posible extensión: estimación de variables no observables