

# **Modelo de régimen cambiante endógeno para el traspaso del tipo de cambio, una aplicación para Costa Rica**

**Manfred Esquivel Monge  
José Fabio Gómez Rodríguez**

Diciembre 2019



Las ideas expresadas en esta presentación son de los autores y no necesariamente representan las del Banco Central de Costa Rica

# Motivación

La linealidad implica que el TTC es siempre de la misma magnitud, sin importar el estado de la economía, o la magnitud y dirección de los choques del TC

- Bajo meta de inflación, la política efectiva requiere un **profundo** **ajuste de cambio (TTC)**.
  - **Investigación:** Morera y Ramos (2001); León, Laverde y Durán (2002); Morera (2009); Esquivel y Gómez (2010); Orane (2016); Brenes y Esquivel (2017).
  - La mayoría de esa investigación **supone que el TTC es lineal**. Sin embargo existe evidencia de que este no es constante a lo largo del tiempo (Bailliu and Fujii -2004; Nidhaleddine -2012-; Delatte and López-Villavicencio-2012).
- Métodos de estimación **lineales serán ineficientes**.

# Motivación

- Algunos estudios del BCCR relajan la restricción de linealidad:
  - Esquivel y Gómez (2010): ***Logistic Smooth Transition VAR*** (LSTVAR). Rezagos de variación de precio de petróleo determina regímenes de alto y bajo TTC.
  - Brenes y Esquivel (2017): **Modelos estructurales de rezagos distribuidos** (MERD). Se encuentra asimetrías de signo y magnitud en el TTC.
- **¿Qué realmente determina el TTC?**
- **Hipótesis:** Nivel de inflación o variabilidad cambiaria

# Motivación

- Barrera metodológica para examinar esa hipótesis.
  - En los MERD **ninguna variable determina un TTC** más alto o más bajo.
  - En los modelos LSTVAR los **estados dependen de variables exógenas.**
- Chang, Choi, y Park (2017): **coeficientes exhiben cambios** que dependen de una variable latente AR correlacionada **con las innovaciones de las variables endógenas.**
- Mediante la aplicación del método de Chang y otros (2017) puede someterse a prueba **si la inflación o la variación del TC determinan la magnitud del TTC.**



## Objetivo

Extender el planteamiento teórico de Chang y otros (2017) a uno de regímenes cambiantes **multivariado** y aplicarlo para estudiar si el nivel inflacionario o de la variación cambiaria determinan la magnitud del TTC.

# Reseña de literatura (teórica)

- Modelos macro tradicionales asumen completa flexibilidad de precios (PPC se mantiene) → TTC no puede ser afectado por factores macro.
  - **Asimetrías** del TTC se deben a **competencia imperfecta** y a comportamientos de *pricing to market*. Golberg and Knetter (1997); Krugman (1987).
- **Betts & Devereux (1996)** incorporan *pricing to market* al modelo DSGE de Obstfeld and Rogoff (1995) → **Generan traspaso incompleto microfundado.**
- **Taylor (2000)**: TTC depende positivamente de la **persistencia de los choques sobre el TC y la inflación**. Ambos pequeños en ambientes de baja inflación.
- **Devereux and Yetman (2002)**: política monetaria creíble → baja inflación media → ajustes de precio menos frecuentes → menor TTC.

# Reseña de literatura (empírica)

Estudio	Método	País	Hallazgos
Bailliu and Fujii (2004)	Panel dinámico a la Arellano-Bond	(11 países, 1977-2001)	Reducciones de inflación: En los 90's (cambios en régimen monetario) indujo reducción de TTC. En los 80's (causada por reducción en precios de energía) no redujo el TTC.
Silva Correa and Minella (2006)	Modelo de umbral endógeno de Caner and Hansen (2004)	Brasil	Depreciaciones cuando el TC
Souza, Pires and Pizzinga (2013)	Representación de estado-espacio estimada mediante filtro de kalman	Brasil	Depreciaciones y los
Przystupa and Wróbel (2011)	VECM con variable dura	Brasil	Depreciaciones y el TTC
Dalatte and López-Villavicencio (2012)	Modelo de cointegración asimétrico	Brasil	Depreciaciones y apreciaciones
Blomhoff (2014)	Método basado en variables indicadoras	Brasil	Depreciaciones de asimetrías de signo, pero apreciaciones tienen efectos mayores
Pérez F. and Vega (2016)	SVAR no lineal en el estilo de Kilian and Vigfusson (2011)	Perú	Depreciaciones se transmiten el doble que las apreciaciones

Muchos métodos y **abundante evidencia de no linealidad** en el TTC.

¿Qué determina esas no linealidades?

Variables endógenas vs exógenas.

# Metodología. Estructura de un modelo de regímenes cambiantes endógenos de Chang y otros (2017)

- Estructura básica de un modelo markoviano de regímenes cambiantes:

$$y_t = x_t \beta_{s_t} + e_t, \quad t = 1, 2, \dots, T$$

$$e_t \sim N(0, \sigma^2)$$

$$\beta_{s_t} = \beta_0(1 - S_t) + \beta_1(S_t)$$

$$S_t = 0 \text{ or } 1$$

- Si  $S_t$  es observada  $\rightarrow$  Se trata de un modelo de Chow con variable dicotómica. Se maximiza la verosimilitud condicional en  $S_t$ .

# Metodología [Chang y otros (2017)].

- Hay factor latente AR que determina el régimen:

$$w_t = \delta w_{t-1} + u_t \quad \text{with } u_t \sim N(0,1) \quad (1)$$

- El parámetro cambiante de la ecuación principal ( $\beta_{s_t}$ ) toma valores:

$$\left. \begin{array}{l} \underline{\beta} \text{ si } w_t < \tau \\ \bar{\beta} \text{ si } w_t \geq \tau \end{array} \right\} \beta_{s_t} = \underline{\beta} I(w_t < \tau) + \bar{\beta} I(w_t \geq \tau) \quad (2)$$

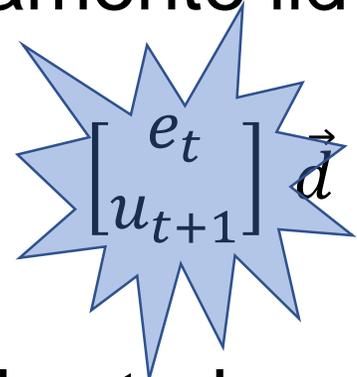
$\tau$  = umbral

$I(\cdot)$  función indicadora

- Si se inserta (2) en un modelo Markoviano base y se deja que  $w_t$  sea endógeno, se obtiene la propuesta de Chang y otros (2017).

# Metodología [Chang y otros (2017)].

- ¿Cómo endogenizan el factor latente  $w_t$ ?
- Choques que afectan a la variable latente (con los choques pasados de las variables observables)
- $e_t$  y  $u_t$  son conjuntamente iid y siguen la siguiente ley de movimiento:


$$\begin{bmatrix} e_t \\ u_{t+1} \end{bmatrix} \vec{d} \sim N \left[ \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 1 & \rho \\ \rho & 1 \end{pmatrix} \right]$$

- Conforme  $\rho \sim 1$ , el estado en  $t$  es más afectado por choques en  $t - 1$  sobre variables observables.

Permite un modelo más realista y económicamente bien especificado

# Metodología

- Modelo altamente no lineal. → estimación por máxima verosimilitud.
- Los parámetros a ser estimados son :

$$\Theta = \left( \overline{\beta}_t, \underline{\beta}_t, \tau, \delta, \rho \right)$$

# ¿Cuál es nuestro valor agregado?

- Se generaliza Chang y otros (2017) a un caso multivariado.
- En nuestro caso,  $y_t$  es un vector ( $4 \times 1$ )
  - $\beta$  es matriz de coeficientes
  - $\sigma_t$  es una matriz var-cov
  - $\rho$  es un vector ( $4 \times 1$ )
- Identificación de regímenes no directa.
  - Si  $\beta$  es matriz, ¿qué es régimen alto o bajo? (alguna entrada específica, la norma, el mayor valor propio, el determinante).
- El método solo identifica dos sub modelos. Los llamamos “alto” y “bajo” en función de la magnitud del coeficiente del TC en ecuación de inflación.

# Datos (mensuales: enero 2006 – marzo 2018)

Variable	Description	Source
<i>infl</i>	Inflation. Measured as the log first difference of the CPI.	Central Bank of Costa Rica. <a href="https://www.bccr.fi.cr/seccion-indicadores-economicos/indicadores-econ%C3%B3micos">https://www.bccr.fi.cr/seccion-indicadores-economicos/indicadores-econ%C3%B3micos</a>
<i>dlcr</i>	Nominal exchange rate percentage change. Measured as the log first difference of the monthly average of the official sale exchange rate.	Central Bank of Costa Rica. <a href="https://www.bccr.fi.cr/seccion-indicadores-economicos/indicadores-econ%C3%B3micos">https://www.bccr.fi.cr/seccion-indicadores-economicos/indicadores-econ%C3%B3micos</a>
<i>ffrx</i>	Federal funds rate.	Federal Reserve Bank of Saint Luis. <a href="https://fred.stlouisfed.org/series/FEDFUNDS">https://fred.stlouisfed.org/series/FEDFUNDS</a>
<i>drer</i>	Real exchange rate percentage change. Measured as the log first difference of the multilateral real exchange rate index.	Central Bank of Costa Rica. <a href="https://www.bccr.fi.cr/seccion-indicadores-economicos/indicadores-econ%C3%B3micos">https://www.bccr.fi.cr/seccion-indicadores-economicos/indicadores-econ%C3%B3micos</a>
<i>dol1</i>	Dollarization. Measured as the ratio of foreign currency liquidity to total liquidity.	Based on data on liquidity from Central Bank of Costa Rica. <a href="https://www.bccr.fi.cr/seccion-indicadores-economicos/indicadores-econ%C3%B3micos">https://www.bccr.fi.cr/seccion-indicadores-economicos/indicadores-econ%C3%B3micos</a>
<i>dol2</i>	Dollarization. Measured as the ratio of foreign currency wealth to total wealth.	Based on data on liquidity from Central Bank of Costa Rica. <a href="https://www.bccr.fi.cr/seccion-indicadores-economicos/indicadores-econ%C3%B3micos">https://www.bccr.fi.cr/seccion-indicadores-economicos/indicadores-econ%C3%B3micos</a>
<i>ttxx</i>	Terms of trade. Measured as the ratio of the price of exports and the price of imports.	Unpublished data from the Central Bank of Costa Rica.

# Especificaciones estimadas

Variable	Specification				
	1	2	3	4	5
<i>infl</i>	x	x	x	x	x
<i>dlr</i>	x	x	x	x	x
<i>drr</i>	x	x	x		
<i>ffrx</i>	x			x	
<i>dol1</i>			x	x	x
<i>dol2</i>		x			
<i>ttxx</i>					x

Tres versiones de cada especificación:

- 1) Lineal
- 2) Cambiante estándar
- 3) Cambiante con endogeneidad

¿De dónde surgen estas especificaciones?

- Literatura empírica sobre TTC en Costa Rica.
- Modelo de Betts y Devereux (1996)
  - TTC depende de qué tanto los productores fijan precios internos en moneda local o extranjera.
- Torres (2012): Cambio estructural en la serie de inflación en 2009.



# Resultados

Evidencia de no linealidad y de endogeneidad

## Prueba de razón de verosimilitud. Ho: Modelos con igual verosimilitud

- ¿Permitir dos regímenes mejora la verosimilitud?
- ¿Permitir endogeneidad mejora verosimilitud?

Specification	Lineal vs non lineal exogenous		Lineal vs non lineal endogenous		Non lineal: endogenous vs exogenous	
	Likelihood ratio		Likelihood ratio		Likelihood ratio	
	statistic	P-Value	statistic	P-Value	statistic	P-Value
1	239.33	0.00 ***	249.30	0.00 ***	9.98	0.04**
2	159.16	0.00 ***	166.33	0.00 ***	7.17	0.12
3	140.94	0.00 ***	155.70	0.00 ***	14.76	0.005***
4	243.33	0.00 ***	244.66	0.00 ***	1.33	0.86
5	185.63	0.00 ***	193.00	0.00 ***	7.37	0.12

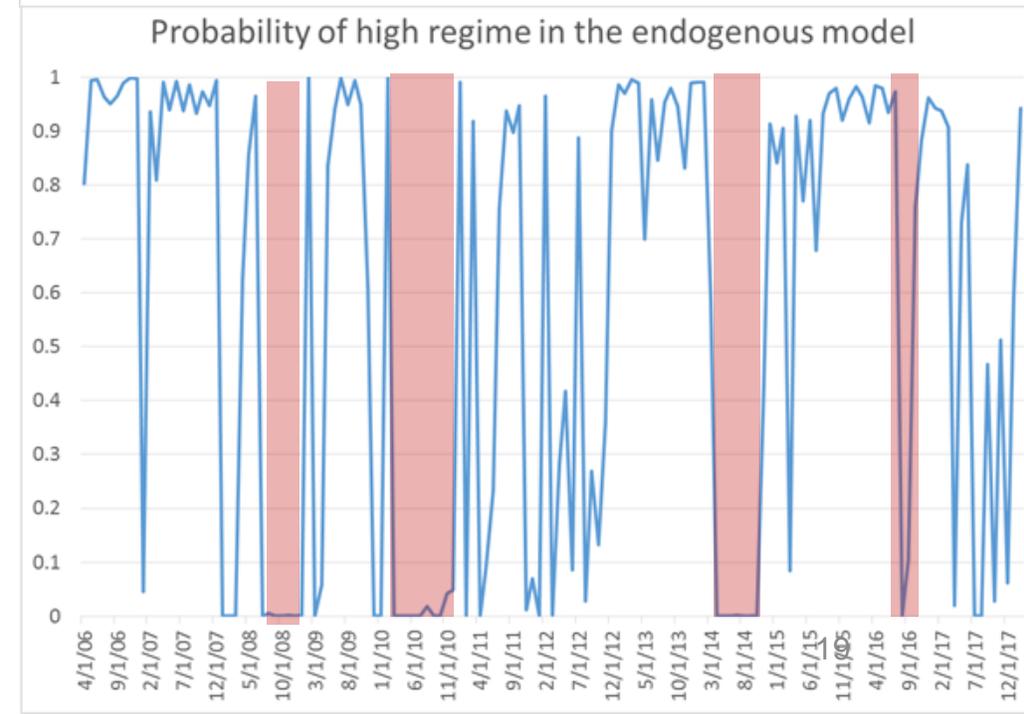
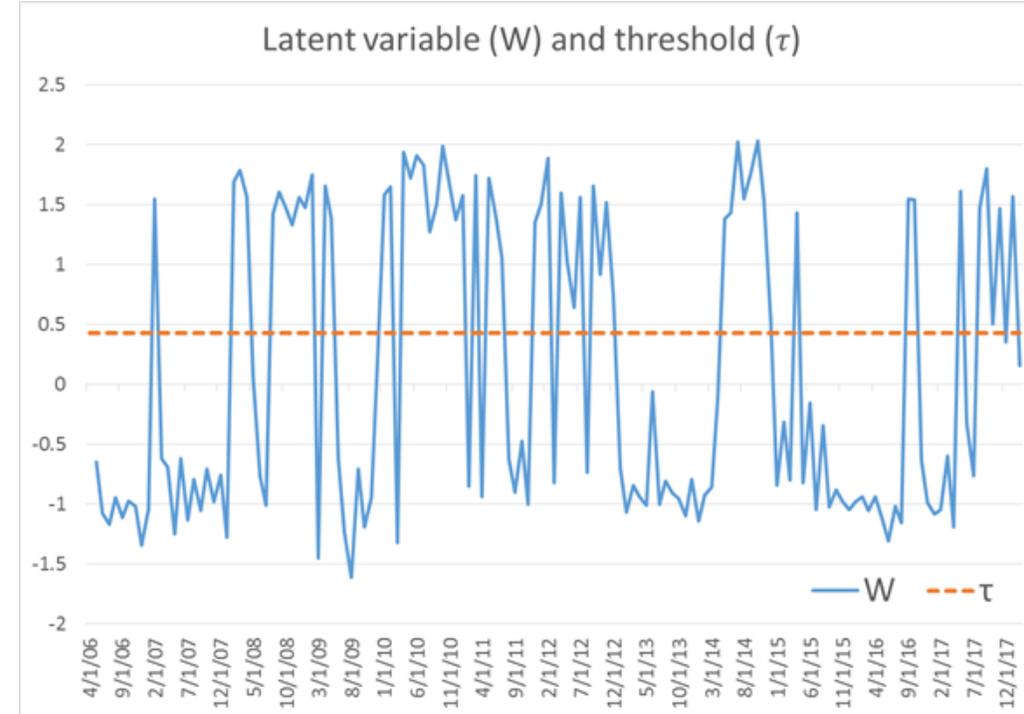
Restrictions are binding at 5% \*\*, 1%\*\*\*

- Modelos no lineales son preferidos sobre el lineal. Consistente con Esquivel, Mendoza y Gómez (2012) y con Brenes y Esquivel (2017).
- En especificaciones 1 y 3 (incluyen RER) se halla evidencia de endogeneidad.
- Las especificaciones 2 y 5 (incluyen dolarización) producen débil evidencia de endogeneidad.
- Los resultados que se muestran a continuación corresponden a la especificación 3.

# Resultados

Evolución de las probabilidades de los regímenes

- Conforme  $w_t$  se incrementa, la probabilidad de régimen alto disminuye (Régimen alto: alto TTC)
- Regímenes distribuidos uniformemente (40% de obs. de  $w_t$  están sobre  $\tau$ ).
- Periodos de alta volatilidad del TC asociados con probabilidad baja de régimen alto de TTC
  - Julio 2008 – Octubre 2008
  - Marzo 2010 – Octubre 2010
  - Marzo 2014 – Agosto 2014
  - Mayo 2016 – Julio 2016
- La incertidumbre reduce el TTC
  - ¿Qué tan permanentes son los cambios de TC?
  - Los cambios de precios son costosos



# Resultados

¿Cómo se correlacionan las variables observables con los estados inobservables?

¿ $(\rho)$ ?

Correlación estimada con choques a  $w_{t+1}$

		$\rho$
Shocks to	<i>dol1</i>	-0.1754
	<i>drer</i>	-0.1745
	<i>dlr</i>	-0.1736
	<i>infl</i>	0.1727

- Choques a inflación bajan probabilidad de régimen alto.
- No es un resultado esperado.
- Taylor (2003): Si agentes creen en compromiso del Banco Central con la inflación, considerarán choques sobre inflación como menos persistentes → menor TTC.

- Choques a dolarización,  $\Delta ER$  y  $\Delta RER$  suben prob. de régimen alto.
- Es lo esperado y concordante con la literatura.
- Economías dolarizadas estimulan alto TTC: Devereux y Yetman (2002); y Devereux, Engel, and Storgaard (2003).
- Las depreciaciones son más fuertemente transmitidas a los precios en Costa Rica: Brenes and Esquivel (2017).

# Resultados

Duración esperada de los regímenes

### Average duration of regimes (months)

Switching model	$\delta$	Mean duration of regimes (months)
Exogenous	0.63	2.7
Endogenous	0.74	3.9

- El coeficiente AR de  $w_{t-1}$  ( $\delta$ ) permite calcular la duración esperada de los regímenes.

$$d = \frac{1}{1 - \delta}$$

- Un  $\delta$  más alto implica mayor duración.

- La duración esperada de los regímenes es mayor en el modelo que permite endogeneidad.
- No es prueba estadística para discriminar entre modelos, pero los cambios de régimen no se espera que sean muy frecuentes.
  - Así que un  $\delta$  más alto concuerda mejor con el fenómeno bajo estudio.

# Resultados

¿Es la volatilidad relevante en el proceso de cambio de régimen?

## Determinante de la matriz Var-Cov

Switching model	$\sigma$		
	High regime	Low regime	Low/High
Exogenous	5.46E-19	4.31E-17	78.9
Endogenous	8.95E-19	3.12E-17	34.9

Nuestro modelo es multidimensional → la identificación de regímenes no es directa

$$\Gamma_t(\mathcal{L})(y_t) = \sigma_t e_t \text{ donde } y_t \text{ is } 4 \times 1$$

- La diferencia entre regímenes puede surgir de dos fuentes:
  - $\Gamma_t(\mathcal{L})$ : Asociada con diferencias en el TTC
  - $\sigma_t$ : Matriz cambiante Var-Cov (4x4)
- Si el  $|\sigma_t|$  difiere entre regímenes, la volatilidad sería fuente importante de la diferencia entre regímenes (no solo la diferencia en el TTC).
- Las estimaciones muestran que  $|\sigma_t|$  es mucho más grande en el régimen “bajo” (78 y 35 veces más grande).
- El régimen bajo está acomodando periodos de alta volatilidad. Esto es concordante con que la volatilidad disminuye el TTC (incertidumbre y costos de menú).

# Conclusiones

- **Se amplió el marco teórico de Chang y otros (2017)** a un esquema multivariado y se aplicó al estudio del TTC en Costa Rica.
- Se encuentra aún más evidencia de que **el TTC en Costa Rica no es constante en el tiempo**. Esto mediante la aplicación de un método no utilizado con anterioridad→ Se robustece esa conclusión.
- **La no linealidad puede asociarse con choques y diferencias en volatilidad conjunta** de inflación, variaciones del TC nominal y real, y nivel de dolarización.
- **Un alto TTC** es más probable que se de cuando hay choques positivos sobre dolarización y los TC nominal y real.
- La probabilidad de **bajo TTC** se incrementa con **choques positivos sobre inflación**.
- Alta volatilidad conjunta puede asociarse con bajo TTC.

# Jornadas de Investigación Económica 2019