



NOTA TÉCNICA  
N.º 02 | 2024

## Una aproximación del tipo de cambio real para Costa Rica, enfoque *BEER* 2007-2022

Alonso Alfaro-Ureña  
Manuel Esteban Sánchez-Gómez  
Catalina Sandoval Alvarado

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



# Una aproximación del tipo de cambio real para Costa Rica, enfoque BEER. 2007-2022

Alonso Alfaro-Ureña<sup>‡</sup>

Manuel Esteban Sánchez-Gómez<sup>‡</sup>

Catalina Sandoval Alvarado<sup>†</sup>

Las ideas expresadas en este documento son de los autores y no necesariamente representan las del Banco Central de Costa Rica.

## Resumen

Este trabajo describe la metodología y los resultados de la estimación de la senda de equilibrio del tipo de cambio real (TCR) mediante el enfoque de forma reducida conocido como *Behavioural Equilibrium Exchange Rate (BEER)*. La estimación se realiza con información trimestral para el periodo comprendido entre el primer trimestre del 2007 y el cuarto trimestre del 2022, luego del abandono de la paridad ajustable (minidevaluaciones) en octubre de 2006 y la adopción de regímenes cambiarios que buscaron brindar mayor flexibilidad en el mercado cambiario costarricense. Los resultados indican que la trayectoria de equilibrio del TCR está guiada por la evolución de la productividad laboral, el gasto del Gobierno, la posición de inversión internacional, los términos de intercambio y la diferencia de tasas de interés interna y externa.

Mejoras en la productividad laboral, incrementos en el gasto del Gobierno y aumentos en la diferencia de tasas internas y externas se asocian con movimientos a la baja (apreciaciones reales) en la trayectoria de equilibrio del TCR. Por su parte, el deterioro en la posición en inversión internacional y la pérdida en términos de intercambio han contribuido a explicar los cambios al alza (depreciaciones reales).

En el periodo de análisis no se identifican desvíos del TCR con respecto a su equilibrio más allá de su zona de coherencia. Por tanto, los cambios en la trayectoria del TCR son coherentes con el comportamiento de sus determinantes fundamentales.

**Palabras clave:** tipo de cambio real, tipo de cambio real de equilibrio, determinantes fundamentales, flexibilidad cambiaria

**Clasificación JEL:** F31, F33, C32

<sup>†</sup> División Económica, BCCR. [sandovalac@bccr.fi.cr](mailto:sandovalac@bccr.fi.cr)

<sup>‡</sup> Departamento de Análisis y Asesoría Económica. División Económica, BCCR. [sanchezgm@bccr.fi.cr](mailto:sanchezgm@bccr.fi.cr)

<sup>‡</sup> División Económica, BCCR. [alfaroua@bccr.fi.cr](mailto:alfaroua@bccr.fi.cr)

# An estimate of the real exchange rate for Costa Rica, BEER approach. 2007-2022

Alonso Alfaro-Ureña<sup>‡</sup>

Manuel Esteban Sánchez-Gómez<sup>‡</sup>

Catalina Sandoval Alvarado<sup>†</sup>

The ideas expressed in this paper are those of the authors and not necessarily represent the view of the Central Bank of Costa Rica.

## Abstract

This paper describes the methodology and results of estimating the equilibrium real exchange rate (ERER) using the reduced-form approach known as the *Behavioral Equilibrium Exchange Rate (BEER)*. The real exchange rate (RER) equation is estimated with quarterly data in the period between I-2007 and IV-2022, which coincides with the adoption of exchange rate flexibility regimes in Costa Rica. The results indicate that the path of the ERER is explained by the evolution of its fundamentals: labor productivity, government expenditure, international investment position, terms of trade and the difference among local and external interest rates.

Improvements in labor productivity, increases in Government spending and increases in the spread of local and external interest rates are correlated with downward movements in the equilibrium path of the RER (real appreciations). On the other hand, the more negative result in the international investment position and a fall in terms of trade explains movements towards real depreciations.

During the period of analysis, there is no evidence of RER deviations from its equilibrium level beyond the coherence zone determined. Therefore, the variations on the ERER trajectory are consistent with the behavior of its fundamentals.

**Key words:** real exchange rate, equilibrium real exchange rate, fundamental determinants, exchange rate flexibility

**JEL codes:** F31, F33, C32

<sup>‡</sup> Economic Division, BCCR. [alfaroua@bccr.fi.cr](mailto:alfaroua@bccr.fi.cr)

<sup>‡</sup> Department of Economic Analysis. Economic Division, BCCR. [sanchezgm@bccr.fi.cr](mailto:sanchezgm@bccr.fi.cr)

<sup>†</sup> Department of Economic Research, Economic Division, BCCR. [sandovalac@bccr.fi.cr](mailto:sandovalac@bccr.fi.cr)

# Una aproximación del tipo de cambio real para Costa Rica, enfoque BEER. 2007-2022

<b>1. Introducción</b> .....	1
<b>2. Metodología BEER</b> .....	2
<b>3. Datos y Modelo</b> .....	3
3.1 <i>Datos</i> .....	3
3.2 <i>Modelo</i> .....	5
<b>4. Resultados y discusión</b> .....	6
4.1 <i>Coefficientes y variables fundamentales.</i> .....	6
4.2 <i>Senda de equilibrio</i> .....	10
<b>5. Conclusiones</b> .....	13
<b>6. Referencias</b> .....	14
<b>7. Anexos</b> .....	18
7.1 <i>Datos.</i> .....	18
7.2 <i>Pruebas econométricas</i> .....	19
7.3 <i>Filtros estadísticos</i> .....	21
7.4 <i>Pruebas de robustez: estimación de modelo adicionales</i> .....	22

# Una aproximación del tipo de cambio real para Costa Rica, enfoque BEER. 2007-2022

## 1. Introducción

El tipo de cambio real (TCR) es un precio relativo fundamental en la economía que contribuye a determinar la asignación de recursos y de esta forma el nivel de actividad económica (Frenkel y Rapetti, 2010). Esta variable no observable se aproxima como la razón entre el precio de dos canastas de bienes similares comerciadas externa e internamente expresadas en una misma moneda, por lo que también puede interpretarse como un indicador de competitividad de un país con respecto a sus competidores en el comercio internacional.

El tipo de cambio real está determinado por variables económicas fundamentales. Sin embargo, este puede responder a choques económicos que lo desvíen del valor coherente con dichos determinantes fundamentales. Estas desviaciones tienden a ser de carácter transitorio, e incluyen rigideces nominales o rezagos de información, por ejemplo, que impiden que brechas en los precios de algunos bienes transables entre las economías no se cierren inmediatamente.

De acuerdo con Edwards (1990) el TCR de equilibrio (TCRE) es aquel que es compatible con los objetivos de balance externo e interno, así como con un crecimiento económico sostenido. En este contexto, el balance externo se refiere a una situación en la que el déficit de la cuenta corriente puede ser financiado con un nivel sostenible de entradas de capital, mientras que el balance interno se refiere a una situación en la que el mercado de bienes está en equilibrio y la tasa de desempleo es cercana a la tasa natural<sup>1</sup>.

Debido a que el TCRE es una variable no observable, la literatura empírica propone distintos enfoques metodológicos para obtener una estimación<sup>2</sup>. En este documento se describen brevemente la metodología y los resultados de su estimación mediante el enfoque de forma reducida conocido como *Behavioural Equilibrium Exchange Rate* (BEER, por sus siglas en inglés) durante el periodo comprendido entre el primer semestre de 2007 y el cuarto trimestre del 2022, periodo en el que han estado vigentes regímenes de flexibilidad cambiaria en Costa Rica<sup>3</sup>.

Es importante destacar que, durante el periodo en el que el régimen cambiario fue fijo o semifijo (paridad reptante<sup>4</sup>), la dinámica del tipo de cambio real pudo haber estado influida por la implementación de alguna regla de comportamiento sobre el tipo de cambio nominal y no exclusivamente por la dinámica de sus variables fundamentales. Posteriormente, con la adopción de regímenes que permiten una mayor la flexibilidad cambiaria, es de esperar que

---

<sup>1</sup> Un mayor detalle sobre la tasa natural de desempleo en Costa Rica se encuentra en Álvarez y Muñoz (2019) y Garita y Sandoval (2023).

<sup>2</sup> En general, se pueden mencionar los modelos de paridad de poder de compra, modelos de balance macroeconómico y modelos de forma reducida (ver detalles en Caputo y Núñez, 2008).

<sup>3</sup> Entre setiembre de 2006 y enero de 2015 estuvo vigente el esquema de banda cambiaria, en donde el tipo de cambio podía fluctuar en un rango determinado por el BCCR cuya amplitud se incrementó de forma paulatina. Mientras que a partir de febrero de 2015 la Junta Directiva del BCCR estableció el régimen de flotación administrada de forma oficial.

<sup>4</sup> También conocido como régimen de minidevaluaciones, estuvo vigente desde 1984 hasta octubre de 2006.

las fluctuaciones del TCR tiendan a responder más al comportamiento de sus variables fundamentales.

En este sentido, contar con un modelo de tipo de cambio real de equilibrio en un contexto de mayor flexibilidad cambiaria resulta de gran interés para la comprensión de la dinámica del tipo de cambio real en años recientes, de su relación con las variables fundamentales y de la identificación de posibles desvíos más allá de la zona de coherencia con el equilibrio y las causas de estos.

Entre los principales resultados obtenidos, destaca que la trayectoria de equilibrio se explica por la evolución de las siguientes variables: productividad laboral, gasto del Gobierno, posición de inversión internacional (PII), términos de intercambio y la diferencia de tasas de interés.

Las mejoras en la productividad laboral y los incrementos en el gasto del Gobierno son las variables fundamentales que tienen mayor importancia para explicar los movimientos a la baja (apreciaciones reales) en la trayectoria de equilibrio del TCR, principalmente hasta 2019. Posteriormente, el efecto de la productividad laboral ha tendido a disiparse, mientras que, como resultado de los esfuerzos de contención de gasto registrados en los últimos años, la absorción fiscal ha contribuido a explicar movimientos al alza (depreciaciones reales). Por su parte, el deterioro en la posición en inversión internacional y la pérdida en términos de intercambio han contribuido también a explicar los cambios al alza (depreciaciones reales).

Este documento se estructura de la siguiente forma: la Sección 2 desarrolla la metodología BEER, la Sección 3 describe los datos, desarrolla el modelo empírico a estimar y el método implementado, la Sección 4 muestra los principales resultados obtenidos y, finalmente, la Sección 5 presenta las conclusiones de la investigación.

## 2. Metodología BEER

Tal como se mencionó anteriormente, el tipo de cambio real está determinado por un conjunto de variables económicas que afectan de forma permanente su trayectoria, así como otras que lo afectan de forma temporal y choques aleatorios. De acuerdo con Clark y MacDonald (1999), el enfoque BEER<sup>5</sup> trata de responder en qué medida el tipo de cambio real es coherente con la trayectoria de esas variables económicas. Esto se puede representar mediante una ecuación de forma reducida en la que el TCR es determinado como:

$$q_t = \beta Z_t + \theta T_t + e_t \quad (1)$$

---

<sup>5</sup> Cabe diferenciar el enfoque conocido como Tipo de Cambio Real de Equilibrio Fundamental (*FEER*, por sus siglas en inglés) del enfoque BEER en la estimación del TCRE. De acuerdo con Clark y MacDonald (1999), una distinción clave entre ambos es que el FEER es el TCR asociado con el equilibrio de una cuenta de capital especificada exógenamente, en conjunto con el producto interno y externo fijados en un valor potencial. Por su parte, el BEER se estima usando los valores observados de los determinantes fundamentales del TCR. Para mayor detalle sobre el enfoque FEER y una aplicación para Costa Rica véase Brenes, Jiménez y Segura-Rodríguez (2022).

donde  $q_t$  es el tipo de cambio real,  $Z_t$  es un vector de variables fundamentales,  $\beta$  es un vector de coeficientes que representan los efectos de los determinantes fundamentales,  $T_t$  es un vector de variables transitorias,  $\theta$  es el vector de coeficientes de las variables transitorias y  $e_t$  es un término de error.

De esta manera, los componentes de la derecha de la Ecuación 1 permiten generar una estimación del tipo de cambio real observado en cada momento  $t$ . Las variables económicas fundamentales y transitorias por incluir son determinadas por la teoría, así como por las particularidades de la economía bajo análisis. Sobre esto, Alfaro-Ureña y Sandoval (2022) presentan un mayor detalle de la selección de variables para el caso costarricense.

En el largo plazo, en ausencia de efectos transitorios, se esperaría que el tipo de cambio real sea una función solamente de los determinantes fundamentales, por lo que se puede expresar como:

$$\bar{q}_t = \hat{\beta} \bar{Z}_t \quad (2)$$

donde  $\bar{q}_t$  es el tipo de cambio real de equilibrio, el cual se construye a partir de los coeficientes estimados de la Ecuación 1, que es igual al vector de parámetros  $\hat{\beta}$ , multiplicados por el vector de variables fundamentales expresadas en sus valores de largo plazo,  $\bar{Z}_t$ . En la práctica, una forma de representar los valores de largo plazo es eliminar el componente cíclico o transitorio de las series y mantener solo el componente de tendencia. Para ello puede aplicarse alguna técnica de filtrado estadístico de series de tiempo.

Tal como se indica en Alfaro-Ureña y Sandoval (2022), en términos prácticos la estimación del TCRE mediante este enfoque se puede resumir en tres pasos: primero se estima la relación de largo plazo entre el TCR y sus determinantes. El segundo paso es utilizar los coeficientes que representan esas relaciones, resultantes del primer paso, y los valores de largo plazo de los determinantes para calcular el TCRE. El tercer paso es calcular el desalineamiento del TCR efectivo con respecto a los valores del TCRE.

### 3. Datos y Modelo

#### 3.1 Datos

Los datos utilizados en esta investigación fueron obtenidos del sitio web del Banco Central de Costa Rica, principalmente. Las variables que se describen a continuación provienen de dicha fuente (a menos que se indique otra), además la Figura A1 del Anexo 7.1. muestra gráficamente estas variables.

- **Índice de tipo de cambio efectivo real multilateral con ponderadores móviles:** este indicador (en adelante ITCER) tiene como objetivo medir la evolución del tipo de cambio real. Los ponderadores móviles se ajustan conforme evoluciona el patrón de comercio en la economía, así como los cambios en los precios al consumidor tanto de la economía

local como en los socios comerciales. La fórmula de estimación puede verse en la nota técnica del BCCR<sup>6</sup> que está basada en el trabajo de Álvarez y León (2013).

- **Índice de términos de intercambio (TI):** los términos de intercambio se definen como la razón entre el precio de las exportaciones y las importaciones totales. A partir de dicha información se construye un índice simple cuyo año base es 2017.
- **Posición de inversión internacional (PII):** se define como la diferencia entre los activos que tiene la economía local en el resto del mundo y los pasivos del resto del mundo en la economía local. Según este resultado sea positivo o negativo, la economía local será acreedora o deudora neta con el resto del mundo. Esta variable está medida como porcentaje del Producto Interno Bruto (PIB).
- **Productividad laboral (PL):** se mide como la razón entre el PIB y la población ocupada relativa a la productividad laboral de Estados Unidos. En particular, se usan datos de PIB para Costa Rica y Estados Unidos ajustados por paridad de compra de la base de datos del *World Economic Outlook* (WEO por sus siglas en inglés) del Fondo Monetaria Internacional (FMI)<sup>7</sup>. Por su parte, los datos de trabajadores ocupados fueron obtenidos del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC)<sup>8</sup> y del *Bureau of Labor Statistics* para Costa Rica y Estados Unidos respectivamente.

El uso de una medida de productividad agregada responde a las limitaciones de datos sobre productividad del sector transable y no transable. No obstante, su uso es congruente con el enfoque teórico de Balassa-Samuelson, el cual explica el vínculo entre la trayectoria del tipo de cambio real y los cambios en la productividad laboral del sector transable relativa a la del sector transable de sus socios comerciales.

En esta línea, investigaciones recientes (Cubeddu et al. (2019), Fidora, Giordano y Smichtz, (2021), Zorzi y Rubaszek (2023)) usan variables de productividad agregada, tales como el producto por trabajador. De acuerdo con Fidora et al. (2021), el uso de esta variable supone que el crecimiento de la productividad en el sector no transable es constante.

Adicionalmente, Schnatz, Vijselaar, y Osbat (2004) argumentan que el uso de variables agregadas de productividad no debería introducir sesgos significativos, dado que típicamente el crecimiento de la productividad del sector transable tiende a ser mayor a la del no transable, por lo que aun cuando la productividad creciera en el sector no transable, tanto de la economía local como de los socios comerciales, las diferencias en

---

<sup>6</sup> Nota Técnica: [Índice de tipo de cambio real multilateral con ponderadores móviles.](#)

<sup>7</sup> Las series de PIB (PPP) de Costa Rica y Estados Unidos con periodicidad trimestral se obtuvieron a partir de las cifras anuales mediante métodos los de trimestralización.

<sup>8</sup> La serie de ocupados se genera de la siguiente forma: entre 2007 y 2010 las cifras se basan en la trimestralización de datos anuales de la Encuesta de Hogares de Propósitos Múltiples (EHPM) y de la Encuesta Nacional de Hogares (ENAHO). A partir del 2011, las cifras de población ocupada provienen de la Encuesta Continua de Empleo (ECE). Las ENAHO y EHPM consideran a la población mayor de 12 años en la medición de ocupados, mientras que la ECE parte de los 15 años. Las discrepancias existentes entre ambas series fueron corregidas por el INEC y la trimestralización se llevó a cabo con mediante la metodología de Denton (1971) por el Departamento de Análisis Económico del BCCR.

productividad entre economías deben ser resultado principalmente de la dinámica de la productividad del sector transable<sup>9</sup>.

- **Gasto de consumo final del Gobierno General (GG):** corresponde a la suma del gasto en servicios de Administración, Enseñanza y Salud pública brindadas para el uso individual y colectivo de todas las personas de la economía. Esta información es obtenida de las estadísticas de cuentas nacionales y se mide como proporción del PIB.
- **Diferencia de tasas de interés interna y externa (DT):** Corresponde a la diferencia en puntos porcentuales entre la tasa de instrumentos de depósito en el país respecto a su contraparte en el resto del mundo. Este se calculó como la diferencia entre la tasa real interna (tasa básica pasiva deflactada con el Índice de Precios al Consumidor, IPC) y la tasa real externa (Letras del Tesoro a 6 meses deflactada con el IPC de Estados Unidos). Alternativamente, se usa una medida del premio en términos nominales, utilizada previamente por Brenes et al. (2022)<sup>10</sup>.

Para analizar si las series son estacionarias se aplicaron las pruebas de raíz unitaria de Dicky-Fuller Aumentada y de Phillips-Perron. También se aplicó la prueba Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin (KPSS) para considerar la validez de las pruebas previas ante algún posible cambio estructural. Los resultados indican que no se rechaza la hipótesis de que la variable ITCER tiene raíz unitaria. En cuanto a las demás variables, los resultados difieren entre las distintas especificaciones, no obstante, son coherentes en rechazar las hipótesis nulas de que la PL, la PII y el GG tienen raíz unitaria (véase Cuadro A1 en el anexo). Sin embargo, cuando se aplica la prueba que contempla un posible quiebre estructural, los resultados son robustos en rechazar la hipótesis de estacionariedad de las variables en niveles (véase Cuadro A2 en el Anexo).

Seguidamente, con el propósito de encontrar una relación de largo plazo entre estas variables, se aplicó la prueba de cointegración de Johansen, en donde se confirma que dichas variables muestran una relación de largo plazo (véase Cuadro A3 en Anexo). Esto sugiere que es adecuado utilizar un modelo de cointegración para estudiar la relación entre el TCR y sus determinantes fundamentales.

### 3.2 Modelo

El modelo de forma reducida del TCR se estima con datos trimestrales para el periodo comprendido entre el primer semestre de 2007 y el cuarto trimestre del 2022. La variable dependiente es el logaritmo natural del Índice de tipo de cambio real efectivo multilateral con ponderadores móviles (ITCER). Este se explica por cinco variables fundamentales:

---

<sup>9</sup> En contraste, estos mismos autores recomiendan no utilizar la productividad total de los factores (TFP) como variable para medir la productividad, dada la dificultad de su estimación y los posibles sesgos asociados con los supuestos utilizados en la construcción de las series de acervo de capital. Un análisis más detallado respecto a esta limitante se encuentra en Sakerllaris y Wilson (2002) y Blaug (1997).

<sup>10</sup> En este estudio la expectativa de variación del tipo de cambio corresponde a expectativas de variación cambiaria a 6 meses proveniente de la Encuesta de expectativas de inflación y tipo de cambio, disponible hasta el tercer trimestre del 2020. A partir de entonces se usa la variación anualizada del tipo de cambio. Los resultados a partir de esta variable se muestran en el cuadro A6 (columnas 7 y 8).

logaritmo natural de la productividad laboral (PL), gasto de consumo final del Gobierno General como porcentaje del PIB (GG), posición de inversión internacional, como porcentaje del PIB (PII), variación del Índice de términos de intercambio (TI) y la diferencia de tasas de interés interna y externa (DT).

La ecuación de forma reducida para el caso de Costa Rica se plantea como:

$$ITCER_t = \beta_0 + \beta_1 PL_t + \beta_2 GG_t + \beta_3 PII_t + \beta_4 TI_t + \beta_5 DT_t + u_t \quad (3)$$

Además, se incluyen dos variables transitorias en la ecuación de corto plazo: una variable indicadora de la crisis financiera internacional y otra de la crisis ocasionada por la pandemia del COVID-19.

A partir de los resultados de las pruebas de estacionariedad de las variables, se opta por aplicar la técnica Vectores de Corrección de Errores (VCE). Esta supone que existe una relación estable de largo plazo entre el TCR y los determinantes fundamentales, en la que los desalineamientos del equilibrio solo pueden ser transitorios en el corto plazo (Gianelli y Mednik, 2006). El mecanismo de corrección de error actúa para devolver la variable dependiente hacia la relación de equilibrio (Wooldridge, 2006).

A pesar de que algunas series no son estacionarias, si las series cointegran, el VCE permite encontrar un ajuste tal que las variables muestren un comovimiento, de forma que ante desviaciones estas puedan regresar al equilibrio y su relación sea estacionaria. El modelo VCE del TCR se puede expresar de la siguiente forma:

$$\Delta ITCER_t = \alpha [ITCER_{t-1} - \beta' F_{t-1}] + \sum_{i=1}^n \lambda_i \Delta ITCER_{t-i} + \sum_{i=1}^n \theta'_i F_{t-i} + \phi T_t + \mu_t \quad (4)$$

donde  $\alpha$  es el coeficiente de corrección de error,  $F_{t-1}$  es el vector de variables fundamentales de la Ecuación 1 y  $\beta'$  es el vector de coeficientes de largo plazo. Los demás términos modelan la dinámica de corto plazo mediante los efectos de las variables transitorias, los  $n$  rezagos de los cambios del TCR y de los cambios de las variables fundamentales.

## 4. Resultados y discusión

### 4.1 Coeficientes y variables fundamentales.

La ecuación de cointegración, o de largo plazo, estimada mediante el modelo de corrección de errores se muestra en el Cuadro 1. La estimación se realizó para el periodo entre el primer trimestre del 2007 y el cuarto trimestre del 2022, con un tamaño de muestra de 64 observaciones.

Cuadro 1. Ecuación de cointegración del Tipo de Cambio Real  
I-2007 — IV-2022

Variable	Coefficiente
Productividad laboral (ln)	-0,428*** (0,059)
Gasto final GC (% PIB)	-0,025*** (0,005)
PII (% PIB)	-0,004*** (0,001)
TI (Variación %)	-0,002*** (0,001)
Diferencia de tasas (p.p.)	-0,013*** (0,003)
Constante	4,313*** (0,082)
Corrección de error	-0,831*** (0,365)
R <sup>2</sup>	0,710
Nº observaciones	64

Notas: la variable dependiente es el logaritmo natural del índice de tipo de cambio real. Estimación de la ecuación de cointegración mediante un modelo de vector de corrección de error con 6 rezagos, con intercepto en la ecuación de cointegración y sin tendencia. Se incluyen dos variables exógenas para controlar por la crisis financiera del 2009, y por la pandemia de la COVID-19. \*\*\* indica significancia al 1%. Error estándar en paréntesis.

Fuente: elaboración propia.

Los resultados de la estimación de la ecuación de cointegración del TCR sugieren que los coeficientes de las variables de productividad, gasto del Gobierno General, posición de inversión internacional y los términos de intercambio tienen el signo negativo y son estadísticamente significativos al 1%.

La relación negativa entre el TCR y la productividad laboral relativa indica que mejoras en el producto por trabajador se asocian con apreciaciones reales, de forma congruente con la hipótesis *Balassa-Samuelson*<sup>11</sup>. Dicha hipótesis establece que un aumento de la productividad laboral en el sector de bienes transables del país relativo al resto del mundo genera incrementos en la demanda de trabajo y por ende en los salarios en el sector transable. A la vez, en el sector no transable se da un incremento en los salarios para evitar potenciales pérdidas de trabajadores. El incremento en los salarios de ambos sectores conlleva a un incremento en los costos de producción que a su vez se traduce en un incremento en el nivel de precios de la economía local y que conlleva a una apreciación real<sup>12</sup>.

<sup>11</sup> Al respecto, véase Balassa, B. (1964) y Samuelson, P.A., (1964).

<sup>12</sup> Este modelo incorpora la productividad laboral de Costa Rica relativa a la de su principal socio comercial, Estados Unidos. Esta variable refleja que, si bien en ambas economías la productividad laboral ha crecido, la brecha entre ellas se ha reducido. Esta mejora en la productividad laboral relativa también se observa al comparar Costa Rica con otros de sus socios comerciales. Es probable que si se empleara un indicador agregado de productividad laboral de socios comerciales la tendencia a la apreciación real podría ser mayor a la estimada en este estudio.

Este resultado es coherente con el crecimiento de la productividad laboral en términos absolutos y relativos en el periodo de estudio, así como del desplazamiento de horas trabajadas desde sectores poco productivos hacia sectores más productivos (Ivankovich, G y Martínez, J., 2020). Adicionalmente, el análisis del crecimiento de la producción por regímenes de comercialización es congruente con estos resultados, en particular, se observa un mayor dinamismo en el régimen especial, asociado a la comercialización de bienes y servicios transables, en comparación con el régimen definitivo, el cual se orienta más al mercado local (y reporta una mayor participación en la producción de bienes y servicios no transables)<sup>13</sup>.

Similarmente, se identificó una relación negativa entre el gasto del Gobierno General y el tipo de cambio real, es decir, incrementos en el gasto de Gobierno se asocian con apreciaciones del tipo de cambio real. El gasto del gobierno está compuesto principalmente de bienes y servicios no transables (como servicios de administración, seguridad, enseñanza y salud pública), de modo que aumentos en el gasto por este tipo de servicios pueden llevar a incrementos en su precio relativo, y por ende a una apreciación de la moneda nacional para restablecer el equilibrio en el mercado de bienes no transables (Khan y Montiel, 1987).

Por su parte, las mejoras en la Posición de Inversión Internacional se relacionan con apreciaciones reales. Este resultado sugiere que la mejora de la PII del país (ya sea por la reducción de los pasivos externos o el aumento de los activos externos) se traduce en una menor presión sobre la cuenta corriente y en una menor necesidad de recursos para cubrir el pago de los compromisos con el resto del mundo<sup>14</sup>.

Costa Rica es un deudor neto, y su nivel de endeudamiento con el resto del mundo se ha incrementado significativamente en el periodo de análisis. Si bien un aumento en los pasivos netos con el resto del mundo puede incrementar la oferta de divisas en el país en el corto plazo, a futuro esto implicaría la necesidad de un mayor esfuerzo (en términos de una cuenta corriente más superavitaria) para pagar los compromisos adquiridos y, por ende, esto se traduciría en presiones a la depreciación real.

Por otra parte, aumentos en los términos de intercambio se asocian con apreciaciones reales. Los TI indican cuánto cuesta la canasta de bienes exportados en términos de la canasta de bienes importados. La relación negativa con el tipo de cambio real sugiere que, ante un aumento en los TI dada la cantidad de bienes exportados, el país puede adquirir más bienes importados. Es decir, el precio de los bienes exportados es relativamente mayor que el precio de los bienes importados y esto se traduciría en un mayor ingreso disponible en la economía local, que a la vez tendería a aumentar la demanda, el precio de los bienes no transables y por ende conllevaría a disminuir el TCR.

En particular, destaca para el periodo de análisis que los términos de intercambio mostraron un deterioro en los periodos comprendidos entre 2007 y 2015 y una mejora a partir del 2015.

---

<sup>13</sup> En particular, entre 2007 y 2022 la producción del régimen especial registra una tasa de crecimiento anual promedio de 2,7% frente a un 8,7% en el régimen especial.

<sup>14</sup> Sin embargo, la relación entre el TCR y la PII tiende a ser compleja, puesto que los cambios en ésta última pueden ser resultado de movimientos en múltiples variables, tales como los flujos de capital, inversión directa y cambios en los precios de los activos, los cuales a su vez pueden tener un efecto distinto según las características de la economía y las circunstancias.

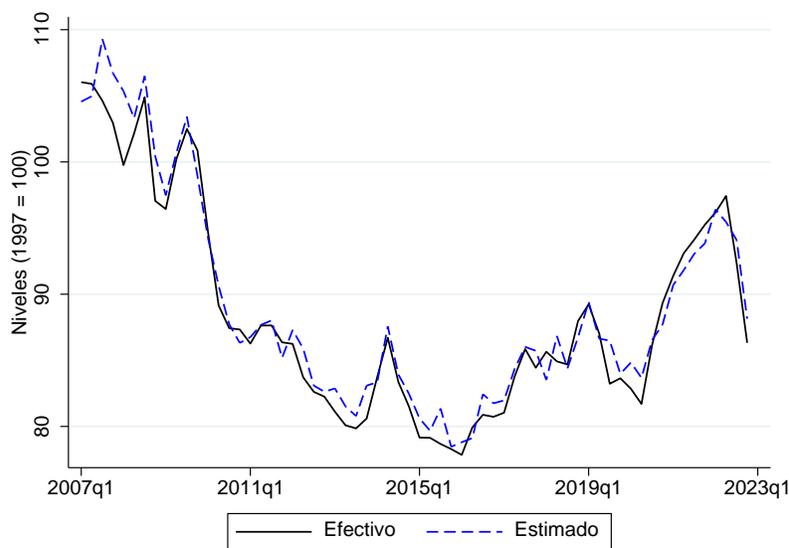
Esto es explicado, principalmente, por el comportamiento de los precios internacionales de las materias primas y, particularmente, de los derivados del petróleo, dado que el país es importador neto de estos bienes. Por otra parte, las variaciones de los precios de los bienes exportados no compensaron dichos aumentos.

Finalmente, incrementos en la diferencia entre las tasas interna y externa se asocian con apreciaciones reales. Cuando la diferencia entre estas tasas aumenta se generan incentivos para que se dé una entrada de capital que llevaría a una apreciación. Adicionalmente, una mayor entrada de capitales puede favorecer la absorción interna y con esto presionar al alza el precio de los bienes no transables y nuevamente generar apreciaciones reales.

En cuanto al modelo, el coeficiente de corrección de error es negativo y estadísticamente distinto de cero, su valor de  $-83,1$  indica que ante desviaciones de la variable respecto a su nivel de equilibrio la mayor parte del ajuste se da transcurrido un periodo. Los residuos de la estimación se distribuyen normalmente y no están autocorrelacionados (las pruebas aplicadas pueden verse en los Cuadros A4 y A5 del Anexo 7.2).

Adicionalmente, la bondad de ajuste del modelo, medida por el  $R^2$  es del 71,0%. La estimación del TCR (que considera los efectos de los determinantes fundamentales y los factores transitorios) puede verse en el Gráfico 1.

Gráfico 1: Tipo de cambio real efectivo y estimado  
I-2007 — IV-2022



Nota: Tipo de cambio real estimado con base en los resultados del modelo de vectores de corrección de errores.

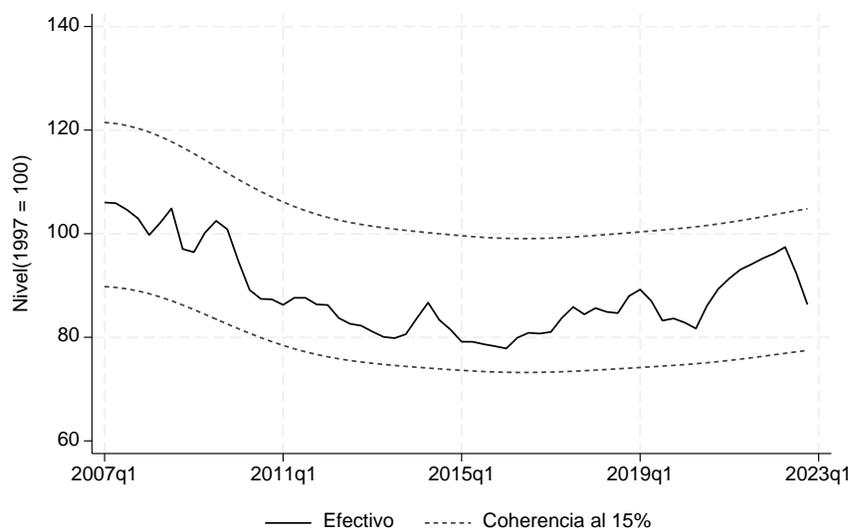
Fuente: elaboración propia.

En particular, de este gráfico destaca que al controlar por los choques originados en la recesión de 2009 y la pandemia por COVID-19, las variables seleccionadas para el modelo logran explicar de forma satisfactoria las fluctuaciones del ITCER en el periodo de estudio.

## 4.2 Senda de equilibrio

Una vez estimados los parámetros de largo plazo de la ecuación de cointegración, se pueden utilizar junto con los valores de largo plazo de los determinantes fundamentales para trazar la senda de equilibrio estimada del TCR. Una aproximación de los valores de largo plazo de las variables fundamentales se puede obtener al aplicar un filtro estadístico a las series observadas, para mantener únicamente su tendencia y excluir los movimientos cíclicos o de corto plazo. En este caso se aplicó el filtro Hodrick-Prescott (HP)<sup>15</sup> con un valor de suavizamiento ( $\lambda$ ) de 1677, valor que es sugerido por Álvarez-Corrales (2017) y Gómez-Rodríguez (2023) para series de datos con frecuencia trimestral en Costa Rica.

Gráfico 2. Senda de equilibrio del tipo de cambio real estimada  
I-2007 — IV-2022



Fuente: Elaboración propia.

El Gráfico 2 muestra el tipo de cambio real observado (línea negra) y la senda de equilibrio estimada para el TCR (área dentro de las líneas punteadas). Cabe destacar, que la literatura sugiere definir rangos de coherencia de entre 10% y 15% con respecto al valor central, esto con el fin de prevenir una identificación errónea de desalineamientos del TCR con respecto a su valor de equilibrio, dada la complejidad y la incertidumbre intrínseca a la medición de variables no observables como la senda de equilibrio del TCR<sup>16</sup>. Por tanto, los rangos de

<sup>15</sup> Una crítica frecuente al uso del filtro HP es que genera una estimación sesgada de la tendencia al final de las series debido a que los últimos valores tienen un peso alto (Hamilton, 2018). De acuerdo con Rodríguez (2022), esta limitante se abordó al calcular los valores de tendencia de series que incorporan también datos pronosticados de 8 trimestres hacia adelante. Adicionalmente se utilizaron otros filtros estadísticos para evaluar la robustez del resultado obtenido, los resultados pueden consultarse en el Anexo 7.3.

<sup>16</sup> A manera de referencia, Eckstein y Friedman (2011) califican de “bajos e insignificantes” los desvíos inferiores al 5% a finales de 2010 para el caso de Israel. Caputo y Siravegna (2014) realizan estimaciones de desvíos del TCR en 2021 respecto a sus valores históricos (2000-07) por grupos de economías emergentes de Asia, Europa, América Latina, países exportadores de materias primas y economías avanzadas (G3), en donde la mayoría muestran desvíos positivos superiores al 10% (salvo el G3 que muestra un desvío negativo) y en el caso de los países exportadores de materias primas el desvío superior al 15%, el cual los autores califican de “significativo”. Por su parte, Salazar-Díaz et al (2022) estima desvíos del

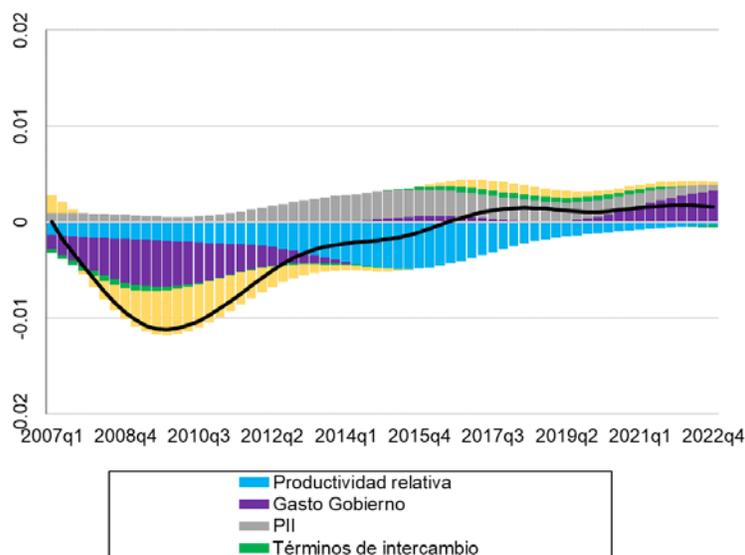
coherencia no se refieren a un concepto estadístico, sino a una zona dentro de la cual los valores del TCR se consideran coherentes con la dinámica que reflejan las variables fundamentales.

Según se aprecia en el Gráfico 2, se puede distinguir una tendencia decreciente hasta el tercer trimestre del 2016. La mayor parte de la apreciación se presentó durante el subperiodo entre 2007 y 2010, con una tasa de variación promedio de 0,84% por trimestre, en comparación con el subperiodo entre 2011 y el tercer trimestre del 2016, con una tasa de variación promedio del 0,31%. A partir del cuarto trimestre del 2016, se estima que el TCR de equilibrio ha tendido a aumentar levemente. La depreciación total estimada desde entonces y hasta cuarto trimestre del 2022 es del 5,5%, equivalente a una depreciación promedio de 0,23% por trimestre en dicho periodo.

El Gráfico 3 permite ver el aporte a los cambios en la senda coherente con el equilibrio de cada variable fundamental ponderada por el coeficiente respectivo. Se estima que la caída del TCR de equilibrio estuvo explicada inicialmente por tres factores: La diferencia de tasas de interés, la productividad y el gasto de Gobierno. En particular, la diferencia de tasas de interés tuvo su mayor aporte sobre la apreciación real entre 2007 y 2011, en tanto que la productividad laboral mostró un aporte creciente entre 2007 y 2015, y posteriormente este ha tendido a disminuir.

Gráfico 3. Aportes de los determinantes a los cambios en la senda de equilibrio

I-2007 — IV-2022



Nota: Este gráfico permite identificar cuál determinante influye más en los cambios de la trayectoria del equilibrio del TCR (línea negra). Valores negativos representan apreciaciones y positivos, depreciaciones.

Fuente: Elaboración propia.

TCR respecto a su valor de equilibrio para Colombia entre 2000 y 2019 de hasta 20%, aunque señalan que como resultado de la adopción de un esquema cambiario flexible desde el año 2000, el TCR tiende a corregir dichos desvíos y a oscilar en torno a su nivel de equilibrio.

Por su parte, el gasto de Gobierno tuvo un aporte a la apreciación real principalmente entre 2007 y 2015, luego a partir de 2019 se estima que esta variable contribuyó a la depreciación del TCR, previsiblemente como resultado de los esfuerzos de contención del gasto implementados en dicho periodo.

El deterioro en la posición de inversión internacional ha sido el principal determinante de los cambios al alza de la senda de equilibrio en todo el periodo, lo cual es característico de una economía deudora neta con el resto del mundo. Además, se estima que el deterioro en los términos de intercambio a partir del 2015 también aportó a los cambios hacia la depreciación.

Adicionalmente, destaca que en el periodo de análisis el tipo de cambio real no mostró desviaciones de su equilibrio de largo plazo por encima del 15%, es decir, no se registraron desalineamientos con respecto a la zona coherente con el equilibrio.

Cuadro 2. Investigaciones previas sobre el tipo de cambio real de equilibrio para Costa Rica.

Estudio	Periodo	Enfoque	Variables fundamentales	Técnica
Paiva (2001)	1970 - 1999	FEER	Gasto de Gobierno, términos de intercambio, Inversión extranjera directa, apertura comercial.	Modelo de corrección de errores (VECM).
León, Méndez y Prado (2003)	1991q3 - 2003q4	BEER, FEER, PPA	Precio de las exportaciones, precio del petróleo, productividad, diferencia de tasas de interés interna y externa.	Mínimos cuadrados ordinarios (MCO).
Mora y Torres (2005)	1991q1 - 2005q3	BEER	Gasto de Gobierno, términos de intercambio, inversión extranjera directa, tasa real de interés doméstica.	Mínimos cuadrados ordinarios dinámicos (DOLS).
Mora y Torres (2007)	1991q1 - 2006q4	BEER	Gasto de Gobierno, términos de intercambio, productividad media del trabajo, activos externos netos.	Mínimos cuadrados ordinarios dinámicos (DOLS) y Vector de corrección de errores (VECM)
Torres (2009)	1991q1 - 2009q2	BEER	IED, productividad media del trabajo, términos de intercambio, Gasto de Gobierno.	Modelo de vector de corrección de errores (VECM).
León (2015)	1991q2 - 2015q1	BEER	Gasto de Gobierno, términos de intercambio, productividad total de los factores, activos externos netos, premio.	Modelo de vector de corrección de errores (VECM).
Barquero y Muñoz (2015)	1992q2 - 2015q1	BEER	Gasto de Gobierno, términos de intercambio, productividad total de los factores, premio.	N.A.
Brenes, Jiménez y Segura-Rodríguez (2022)	1999 - 2021	FEER, DEER	N.A.	Modelos de cointegración lineal y Mínimos cuadrados ordinarios completamente modificados (FMOLS).
Alfaro y Sandoval (2022)	1971 - 2019	BEER	Productividad total de los factores, gasto del Gobierno, posición de inversión internacional, términos de intercambio, diferencia de tasas de interés, aranceles.	Modelo de vector de corrección de errores (VECM).

Nota: FEER: Fundamental equilibrium exchange rate. BEER: Behavioral equilibrium exchange rate. DEER: Desired equilibrium exchange rate.

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados obtenidos en esta investigación tanto en términos de la identificación de las variables fundamentales del TCR como de la trayectoria del TCRE estimada son coherentes con los hallazgos documentados en investigaciones previas para el caso de Costa Rica. Particularmente, se destacan los trabajos de Torres (2009), León (2015), Barquero y Muñoz (2015), Alfaro y Sandoval (2022) que identifican al gasto de gobierno, los términos de intercambio, la diferencia de tasas de interés y la productividad como las principales variables que explican la trayectoria del tipo de cambio real. Por su parte, Brenes et al. (2022) estiman el tipo de cambio real de equilibrio a través de una metodología distinta (*Fundamental Equilibrium Exchange Rate, FEER*) y obtienen resultados coherentes a los reportados en esta investigación. El cuadro 2 resume algunas características de las investigaciones previas sobre el tipo de cambio real de equilibrio en Costa Rica.

## 5. Conclusiones

La trayectoria de equilibrio del TCR, estimada mediante el enfoque BEER, se explica por la evolución de variables económicas como la productividad laboral, el gasto del Gobierno, la posición de inversión internacional los términos de intercambio y la diferencia de tasas de interés interna y externa. De estas, la productividad laboral, el gasto del Gobierno y la diferencia de tasas son las variables que han guiado, mayoritariamente, los periodos de apreciación (cambios a la baja) en la trayectoria de equilibrio del TCR. Mientras que la PII y los términos de intercambio han contribuido, mayoritariamente, a los cambios al alza (depreciaciones).

La senda de equilibrio del TCR estimada coherente con la evolución de sus determinantes fundamentales tuvo una apreciación total del 13,7% entre I-2007 y IV-2022, y una apreciación anual promedio del 0,93%. Sin embargo, se puede distinguir claramente una tendencia decreciente hasta II-2016. A partir de IV-2016, se estima que el TCR de equilibrio ha tendido a aumentar levemente. La depreciación total estimada desde entonces y hasta IV-2022 es del 5,5%.

En el periodo de análisis, no se registran desalineamientos del tipo de cambio real con respecto a la zona coherente con el equilibrio superiores al 15%, de modo que los cambios en su trayectoria estimada son congruentes con la dinámica de sus variables fundamentales. Adicionalmente, los resultados obtenidos en esta investigación son congruentes con estudios previos realizados para Costa Rica sobre la trayectoria del tipo de cambio real de equilibrio y sus variables fundamentales.

## 6. Referencias

- Alfaro-Ureña, A., Manelici, I. y Vasquez, J.P. (2022). The Effects of Joining Multinational Supply Chains: New Evidence from Firm-to-Firm Linkages. *The Quarterly Journal of Economics*, 137(3), pp 1495–1552.
- Alfaro-Ureña, A. y Sandoval, C. (2022). Análisis histórico del tipo de cambio real en Costa Rica. Documento de trabajo 02. Departamento de Investigación Económica. Banco Central de Costa Rica.
- Álvarez-Corrales, C. (2017). Parámetro de suavizamiento del filtro Hodrick-Prescott para Costa Rica. Documento de Trabajo 02, Departamento de Investigación Económica. Banco Central de Costa Rica.
- Álvarez-Corrales, C. y León, J. (2013). Indicadores Complementarios de Tipo de Cambio Efectivo Real para Costa Rica. Documento de Trabajo 12, Departamento de Investigación Económica. Banco Central de Costa Rica.
- Álvarez-Corrales, A. y Muñoz-Salas, E. (2019). Estimaciones de la tasa de desempleo que no acelera la inflación (NAIRU) para Costa Rica. Documento de Trabajo 05, Departamento de Investigación Económica. Banco Central de Costa Rica.
- Balassa, B. (1964). The Purchasing-Power Parity Doctrine: A Reappraisal. *Journal of Political Economy*, 72(6), 584–596. <http://www.jstor.org/stable/1829464>
- Barquero, J.P. y Muñoz, E. (2015). Costa Rica: tipo de cambio real y zona de equilibrio. Documento de trabajo N°006-2015. Departamento de Investigación Económica. Banco Central de Costa Rica.
- Blaug, M. (1997). Economic Theory in Retrospect. Cambridge: Cambridge University Press.
- Brenes, C., Jiménez, S. y Segura-Rodríguez, C. (2022). Los efectos de la crisis financiera de 2008 en el tipo de cambio real de equilibrio en Costa Rica. Documento de Trabajo 06, Departamento de Investigación Económica. Banco Central de Costa Rica.
- Caputo, R. y Nuñez, M. (2008). Tipo de cambio real de equilibrio en Chile: enfoques alternativos. Economía Chilena. 11(2), 59-77.
- Caputo, R. y Siravegna, M. (2014). RER Appreciation After the Great Recession: Misalignment or Fundamental Correction? Documentos de Trabajo. N° 718. Banco Central de Chile.
- Clark, P. B. y MacDonald, R. (1999). Exchange rates and economic fundamentals: a methodological comparison of BEERs and FEERs, (pp. 285–322). En: R. MacDonald y J.L. Stein (Eds.). *Equilibrium Exchange Rates*.
- Cubeddu et al. (2019). The External Balance Assessment Methodology: 2018 Update. International Monetary Fund. Working Paper WP/19/65.

- Cubero-Brealey, R. (2002). FDI, Foreign Affiliate Operations, and the Transfer Process. Macroeconomic Adjustment to FDI Inflows in the Case of Costa Rica. QEH Working Paper Series N° 87, University of Oxford.
- Denton, F. (1971). Adjustment of Monthly or Quarterly Series to Annual Totals: An Approach Based on Quadratic Minimization. Journal of the American Statistical Association. Vol. 66, N°333. 99-102.
- Edwards, S. (1990). Ajuste cambiario y equilibrio macroeconómico en Costa Rica: Lecciones y perspectiva, (pp. 93–126). En: C. González-Vega y E. Camacho (Eds.) Políticas económicas en Costa Rica, Tomo I. Academia de Centroamérica: San José, Costa Rica.
- Eckstein, Z. y Friedman, A. (2011). The equilibrium real exchange rate for Israel. In: Bank for International Settlements (ed.). capital Flows, commodity price movements and foreign exchange rate intervention. BIS Papers, Vol. 57. pp. 201-213.
- Fidora, Giordano y Smichtz, (2017). Real exchange rate misalignments in the euro area. European Central Bank. ECB Working Paper No 2108.
- Frenkel, R. y Rapetti, M. (2010). A Concise History of Exchange Rate Regimes in Latin America. UMASS Amherst Economics Working Papers 2010-01, University of Massachusetts Amherst, Department of Economics.
- Garita-Garita, J. y Sandoval-Alvarado, C. (2023). Indicadores de holgura en el mercado laboral costarricense. Documento de Trabajo 02, Departamento de Investigación Económica. Banco Central de Costa Rica.
- Gianelli, D. y Mednik, M. (2006). Un modelo de corrección de errores para el tipo de cambio real en el Uruguay: 1983: I-2005: IV. Revista de economía, 13(2), 79–126.
- Gómez-Rodríguez, F. (2023) Cálculo del parámetro de suavizamiento del filtro Hodrick-Prescott para Costa Rica. Departamento de Investigación Económica. BCCR. 2023.
- Hamilton (2018). Why You Should Never Use the Hodrick-Prescott Filter. The Review of Economics and Statistics. 100 (5): 831–843.
- Ivankovich, G., y Martínez, J. (2020). Productividad en Costa Rica: estudios sobre productividad. Serie programa visión para el desarrollo, N°24. Academia de Centroamérica. San José.
- Khan, M. S. y Montiel, P. J. (1987). Real Exchange Rate Dynamics in a Small, Primary-Exporting Country. Staff Papers (International Monetary Fund), 34(4), 681–710.
- Lee, J. y Tang, M-K. (2007). Does productivity growth appreciate the real exchange rate? Review of International Economics. 15(1), 164-87.

- León, J., Méndez, E. y Prado, E. (2003). El tipo de cambio real de equilibrio en Costa Rica. Documento de investigación DIE-DM-10-2003-DI. Departamento de Investigación Económica. Banco Central de Costa Rica.
- León, J. (2015). Tipo de cambio real de equilibrio en Costa Rica: Metodología BEER. Documento de investigación. Departamento de Investigación Económica. Banco Central de Costa Rica.
- Mora, C. y Torres, C. (2005). Nuevas estimaciones del tipo de cambio real de equilibrio para Costa Rica. Documento de trabajo N°007-2005. Departamento de Investigación Económica. Banco Central de Costa Rica.
- Mora, C. y Torres, C. (2007). Estimación del tipo de cambio real de equilibrio para Costa Rica: periodo 1991 - 2006. Documento de trabajo N°003-2007. Departamento de Investigación Económica. Banco Central de Costa Rica.
- Paiva, C. (2001). Competitiveness and the Equilibrium Exchange Rate in Costa Rica. IMF Working Paper (WP/01/23). Western Hemisphere Department. International Monetary Fund.
- OECD (2011), OCDE Definición Marco de Inversión Extranjera Directa: Cuarta edición, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/9789264094475-es>.
- Sakerllaris, P., Wilson, D.J. (2002). Quantifying Embodied Technological Change. ECB Working Paper 158. European Central Bank, Frankfurt.
- Salazar-Díaz, A. et al. (2022). Real Equilibrium Exchange Rate in Colombia: Thousands of VEC Models Approach. Borradores de Economía. N° 1221. Banco de la República de Colombia.
- Schnatz, B., Vjjselaar, F., y Osbat, C. (2004). Productivity and the Euro-Dollar Exchange Rate. Review of World Economics, 140(1), 1–30. <https://doi.org/10.1007/BF02659708>
- Samuelson, P. A. (1964). Theoretical Notes on Trade Problems. *The Review of Economics and Statistics*, 46(2), 145–154. <https://doi.org/10.2307/1928178>
- Sandoval, C., Monge, F., Alfaro-Urena, A. and Vargas, T. (2018), FDI spillovers in Costa Rica: boosting local productivity through backward linkages, In: OECD, "OECD Economic Survey of Costa Rica: Research Findings on Productivity", chapter 2, pp. 41- 68.
- Torres, C. (2009). Tipo de cambio real de equilibrio para Costa Rica: enfoque "Behavioral Equilibrium Exchange Rate" (BEER). Periodo 1991q1 - 2009q2. Documento de trabajo N°008-2009. Departamento de Investigación Económica. Banco Central de Costa Rica.

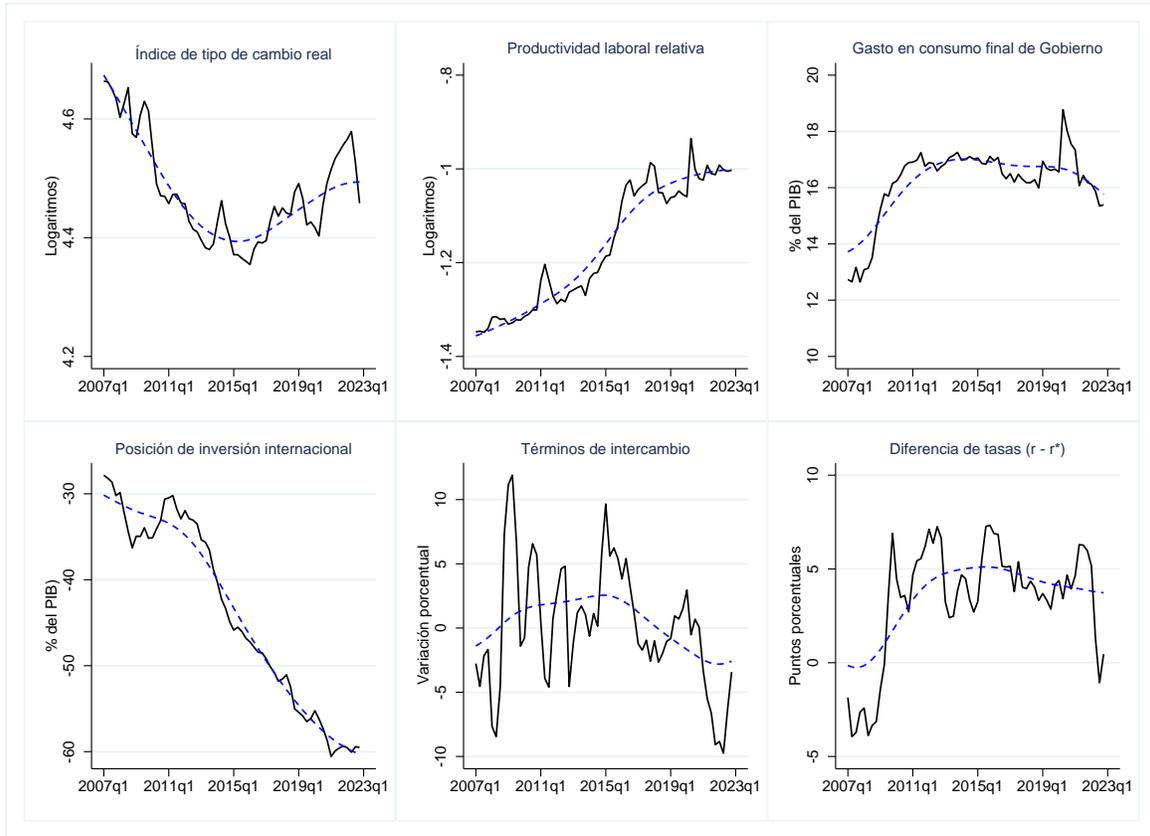
Wooldridge, J. M. (2006). Introducción a la econometría: un enfoque moderno. 2nd edition.

Zorzi y Rubaszek (2023). How many fundamentals should we include in the behavioral equilibrium exchange rate model? *Economic Modelling*, 118(2023).

## Anexos

### 7.1 Datos.

Figura A1: Tipo de cambio real y sus determinantes fundamentales,  
I-2007 – IV-2022



Fuente: Elaboración propia.

#### Otras variables económicas relevantes:

- **Inversión Directa:** Según ODCE (2011) La inversión directa es una categoría de inversión transfronteriza que realiza un residente de una economía (el inversor directo) con el objetivo de establecer un interés duradero en una empresa (la empresa de inversión directa) residente en una economía diferente de la del inversor directo. La motivación del inversor directo es establecer una relación estratégica de largo plazo con la empresa de inversión directa para garantizar un nivel significativo de influencia por parte del inversor en la gestión de la empresa de inversión directa. Se considera que la propiedad de al menos el 10% del poder de voto de la empresa de inversión directa constituye evidencia suficiente de ese "interés duradero". Esta variable está medida como porcentaje del PIB.
- **Inversión de Cartera:** se define como el flujo de pasivos que recibe el país del resto del mundo en la economía local en forma de inversión de cartera. Incluye transacciones en

valores de deuda y de capital que no son inversión directa o activos de reserva. Esta variable está medida como porcentaje del PIB.

## 7.2 Pruebas econométricas

Cuadro A1. Pruebas de raíz unitaria DFA y PP

Test de Dickey-Fuller Aumentada	CST		CT		SCST	
	t - estadístico	Prob.	t - estadístico	Prob.	t - estadístico	Prob.
Tipo de cambio real	-1.498	0.532	-2.384	0.386	-1.134	0.233
Productividad relativa	-0.267	0.926	-1.608	0.785	-1.220	0.203
Gasto de Gobierno	-1.608	0.476	-1.550	0.807	0.095	0.711
PII	-0.641	0.855	-1.831	0.682	3.758	1.000
Términos de intercambio	-3.620	0.007	-3.591	0.035	-3.615	0.000
Diferencial de tasas	-3.911	0.003	-3.893	0.015	-1.962	0.048

Test de Phillips-Perron	CST		CT		SCST	
	t - estadístico	Prob.	t - estadístico	Prob.	t - estadístico	Prob.
Tipo de cambio real	-1.200	0.673	-2.139	0.519	-1.205	0.208
Productividad relativa	-0.046	0.952	-1.459	0.839	-1.379	0.155
Gasto de Gobierno	-1.538	0.512	-1.370	0.865	0.041	0.694
PII	-0.643	0.855	-1.955	0.618	3.527	1.000
Términos de intercambio	-3.950	0.002	-3.937	0.013	-3.981	0.000
Diferencial de tasas	-3.930	0.002	-3.923	0.014	-2.454	0.014

Notas: Hipótesis nula: la variable tiene raíz unitaria.

Prueba de raíz unitaria para diferentes especificaciones: SCST: sin constante y sin tendencia;

CST: con constante y sin tendencia; CT: con constante y con tendencia.

Estadísticos utilizados: Dicky-Fuller y Phillips-Perron.

Fuente: elaboración propia.

Cuadro A2. Prueba de estacionariedad KPSS

Variables	#Rez.	Niveles	Tendencia	#Rez.	Niveles (Dif.)
ITCER (ln)	3	0.38 ***	0.61 **	2	0.23
PL (ln)	1	0.13 *	3.07 ***	0	0.03
GG	1	0.50 ***	1.11 ***	0	0.45 **
PII	2	0.35 ***	2.15 ***	1	0.11
TI	2	0.18 **	0.40 *	4	0.05
Diferencia de tasas	2	0.31 ***	0.64 **	0	0.21

Notas: KPSS: Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin. Hipótesis nula: la serie es estacionaria.

Dif.: primeras diferencias. #Rez.: número de rezagos según SBIC. \*\*\*, \*\*, \* indica significancia al 1 %, 5% y 10 %, respectivamente.

Fuente: elaboración propia.

Cuadro A3: Prueba de cointegración de Johansen

Rango	Eigenvalues	Traza	Probabilidad
r=0*	0.81	278.37	0.000
r<1*	0.55	172.44	0.000
r<2*	0.51	122.03	0.000
r<3*	0.42	75.82	0.000
r<4*	0.31	40.88	0.000
r<5*	0.24	17.38	0.001

Nota: Incluye las variables de ITCER, PL, GG, PII, TI, DT.  
Fuente: elaboración propia.

Cuadro A4: Prueba LM de correlación serial

Rezago	LRE <sup>1</sup>	Prob.	Rao est-F	Prob.
1	41.68	0.24	1.20	0.26
2	25.96	0.89	0.67	0.90
3	36.14	0.46	1.00	0.49
4	31.74	0.67	0.85	0.70
5	32.54	0.63	0.88	0.66
6	47.07	0.10	1.41	0.12
7	32.47	0.64	0.87	0.66

Notas: Hipótesis nula: no hay correlación serial al rezago h. LM= multiplicador de Lagrange.  
<sup>1</sup>estadístico de razón de verosimilitud corregida de expansión de Edgeworth. Grados de libertad= 36.

Fuente: elaboración propia.

Cuadro A5: Prueba de normalidad de los residuos del modelo VCE

Componente	Prueba	Resultado	Chi2	g.l	Prob.
Ecuación 1	Asimetría	-0.40	1.74	1.00	0.19
	Curtosis	2.93	0.01	1.00	0.91
	Jarque-Bera	1.75	2.00		0.42
Prueba conjunta	Asimetría		12.35	6.00	0.05
	Curtosis		4.74	6.00	0.58
	Jarque-Bera	17.08		12.00	0.15

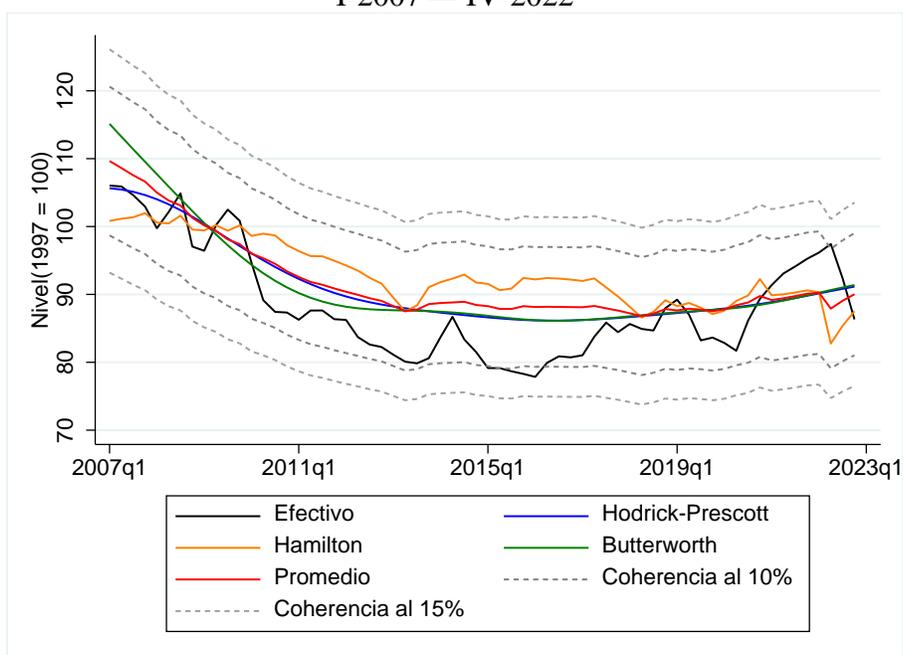
Hipótesis nula: los residuos son normales multivariados.  
Ortogonalización: Cholesky (Lutkepohl). g.l = grados de libertad.  
Fuente: Elaboración propia.

### 7.3 Filtros estadísticos

Se estimaron las series de tendencia de las variables fundamentales identificadas a partir de los filtros de Hodrick-Prescott, Hamilton y Butterworth, así como un promedio de las tendencias obtenidas, esto con el fin de evaluar la sensibilidad de la estimación de la trayectoria del TCRE al uso de distintos filtros estadísticos.

Las sendas de equilibrio del TCR resultantes de usar los 3 filtros, su promedio y los intervalos de coherencia al 10% y 15% para el promedio se pueden observar en el Gráfico A3. Las principales diferencias se encuentran en la senda estimada a partir las tendencias calculadas con el filtro de Hamilton. No obstante, el promedio de las series es cualitativamente similar a la estimación con el filtro HP, lo cual respalda los resultados obtenidos mediante este filtro.

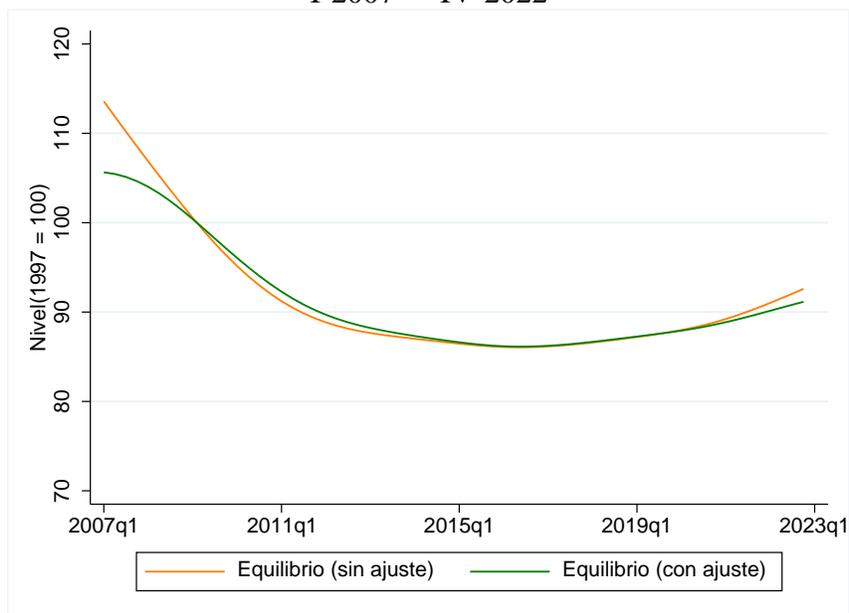
Gráfico A3. Senda de equilibrio del tipo de cambio real estimada con distintos filtros estadísticos  
I-2007 — IV-2022



Fuente: Elaboración propia.

Por otra parte, para abordar la limitación del filtro HP que genera estimaciones sesgadas al final de las colas, la estimación del TCRE presentada en este documento incorpora datos pronosticados de 8 trimestres hacia adelante de las variables fundamentales para estimar los valores de tendencia de las series. No obstante, los resultados son similares cualitativamente (Véase Gráfico A4).

Gráfico A4. Senda de equilibrio del tipo de cambio real estimada con y sin ajuste  
I-2007 — IV-2022



Fuente: Elaboración propia.

#### 7.4 Pruebas de robustez: estimación de modelo adicionales

Se estimaron distintas especificaciones del modelo para evaluar la robustez de los resultados y analizar su sensibilidad a otras variables, periodos y técnicas de estimación, los resultados se muestran en el Cuadro A6.

La columna 1 presenta los resultados del modelo de tipo de cambio real desarrollado en esta investigación a manera de referencia. La columna 2 presenta los resultados de un modelo que incorpora la productividad laboral agregada, en donde destaca la significancia estadística del parámetro asociado a esta variable, así como su mayor magnitud, además, este modelo incorpora la diferencia de tasas como una variable transitoria.

Por otra parte, Cubero-Brealey (2002) menciona la importancia de distinguir entre los distintos tipos de flujos de capital y su mecanismo de influencia sobre el TCR. Para considerar esta observación, se estima por separado el efecto sobre el TCR de los flujos netos de inversión directa e inversión de cartera, ambas variables con respecto al PIB, y se excluye la variable de PII (Cuadro A6, columnas 3 y 4). Los resultados indican que los dos flujos tienen un efecto negativo sobre el TCR, aunque tiene mayor magnitud la inversión directa. Sin embargo, el modelo de la columna 3 presenta un factor de corrección de error que no es significativamente distinto de cero.

Adicionalmente, se estimó un modelo con productividad laboral relativa y los componentes de la cuenta financiera (Inversión directa e inversión de cartera) para el periodo 1999 – 2022, el cual muestra también resultados coherentes en términos de signo, magnitud y significancia estadística de los parámetros estimados en la ecuación de cointegración (columna 5).

Cuadro A6. Ecuación de cointegración del Tipo de Cambio Real, pruebas de robustez

Variable	Modelos							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Productividad laboral relativa (ln)	-0.428*** (0.059)		-0.697*** (0.078)		-0.556*** (0.116)	-0.314** (0.148)	-0.233* (0.136)	-0.693 (0.053)
Productividad laboral absoluta (ln)		-0.995*** (0.172)		-0.623*** (0.111)				
Gasto final GC (% PIB)	-0.025*** (0.005)	-0.027*** (0.006)	-0.062*** (0.004)	-0.030*** (0.004)	-0.018 (0.011)	-0.079** (0.014)	-0.079*** (0.010)	-0.053*** (0.002)
PII (% PIB)	-0.004*** (0.001)	-0.007*** (0.001)					-0.005*** (0.001)	-0.008*** (0.001)
TI (Variación %)	-0.002** (0.001)	-0.009*** (0.002)	-0.027*** (0.001)	-0.015*** (0.002)	-0.015*** (0.004)	-0.018*** (0.004)	0.001 (0.002)	-0.001 (0.001)
Diferencia de tasas (p.p.)	-0.013*** (0.003)		-0.002 (0.004)		-0.033*** (0.008)	-0.009 (0.007)		
Premio (p.p.)							1.328*** (0.512)	
Inversión directa (% PIB)			-0.078*** (0.009)	-0.033*** (0.008)	-0.075*** (0.014)	-0.044*** (0.006)		
Inversión de cartera (% PIB)			-0.008*** (0.002)	-0.009*** (0.003)	-0.012* (0.006)	0.006 (0.006)		
Constante	4.313*** (0.082)	5.931*** (0.117)	5.103*** (0.091)	5.978*** (0.165)	4.639*** (0.258)	5.569*** (0.275)	5.232*** (0.309)	4.197*** (0.095)
Corrección de error	-0.831** (0.365)	-0.716*** (0.123)	-0.142 (0.169)	-0.363*** (0.132)	-0.196*** (0.069)		-0.476*** (0.157)	-0.478*** (0.224)
R <sup>2</sup>	0.710	0.781	0.782	0.864	0.656	0.996	0.771	0.712
N° observaciones	64	64	64	64	89	64	64	64

Notas: Estimación de la ecuación de cointegración con diferentes especificaciones mediante un modelo de vector de corrección de errores con 6 rezagos, con intercepto en la ecuación de cointegración y sin tendencia. La variable dependiente es el logaritmo natural del índice de tipo de cambio efectivo real. Se incluyen dos variables exógenas para controlar por la crisis financiera del 2009 y por la pandemia de la COVID-19, así como por el premio por ahorrar en colones (modelos 2 y 8). \*\*\*, \*\*, \* indica significancia al 1%, 5% y 10%. Error estándar en paréntesis.

Fuente: elaboración propia.

Una prueba de robustez adicional consistió en estimar un modelo a partir de la técnica conocida como modelo de Rezagos Auto Distribuidos (*ARDL*, por sus siglas en inglés) (Cuadro A6, columna 6). Los coeficientes estimados son negativos y significativos, con excepción de la variable de inversión directa que perdió su significancia.

Finalmente, se realizaron estimaciones utilizando el premio en lugar de la diferencia de tasas de interés, siguiendo a Brenes et al. (2022). La columna 7 muestra los resultados incorporando dicha variable en la ecuación de cointegración, en donde destaca que el parámetro estimado resulta con signo contrario al esperado y estadísticamente significativo, en tanto que la columna 8 incorpora esta variable, pero como transitoria, obteniendo resultados coherentes con los otros modelos estimados.