



# Determinantes de la tasa de cambio nominal en Colombia, 2000-2018: un análisis de cointegración

Daniel José Rueda Lobato  
Jennifer Paola Loaiza Rada  
Ana María Cardona Hernández

## Universidad del Magdalena

Facultad de Ciencias Empresariales y Económicas

Programa de Economía

Santa Marta, Colombia

2019



**Determinantes de la tasa de cambio nominal en Colombia, 2000-2018: un análisis de cointegración**

**Daniel José Rueda Lobato**  
**Jennifer Paola Loaiza Rada**  
**Ana María Cardona Hernández**

Trabajo presentado como requisito para optar al título de:

**Economista**

Director:

MSc. Jaime Alberto Morón Cárdenas

Línea de Investigación:

Competitividad

Grupo de Investigación:

Grupo de Análisis en Ciencias Económicas (GACE)

Universidad del Magdalena  
Facultad de Ciencias Empresariales y Económicas  
Programa de Economía  
Santa Marta, Colombia

2019

## **Nota de aceptación:**

Aprobado por el Consejo de Programa en cumplimiento de los requisitos exigidos por el Acuerdo Superior N° 11 de 2017 y Acuerdo Académico N° 41 de 2017 para optar al título de Economía

---

**Jurado**

---

**Jurado**

Santa Marta, \_\_\_\_ de \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_

## Resumen

El presente trabajo busca investigar si los determinantes fundamentales propuestos por Dornbusch (1976) explican el comportamiento de la tasa de cambio nominal en Colombia; además, analizar si el precio del petróleo y el riesgo global tienen efectos de largo plazo en esta tasa. Para esto, se estimó un modelo ARDL y se empleó el test de límites de Pesaran, Shin y Smith (2001) para probar la existencia de una relación de largo plazo entre las series, utilizando datos mensuales desde enero del 2000 hasta diciembre de 2018. Los resultados sugieren una sólida evidencia estadística a favor de una relación de largo plazo entre la tasa de cambio representativa del mercado, el agregado monetario M1, la tasa efectiva de los fondos federales y el precio promedio del petróleo después de la crisis financiera global. Asimismo, se encontró que el riesgo global, medido por el índice de volatilidad global (VIX), no tiene un efecto significativo en el largo plazo; sin embargo, los efectos de corto plazo pueden ser significativos dependiendo del periodo estudiado. Estos resultados tienen implicaciones importantes para los bancos centrales para tomar decisiones de política monetaria y los inversionistas al llevar a cabo estrategias de cobertura.

**Palabras clave:** tasa de cambio, largo plazo, fundamentales macroeconómicos, precio del petróleo, riesgo global.

## Abstract

This paper investigates whether the fundamental determinants proposed by Dornbusch (1976) explain the behavior of the nominal exchange rate in Colombia; In addition, analyze whether the oil price and the global risk have long-term effects on the exchange rate. For this, an ARDL model was estimated and the bounds test of Pesaran, Shin y Smith (2001) was used to prove the existence of a long-term relationship between the series, using monthly data from January 2000 to December 2018. The results suggest statistical evidence in favor of a long-term relationship between the market exchange rate, the monetary aggregate M1, the effective federal funds rate and the average oil price after the global financial crisis. Likewise, it was found that global risk, measured as the global volatility index (VIX), has no significant effect in the long term; however, the short-term effects can be significant depending on the period studied. These results have important implications for central banks to make monetary policy decisions and investors when carrying out hedging strategies.

**Keywords:** exchange rate, long term, macroeconomic fundamentals, oil price, global risk.

# Contenido

Pág.

<b>Resumen .....</b>	<b>4</b>
<b>Lista de gráficas .....</b>	<b>6</b>
<b>Lista de tablas .....</b>	<b>7</b>
<b>1. Introducción .....</b>	<b>8</b>
1.1. Planteamiento del problema .....	8
1.2. Objetivos .....	12
1.2.1. Objetivo general.....	12
1.2.2. Objetivos específicos .....	12
1.3. Justificación.....	12
<b>2. Revisión de literatura.....</b>	<b>13</b>
2.1. Fundamentación teórica .....	13
2.1.1. Los fundamentales macroeconómicos .....	13
2.1.2. El precio internacional del petróleo .....	15
2.1.3. El riesgo global .....	16
2.2. Antecedentes .....	16
<b>3. Fundamentación metodológica.....</b>	<b>19</b>
3.2. Diseño metodológico.....	19
3.3. Datos.....	19
3.4. Método .....	24
1.4. Hipótesis .....	25
<b>4. La tasa de cambio y sus determinantes .....</b>	<b>26</b>
<b>5. Conclusiones.....</b>	<b>31</b>
<b>Referencias.....</b>	<b>32</b>
<b>Apéndice .....</b>	<b>36</b>

## Lista de gráficas

	<b>Pág.</b>
Gráfica 1. Comportamiento de las tasas de cambio de países exportadores de petróleo..	9
Gráfica 2. Comportamiento de las tasas de cambio de países importadores de petróleo	10
Gráfica 3. Comportamiento de la tasa de cambio y la inflación .....	11
Gráfica 4. Comportamiento de la tasa de cambio y la deuda externa.....	11
Gráfica 5. Comportamiento de la tasa representativa del mercado .....	21
Gráfica 6. Comportamiento del agregado monetario M1 .....	21
Gráfica 7. Comportamiento del índice de producción real de la industria manufacturera	22
Gráfica 8. Comportamiento de la tasa efectiva de los fondos federales .....	22
Gráfica 9. Comportamiento del precio del petróleo, promedio de las referencias Brent, WTI y Dubai Fateh.....	23
Gráfica 10. Comportamiento del índice de volatilidad global .....	23
Gráfica 11. Suma acumulativa de residuales recursivos .....	29

## Lista de tablas

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Estadísticas descriptivas.....	20
Tabla 2. Prueba de Dickey-Fuller aumentado.....	26
Tabla 3. Prueba sWald para quiebre estructural.....	27
Tabla 4. Relación de largo plazo de la tasa de cambio.....	28
Tabla 5. Pruebas de robustez.....	29
Tabla 6. Relación de largo plazo y corto plazo de la tasa de cambio en la poscrisis.....	30
Tabla 7. Relación de corto plazo de la tasa de cambio.....	36

# 1. Introducción

En la actualidad, las economías emergentes han sufrido efectos adversos de eventos internacionales como crisis financieras y caídas en los precios de materias primas que forman parte importante de sus exportaciones. Estos efectos adversos se hacen efectivos por medio de la tasa de cambio. Aunque en la literatura sobre la tasa de cambio han surgido muchos modelos teóricos que buscan explicar su comportamiento basándose en los llamados fundamentales macroeconómicos, dentro de los que resalta el modelo de Dornbusch (1976); parece que tales fundamentales pueden haber perdido importancia frente al riesgo global y a precios internacionales de *commodities*.

Esta investigación tiene como propósito evaluar si existe una relación de largo plazo entre la tasa de cambio y sus fundamentales macroeconómicos; a saber, la oferta monetaria, la producción y la tasa de interés externa; propuestos por Dornbusch (1976), para el caso colombiano. Asimismo, se busca evidenciar si el precio internacional del crudo y el riesgo global tienen efectos sobre el comportamiento de la tasa de cambio. Para esto, se estimará un modelo ARDL que distingue entre efectos de corto y largo plazo, además, empleará la prueba de límites de Pesaran, Shin y Smith (2001) para comprobar si la relación de largo plazo es significativa, utilizando datos mensuales desde enero de 2000 hasta diciembre de 2018.

Los choques de la tasa de cambio pueden tener repercusiones en la economía colombiana. Por ejemplo, una depreciación nominal afecta positivamente el nivel de precios, así como también puede encarecer la deuda externa en pesos. De hecho, eso fue lo que ocurrió: con la depreciación de la tasa de cambio de más del 60 %, se registró una inflación de casi el 9 % a junio de 2016, y un encarecimiento de la deuda externa de más del 70 %. Esta situación tiene implicaciones en la toma de decisiones sobre política monetaria para el Banco de la República en su objetivo de mantener una inflación del 3 %, y en las decisiones de cobertura contra el riesgo cambiario de los inversionistas. Por este motivo, al estudiar los determinantes de la tasa de cambio, esta investigación toma relevancia.

Este trabajo se divide en 5 capítulos. El primero es la presente introducción, el segundo capítulo expone la fundamentación teórica del trabajo y estudios anteriores que abordan el mismo problema, el tercer capítulo muestra la fundamentación metodológica de la investigación, el capítulo cuarto muestra los resultados de los objetivos de la investigación y, por último, el quinto capítulo concluye.

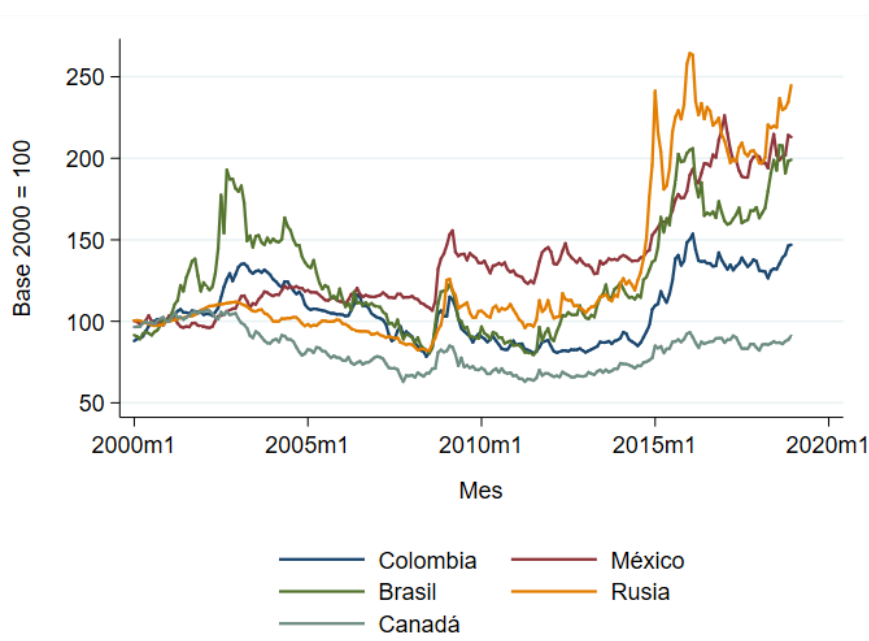
## 1.1. Planteamiento del problema

En años recientes la tasa de cambio de países exportadores de petróleo ha experimentado un comportamiento conducido por el precio de esta materia prima y eventos de incertidumbre internacional. Desde una perspectiva teórica, un incremento en el precio internacional del crudo conlleva al deterioro en la balanza comercial de países importadores de este bien, depreciando su moneda; mientras que, en los países exportadores, este choque implica una apreciación (Amano y Van Norden, 1998; Golub,



1983; Krugman, 1980). Un hecho estilizado es la abrupta caída de la cotización internacional del crudo en alrededor de 60 % entre junio de 2014 y enero de 2015, provocando que el valor de las monedas de países exportadores de petróleo como México y Brasil cayeran en un 13 % y 21 % frente al dólar, respectivamente, en ese mismo periodo; mientras que, en Colombia, esta depreciación fue del 27 %. La Gráfica 1 muestra el comportamiento de los índices de las tasas de cambio de algunos países exportadores de crudo, como son Colombia, México, Brasil, Rusia y Canadá. Se puede observar que las tasas de cambio en estas economías sufren en su conjunto dos depreciaciones importantes que coinciden con caídas en los precios del crudo durante la crisis financiera global de 2008 y, de forma más pronunciada, en la crisis de sobre oferta de este *commodity*.

**Gráfica 1. Comportamiento de las tasas de cambio de países exportadores de petróleo**

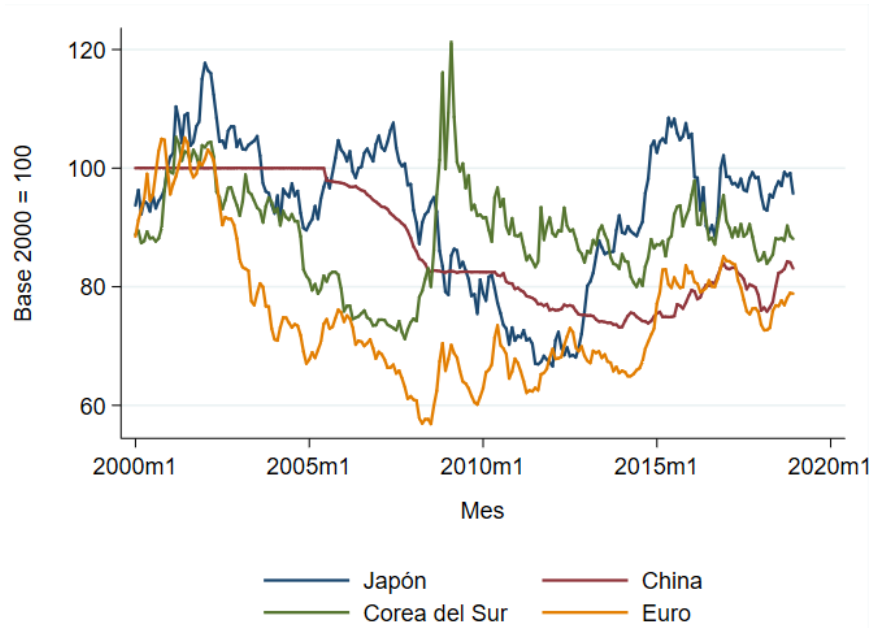


Fuente: elaborado por los autores con base en datos del Banco de la Republica, Banco de México, Banco central de Brasil, Banco de Canadá y el Banco Central de la Federación Rusa.

Por otra parte, en la Gráfica 2 se encuentra el comportamiento de los índices de las tasas de cambio de economías importadoras de crudo, como lo son Japón, China, Corea del Sur y la zona Euro. En este caso, se espera que exista una relación positiva entre la tasa de cambio y el precio del petróleo; sin embargo, se puede observar que, ante las dos caídas importantes del precio del crudo, en algunas de estas economías también se experimentan depreciaciones. Los casos de Japón y China son interesantes: mientras que durante la

crisis financiera global el resto de las economías presentaron una depreciación, estas tuvieron una apreciación.

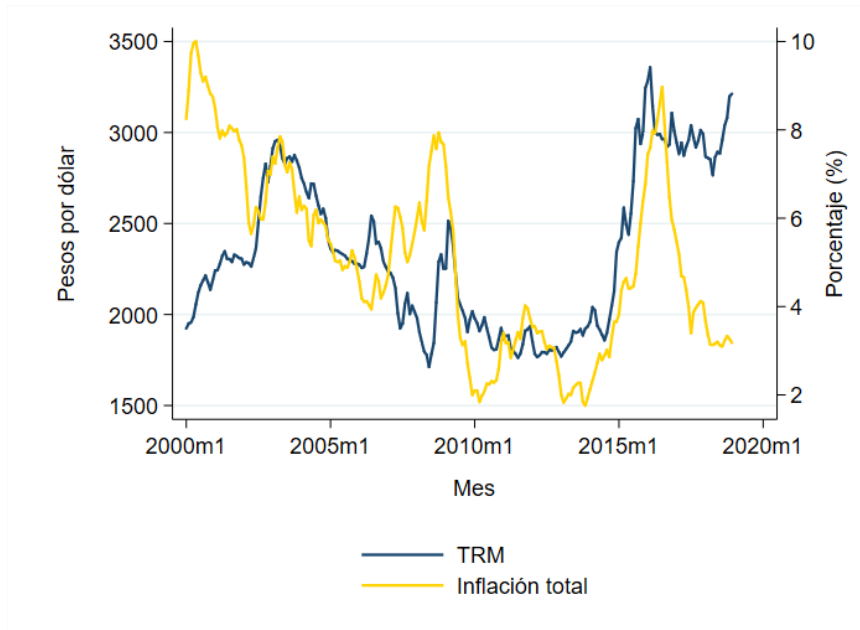
**Gráfica 2. Comportamiento de las tasas de cambio de países importadores de petróleo**



Fuente: elaborado por los autores con base en datos de la OCDE y el Banco Popular de China.

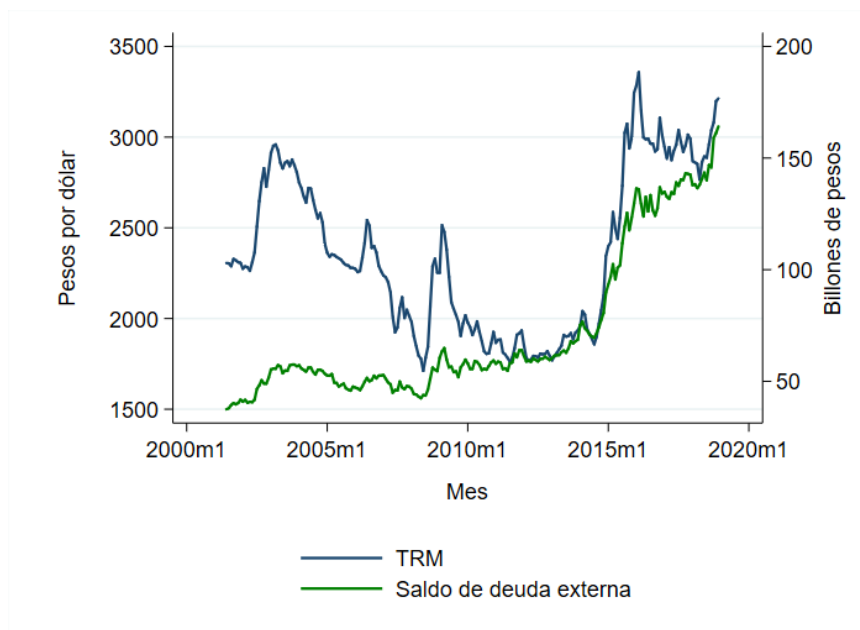
Así, las crisis financieras que generan riesgo y caídas fuertes de precios internacionales pueden afectar, a través de la tasa de cambio, a países emergentes como Colombia, afectando su nivel de precios, incrementando su deuda externa en moneda local y el costo del servicio. Una depreciación de la tasa de cambio implica un incremento en la inflación a través del encarecimiento de los bienes importados; esta relación puede observarse en Gráfica 3. Por otra parte, la Gráfica 4 muestra el comportamiento de la tasa representativa del mercado y el saldo de deuda externa en pesos colombianos. Es fácil evidenciar que el aumento de la tasa de cambio conlleva al incremento de la deuda externa en moneda local.

**Gráfica 3. Comportamiento de la tasa de cambio y la inflación**



Fuente: elaborado por los autores con base en datos del Banco de la República.

**Gráfica 4. Comportamiento de la tasa de cambio y la deuda externa**



Fuente: elaborado por los autores con base en datos del Banco de la República y el Ministerio de Hacienda y Crédito Público.

La relación inversa entre la tasa de cambio y el precio del petróleo ha sido documentada en varias investigaciones, como son las de Hou, Mountain y Wu (2016); Jiang y Gu (2016); Xu, Han, Wan y Yin (2019); Bénassy, Mignon y Penot (2007); Meneses, Toro y Riascos (2017). Además, también se ha demostrado que el riesgo global tiende a depreciar la tasa de cambio en Colombia (Cardozo, Gamboa y Higuera, 2019; Rincón, Rodríguez y Castro, 2017). Todo lo anterior muestra la importancia que han ganado estos factores externos frente a los llamados determinantes fundamentales de la tasa de cambio, que han sido propuestos en la literatura por modelos teóricos, dentro de los cuales el modelo de Dornbusch (1976) es muy conocido.

Dada la situación expuesta, resulta interesante conocer si estos fundamentales sí explican los movimientos en la tasa de cambio en la actualidad y evaluar si los precios internacionales del petróleo y la percepción del riesgo global pueden influir en su comportamiento en una economía exportadora de petróleo. El presente trabajo intenta investigar estas cuestiones para el caso colombiano en el periodo 2000-2018.

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. Objetivo general**

Investigar la relación entre la tasa de cambio nominal colombiana y sus fundamentales macroeconómicos, y analizar si el precio del petróleo y el riesgo global son determinantes de la tasa de cambio, en el periodo de enero de 2000 a diciembre de 2018.

### **1.2.2. Objetivos específicos**

- Evaluar si los fundamentales macroeconómicos del modelo de Dornbusch (1976) tienen un efecto de largo plazo en la tasa de cambio nominal en el periodo 2000-2018.
- Comprobar si el precio del crudo y el riesgo global explican el comportamiento de la tasa de cambio en el largo plazo en el periodo analizado.

## **1.3. Justificación**

Una depreciación nominal de la tasa de cambio debido a la caída de los precios internacionales del crudo puede tener una influencia sobre el nivel de precios domésticos, encarecer la deuda externa en moneda local y el costo del servicio de esta (Melo, Ramos, Parrado y Zárate, 2016). En efecto, la abrupta caída de la cotización del petróleo Brent en 2014 está asociada con una depreciación acumulada del peso colombiano de más del 60 %, lo que fue transferido parcialmente a los precios del consumidor, alcanzando una variación anual de 8.97 % a julio de 2016 (Banco de la República, 2016; Toro, Garavito,

López, & Montes, 2017). Los efectos que los movimientos en la tasa de cambio pueden tener en la economía tiene implicaciones importantes en las decisiones de los bancos centrales de economías exportadoras de petróleo para mantener la inflación en su meta establecida, y para los participantes del mercado financiero entorno a sus estrategias de cobertura contra el riesgo.

La investigación que se plantea es importante porque contribuye a un mejor entendimiento sobre la relación de la tasa de cambio y sus fundamentales, así como evidenciar los efectos que el precio del petróleo y el riesgo internacional pueden tener en el valor de la moneda colombiana frente al dólar. Esto toma relevancia en la situación actual en donde una economía pequeña es afectada por la incertidumbre global a causa de conflictos políticos y económicos. De esta forma, este trabajo aporta evidencia empírica al respecto para el caso de una economía emergente exportadora de petróleo.

## 2. Revisión de literatura

### 2.1. Fundamentación teórica

#### 2.1.1. Los fundamentales macroeconómicos

Dornbusch (1976) desarrolló su teoría de la tasa de cambio nominal bajo perfecta movilidad de capital, un lento ajuste en los mercados de bienes relativo al mercado de activos y expectativas consistentes. La teoría muestra que una expansión monetaria causa una depreciación de la tasa de cambio, no obstante, se presenta una sobrerreacción o *overshooting* inicial de la tasa con respecto a su valor de equilibrio en el largo plazo, consecuencia de la diferente velocidad de ajuste de los mercados. Luego de la sobrerreacción, la tasa de cambio se aprecia en una senda estable según la paridad descubierta de intereses hasta converger en su valor de largo plazo, el cual es mayor que su valor inicial. Este hecho es una explicación para el comportamiento volátil que tiene la tasa de cambio respecto a sus fundamentales. El modelo de Dornbusch (1976) está compuesto por las siguientes ecuaciones:

$$m - p = \psi \bar{y} - \alpha i \quad (1)$$

$$y^d = \beta_0 + \beta_1 (s + p^* - p) + \beta_2 \bar{y} - \beta_3 i \quad (2)$$

$$\dot{p} = \mu (y^d - \bar{y}) \quad (3)$$

$$\dot{s}^e = i - i^* \quad (4)$$

$$\dot{s} = \theta(\bar{s} - s) = \dot{s}^e \quad (5)$$

La ecuación (1) muestra el equilibrio en el mercado monetario, con precios rígidos en el corto plazo,  $p$ , el nivel de producción de pleno empleo,  $\bar{y}$ , la oferta monetaria,  $m$ , y la tasa de interés nominal,  $i$ . La ecuación (2) muestra la función de demanda agregada,  $y^d$ , que depende de la tasa de cambio real,  $s + p^* - p$ , donde  $s$  y  $p^*$  son la tasa de cambio nominal y el nivel de precios externo, respectivamente; del producto de pleno empleo y de la tasa de interés nominal. Además,  $\beta_0$  representa el componente autónomo de la demanda como el gasto público. La ecuación (3) representa la variación de los precios o inflación,  $\dot{p}$ , que depende del ajuste en el mercado de bienes del exceso de demanda y oferta,  $y^d - \bar{y}$ , mientras que  $\mu$  es un parámetro positivo que mide la velocidad del ajuste. La ecuación (4) es la condición de paridad de interés descubierta, que implica la sustituibilidad perfecta entre activos financieros internos y externos, y postula que el diferencial entre la tasa de interés nominal,  $i$ , y la tasa de interés nominal externa,  $i^*$ , es igual a la tasa esperada de depreciación,  $\dot{s}^e$ . Por último, la ecuación (5) constituye el esquema de formación de expectativas sobre la tasa de cambio, donde  $s$  es la tasa de cambio nominal,  $\bar{s}$  es la tasa de cambio de equilibrio en el largo plazo y  $\dot{s}$  es la tasa de depreciación. En este modelo se suponen expectativas adaptativas, en donde los agentes anticipan que la tasa de cambio converge de forma estable a su valor de largo plazo. Además, este esquema es consistente con la previsión perfecta, es decir, con  $\dot{s}^e = \dot{s}$ . Todas las variables están en logaritmo natural a excepción de las tasas de interés nominal.

Tras realizar manipulaciones algebraicas se llega a un sistema dinámico en donde se determinan en forma conjunta el nivel de precios y la tasa de cambio nominal<sup>1</sup>:

$$\begin{bmatrix} \dot{p} \\ \dot{s} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\mu\left(\beta_1 + \frac{\beta_3}{\alpha}\right) & \mu\beta_1 \\ \frac{1}{\alpha} & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} p \\ s \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \mu\beta_0 & \mu\frac{\beta_3}{\alpha} & \mu\left(\beta_2 - \frac{\psi\beta_3}{\alpha} - 1\right) & 0 \\ 0 & -\frac{1}{\alpha} & \frac{\psi}{\alpha} & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ m \\ \bar{y} \\ i^* \end{bmatrix} \quad (6)$$

Los valores de equilibrio de largo plazo de las variables endógenas del modelo, es decir,  $\bar{s}$  y  $\bar{p}$ , se hallan cuando estas ya no cambian en el tiempo, es decir,  $\dot{s} = 0$  y  $\dot{p} = 0$ . En este sentido, de la ecuación (6), se desprende la relación de largo plazo para la tasa de cambio,  $\bar{s}$ :

---

<sup>1</sup> Véase Argandoña, Gámez y Mochón (1996) para detalles de la resolución del modelo.

$$\bar{s} = m - \frac{\beta_0}{\beta_1} - \left( \frac{\psi\beta_1 + \beta_2 - 1}{\beta_1} \right) \bar{y} + \left( \frac{\alpha\beta_1 + \beta_3}{\beta_1} \right) i^* \quad (7)$$

La ecuación (7) muestra cómo en una economía abierta con sistema de tipo de cambio flexible se cumple la homogeneidad de grado de uno del tipo de cambio a la oferta monetaria en el largo plazo, es decir, la neutralidad del dinero (Argandoña, Gámez, y Mochón, 1996), ya que  $d\bar{s}/dm = 1$ . Por otra parte, se desprende también una ecuación del comportamiento de la tasa de cambio en el corto plazo, que evidencia un efecto de sobre-reacción debido a que  $ds/dm = 1 + 1/\alpha\theta$ :

$$s = \bar{s} + \frac{m - p - \psi\bar{y}}{\beta_1} + \frac{1}{\theta} i^* \quad (8)$$

En síntesis, en el corto plazo, la tasa de cambio ante un choque monetario sobre-reacciona con respecto a su valor de largo plazo como consecuencia de la diferente velocidad de ajuste del mercado de bienes (precios rígidos en el corto plazo) y del mercado de activos; sin embargo, en el largo plazo se cumple la neutralidad del dinero. Esta teoría muestra que la tasa de cambio nominal y la tasa de interés interna guardan una relación negativa, es decir, incrementos en la tasa de interés, aprecian la moneda local; por último, el efecto *overshooting* de la tasa de cambio explica por qué esta presenta más volatilidad respecto a sus fundamentales (Argandoña et al., 1996).

### 2.1.2. El precio internacional del petróleo

Desde una perspectiva teórica, la relación entre los precios del petróleo y las tasas de cambio pueden ser analizados a través de dos canales: los términos intercambio y el efecto riqueza. Amano y Van Norden (1995) desarrollaron un modelo simple que muestra que las monedas puedan experimentar depreciaciones cuando los precios del crudo aumentan si el sector no transable es más dependiente del petróleo que el sector transable. En otras palabras, para economías importadores de petróleo, un incremento en el precio internacional de este bien conlleva al deterioro de su balanza comercial y, por lo tanto, una depreciación de su moneda. Por otra parte, para países exportadores de este *commodity*, como Colombia, un choque positivo en los términos de intercambio puede causar que la tasa de cambio se aprecie.

Con respecto al efecto riqueza, un canal de transmisión introducido por Krugman (1980) y Golub (1983), este hace énfasis en el impacto de los precios del petróleo en la balanza comercial. De esta forma, los países importadores de petróleo transfieren riqueza a los exportadores de crudo ante un incremento del precio de esta materia prima. Así, los países

importadores experimentan una depreciación de su moneda, mientras que los exportadores experimentan una apreciación.

### **2.1.3. El riesgo global**

Según el Foro Económico Mundial (2019) el riesgo global es un hecho que causa efectos perjudiciales importantes en muchas industrias y países, que pueden ser de tipo geopolíticos, tecnológicos, medioambientales, sociales y económicos. Este último explica muchos de los comportamientos de las variables macroeconómicas y los mercados de acciones, sobre todo en momentos de crisis.

En regímenes cambiarios flexibles, dado que la tasa de cambio y el riesgo global están conectados fuertemente a través del mercado financiero internacional, el riesgo global afecta las decisiones de los agentes respecto a invertir o no en un determinado país de forma repentina (Balcilar, Gupta, Kyei, y Wohar, 2015; Hodrick, 1987), lo que puede perturbar la conducta de la tasa de cambio, haciéndola más volátil. De esta forma, los anuncios de noticias sobre acontecimientos políticos y económicos a nivel internacional toman relevancia porque pueden influir en las expectativas de los inversionistas (López y Bush, 2019). Estos buscan invertir en países que tengan monedas fuertes, con buena institucionalidad y un sistema político estable, ya que esto brinda la confianza para incursionar en economías extranjeras (Jiménez y Rendón, 2012). En este sentido, cuando hay mayor riesgo global, los inversores buscan llevar su capital a países con economías más sólidas, lo que implica una salida de capitales en otros países y la depreciación de su moneda.

## **2.2. Antecedentes**

Muchos trabajos sobre la tasa de cambio nominal encendieron el debate entre los economistas, no solo tratando de hacer aportes teóricos de la tasa de cambio desde diferentes enfoques como Frenckel y Rodriguez (1982) y Hairault, Patureau y Sopraseduth (2004), sino también probando empíricamente el modelo de Dornbusch (1976) u otros modelos de tasa de cambio nominal; con el fin último de verificar cuáles son, en efecto, los determinantes de esta, y cómo puede afectar la política económica en ella. La literatura internacional al respecto es muy amplia, realizándose estudios en diferentes países, en diferentes periodos y con diferentes metodologías.

Para el caso de Estados Unidos, se encuentra el trabajo de Eichenbaum y Evans (1995), quienes investigaron los efectos de choques de la política monetaria en las tasas de cambio bilaterales con Japón, Alemania, Italia, Francia y Reino Unido en el periodo 1974-1990 utilizando la metodología VAR. Los autores evidenciaron una relación entre la política monetaria y las tasas de cambio. En específico, un choque contraccionista de la política monetaria lleva a una apreciación persistente y significativa de las tasas de cambio.



De la misma forma, Bouakez y Normandin (2010) hicieron ese análisis para el periodo 1982-1998 con las tasas de cambio entre Estados Unidos y cada uno entre Japón, Alemania, Italia, Francia, Reino Unido y Canadá, utilizando un sVAR. Sus hallazgos muestran que la tasa de cambio exhibe una sobre-reacción retrasada o *delayed overshooting* en respuesta a una expansión monetaria: se evidencia una depreciación por diez meses antes de empezar la apreciación. Heinlein y Krolzing (2013) también evidencia una sobre-reacción retrasada con un modelo macroeconómico de dos países: Estados Unidos y Reino Unido.

Asimismo, Inoue y Rossi (2018) estudiaron los efectos de políticas monetarias convencionales y no convencionales en la tasa de cambio bilateral de Estados Unidos con el Reino Unido, Europa, Canadá y Japón, utilizando un VAR estimado por métodos bayesianos para el periodo 1995-2016. La política monetaria expansiva, tanto convencional como no convencional, conlleva a la depreciación de la tasa de cambio bilateral; sin embargo, la heterogeneidad de la duración y la magnitud depende de la forma en que la política afecta las expectativas de los agentes. Además, también se encuentra evidencia favorable a la hipótesis de *overshooting* de Dornbusch (1976).

Otros estudios sobre el efecto de la política monetaria, de la tasa de interés y de otros determinantes sobre la tasa de cambio nominal a nivel internacional son los de trabajos de Cushman y Zha (1995) para Canadá; Assenov (2006) para Bulgaria; Shastri y Shastri (2016) en India; Ojede y Lam (2017) en Uganda; Andrieş, Căpraru, Ihnatov, y Tiwari (2016) en Rumania; Bahmani-Oskooee y Kara (2000) y Bahadır y Karagöz (2016) en Turquía; también se destaca el estudio de Kohlscheen (2014) para Brasil, México y Chile; y el de Kim y Lim (2016) para México, Brasil, Colombia, Corea del Sur, Tailandia y Filipinas.

Los estudios en Colombia sobre los determinantes de la tasa de cambio nominal son relativamente escasos, debido a que los esfuerzos de investigación se han concentrado en la tasa de cambio real (Gaviria y Sierra, 2003). Ejemplos de trabajos sobre los determinantes de la tasa de cambio real son los de Arteaga, Granados, y Ojeda (2013); Echavarría, López y Misas (2007); Echavarría, Vásquez, y Villamizar (2005); Gómez (2015); Moreno (2002) y Silva (2009); en donde toman importancia factores tales como la deuda externa, los términos de intercambio, la productividad relativa de bienes transables (efecto Balassa-Samuelson) y el gasto gubernamental.

Un trabajo bien detallado sobre los determinantes de la tasa de cambio nominal es el de Cárdenas (1997), quien utilizó modelos monetarios con precios flexibles, precios rígidos y un modelo de balance de portafolio para el periodo 1985-1996. Encontró evidencia preliminar que valida el modelo de precios flexibles; sin embargo, luego de un análisis más minucioso, concluyó que el comportamiento de la tasa de cambio nominal no puede ser explicado por los determinantes fundamentales que presenta dicho modelo, y sugiere una relación negativa entre el diferencial de interés y la tasa de cambio.

La mayoría de los estudios empíricos en Colombia coinciden en que una política monetaria expansiva deprecia la tasa de cambio ya que presiona a la baja la tasa de interés y trae como consecuencia que salgan capitales. En esta dirección apuntaron los trabajos de

Patiño y Alonso (2005); Hernández y Mesa (2006); Franco, Gómez, y Ramírez (2007); Mejía y Sarria (2012); Martínez (2013); Astaiza y Gómez (2014); y Meneses, Toro, y Riascos (2017).

Por otra parte, como trabajos que van en dirección contraria a la anterior se encuentra el de Gaviria y Sierra (2003), quienes estudiaron los determinantes de la tasa de cambio nominal en el periodo 1990-2002. Mediante la metodología VEC se halló que la tasa de interés y el PIB externo tienen impactos positivos de largo plazo sobre la tasa de cambio, mientras que el PIB doméstico y la oferta monetaria externa tienen efectos negativos de largo plazo.

Asimismo, Echavarría et al. (2007) evaluaron el impacto conjunto de las intervenciones cambiarias y de la política monetaria convencional sobre la tasa de cambio, la tasa de interés y otras variables macroeconómicas para el periodo 2000-2008. A través de un VAR estructural con restricciones de corto plazo, encontraron que las compras netas de divisas deprecian de forma significativa la tasa de cambio nominal, así como también lo hace el incremento de la inflación, ambos en los primeros meses; mientras que la reducción del producto y de los términos de intercambio deprecian la tasa de cambio a partir del mes once y ocho, respectivamente. Con respecto a la política monetaria, el aumento de la tasa de interés aprecia la tasa de cambio entre el mes 2 y 4, y luego se deprecia ligeramente, sin embargo, estos movimientos no son significativos.

Por último, Montoya (2011) estudió la determinación de la tasa de cambio en el periodo 1992-2007. El autor construyó un modelo teórico del tipo de cambio nominal basado en la oferta y la demanda de divisa siguiendo y estimando por MCO evidenció que las variables que más inciden en la tasa de cambio en el largo plazo son el PIB real interno y de Estados Unidos, la deuda pública externa y las expectativas chartistas (expectativas basadas en los valores pasados de la tasa de cambio mas no en sus fundamentales); sin embargo, la tasa de interés interna tiene un impacto muy pequeño sobre la tasa de cambio. Por otra parte, los determinantes en el corto y mediano plazo son las expectativas fundamentalistas, el diferencial de precios y el cambio en los precios del petróleo.

Con respecto al precio del petróleo y la tasa de cambio, varios estudios muestran que existe una relación negativa, como son los trabajos de Hou, Mountain y Wu (2016); Jiang y Gu (2016); Xu, Han, Wan y Yin (2019); Bénassy, Mignon y Penot (2007); y Meneses, Toro y Riascos (2017). Sin embargo, estudios como el de Reboredo (2012) y Xu, Han, Wan y Yin (2019) concluyen que no existe dependencia entre los precios del petróleo y el tipo de cambio. En Colombia, Aragón y Urbano (2018) y Julio y Gamboa (2019) encuentran una relación negativa entre la tasa de cambio y el precio del petróleo.

El precio de los activos financieros puede ser utilizados como medida del riesgo: en momentos de incertidumbre, el precio de los activos cae, lo que podría sugerir que los inversionistas prefieren los activos externos, lo cual depreciaría la tasa de cambio. En este sentido, Antonakakis, Chatziantoniou, y Filis, (2013); Krol (2014); Acosta, Barráez, Pérez, y Urbina (2015); y Garzón (2016) encontraron efectivamente una relación negativa entre los mercados bursátiles y la tasa de cambio.

En México, López & Bush (2019) demostraron que existe una relación positiva significativa entre la incertidumbre, ya sea política, económica o financiera, y la tasa de cambio, utilizando un modelo MCO y MGM, y datos del índice de volatilidad global, VIX, y del índice de incertidumbre de política económica, EPU, como *proxies* del riesgo global.

Por otra parte, Balcilar et al. (2015) demuestra, a través de una prueba de causalidad no paramétrica por cuantiles, que existe una relación positiva entre el diferencial del índice EPU interno y externo, y la tasa de cambio, debido a que cuando la incertidumbre interna supera a la externa, los agentes nacionales prefieren invertir en activos en moneda extranjera, depreciando la tasa de cambio.

### **3. Fundamentación metodológica**

#### **3.2. Diseño metodológico**

El presente trabajo tiene un enfoque cuantitativo, debido a que utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base en el análisis estadístico. Asimismo, esta investigación tiene un alcance correlacional, ya que pretende evidenciar una relación de largo plazo entre la tasa de cambio y sus fundamentales, además de los efectos que pueda tener el precio del crudo y el riesgo global sobre el comportamiento de la tasa de cambio.

El diseño de la investigación es no experimental, puesto que no se pueden manipular deliberadamente las variables de interés como la oferta monetaria, la producción o la tasa de interés, sino que se analizan en su contexto natural; además, el diseño es longitudinal, porque se recolectan datos de las variables de interés para diferentes periodos y se busca hacer inferencias sobre el comportamiento de la tasa de cambio a través del tiempo.

#### **3.3. Datos**

Para estudiar la relación entre la tasa de cambio y sus fundamentales, además del efecto del precio del crudo y el riesgo global se emplearon datos mensuales desde enero de 2000 hasta diciembre de 2018. Se utilizaron las series de la tasa representativa del mercado (TRM) promedio mensual (pesos colombianos por dólar), el agregado monetario M1 (miles de millones de pesos) y el índice de producción real de la industria manufacturera (1990=100) provenientes del Banco de la República. Por otra parte, se obtuvieron los datos de la tasa efectiva de los fondos federales del Banco de la Reserva Federal de St. Louis, como proxy de la tasa de interés externa. En el caso del precio del petróleo, se utilizó un promedio de las referencias Dated Brent, WTI y Dubai Fateh (dólares por barril) de la base del Fondo Monetario Internacional. Por último, como medidas del riesgo global, se manejó el índice de volatilidad global VIX, del Chicago Board Options Exchange (CBOE). Todas las series con excepción de la tasa de los fondos federales fueron utilizadas en su forma logarítmica para el análisis econométrico; asimismo, las series del agregado monetario M1

y el índice de producción real de la industria fueron desestacionalizadas utilizando la herramienta X12-ARIMA de EViews 9. Para el manejo de la base de datos y las estimaciones estadísticas y econométricas se utilizó el paquete estadístico Stata 15. La Tabla 1 muestra las estadísticas descriptivas de las series.

**Tabla 1. Estadísticas descriptivas**

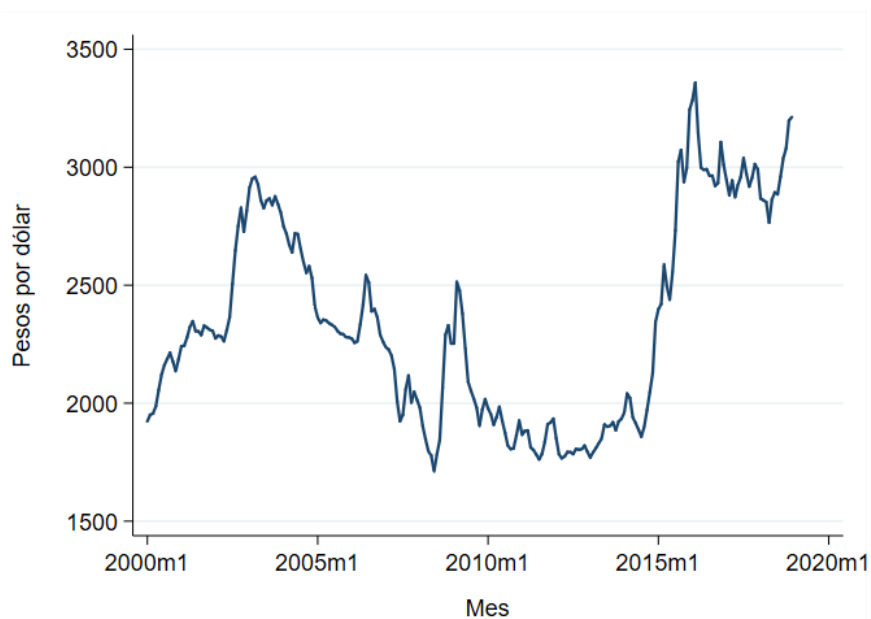
<b>Variab</b> les	<b>Media</b>	<b>Desviación estándar</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>
Tasa representativa del mercado	2336.76	431.62	1712.28	3357.50
Agregado monetario M1	51365.19	29750.84	11508.63	116395.82
Índice de producción real de la industria	137.53	19.86	91.20	181.89
Tasa efectiva de los fondos federales	1.76	1.96	0.07	6.54
Precio promedio del petróleo	62.89	29.17	18.52	133.01
Índice de volatilidad global	19.72	8.32	10.13	62.64

Nota: Agregado monetario M1 en miles de millones de pesos.

En la Gráfica 5 se puede observar que la tasa de cambio fluctúa ampliamente a través del tiempo, con una tasa de crecimiento promedio anual del 2.75 %; sin embargo, desde un poco antes del 2005 hasta el 2014, el peso colombiano tuvo una tendencia a la apreciación, en comparación con los años posteriores en donde se presentó una depreciación. Según Aragón y Urbano (2018), estos cambios de la TRM se le atribuye en gran medida al comportamiento del precio del petróleo después de la crisis del 2008, evidenciándose una relación inversa entre las dos variables. La Gráfica 6 muestra el comportamiento del agregado monetario M1 en el periodo 2000-2018, manteniendo una tasa de crecimiento anual del 6.86 % en promedio. Es evidente el comportamiento estacional que presenta la serie, motivo por el cual fue desestacionalizada para el análisis econométrico.

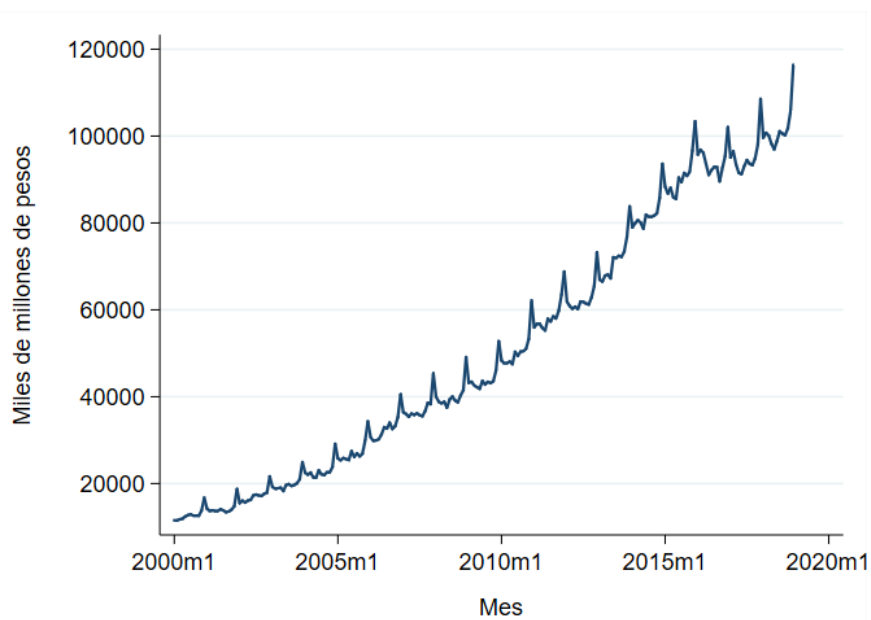
El índice de producción real de la industria manufacturera presenta notables oscilaciones en el periodo estudiado, manteniendo una tendencia ascendente con una tasa de crecimiento promedio anual de 2.98 % (véase Gráfica 7). La Gráfica 8 muestra el comportamiento de la tasa efectiva de los fondos federales entre el 2000 y el 2018. Se evidencian dos caídas abruptas de la tasa de interés externa que coinciden con las recesiones del 2001 y del 2008 en Estados Unidos. La primera recesión tuvo su causa en el debilitamiento del panorama económico, y la segunda recesión se debió a la crisis financiera, provocada principalmente por una política monetaria excesivamente laxa por parte de la Reserva Federal de Estados Unidos (Tamayo y Posada, 2009). Más adelante, superada la recesión, la tasa de los fondos federales, al experimentar un descenso, llegó a estar alrededor del 0.1 %, donde se mantuvo hasta el 2015 cuando empezó a crecer de forma gradual.

**Gráfica 5. Comportamiento de la tasa representativa del mercado**



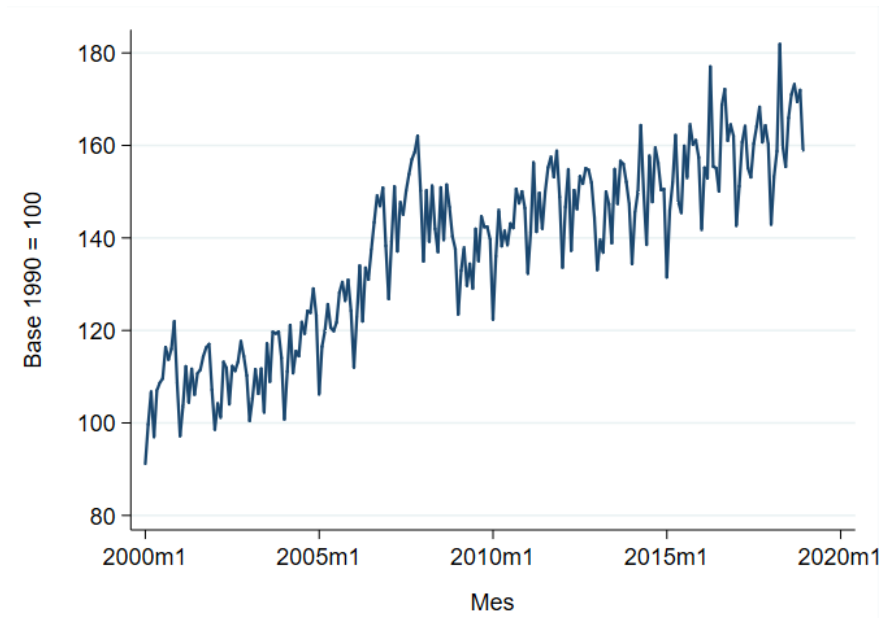
Fuente: elaborado por los autores con base en datos del Banco de la República.

**Gráfica 6. Comportamiento del agregado monetario M1**



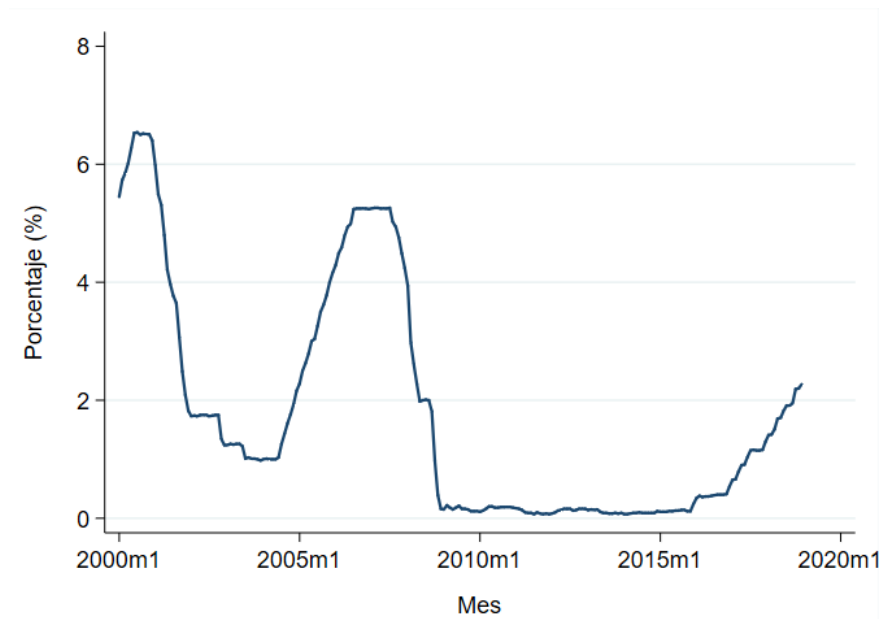
Fuente: elaborado por los autores con base en datos del Banco de la República.

**Gráfica 7. Comportamiento del índice de producción real de la industria manufacturera**



Fuente: elaborado por los autores con base en datos del Banco de la República.

**Gráfica 8. Comportamiento de la tasa efectiva de los fondos federales**



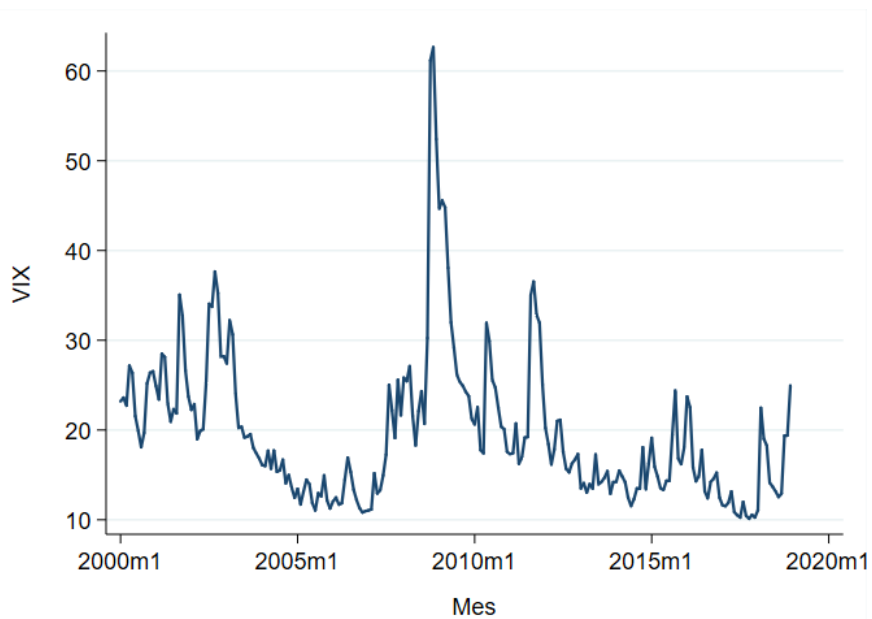
Fuente: elaborado por los autores con base en datos del Banco de la Reserva Federal de St. Louis.

**Gráfica 9. Comportamiento del precio del petróleo, promedio de las referencias Brent, WTI y Dubai Fateh**



Fuente: elaborado por los autores con base en datos del Fondo Monetario Internacional.

**Gráfica 10. Comportamiento del índice de volatilidad global**



Fuente: elaborado por los autores con base en datos del CBOE.

La Gráfica 9 muestra el comportamiento del precio promedio del petróleo en el periodo estudiado, teniendo un crecimiento promedio del 4.09 % anual. Se puede apreciar al comienzo del periodo estudiado una tendencia creciente en el precio del *commodity*, no obstante, este cae abruptamente a partir de la crisis financiera global. Después de la crisis, el precio del crudo se recupera; sin embargo, vuelve a experimentar una fuerte descenso, esta vez debido principalmente a una sobreoferta de crudo, utilizando nuevas técnicas como el *fracking*, y conflictos en países productores (Garzón, 2017).

Por último, la Gráfica 10 muestra el comportamiento del índice de volatilidad global, que representa el riesgo internacional. Este índice ha mostrado diferentes variaciones a lo largo del periodo analizado, sin embargo, resalta su fuerte incremento de 142.6 % entre enero y noviembre de 2008 a causa de la crisis financiera global.

### 3.4. Método

Para investigar si existe una relación de largo plazo entre la tasa de cambio y sus fundamentales, a saber, la oferta monetaria, el producto y la tasa de interés externa, se estimará un modelo ARDL (Pesaran & Shin, 1998; Pesaran et al., 2001), que puede ser escrito en su forma general no restringida como:

$$y_t = c_0 + c_1 t + \sum_{i=1}^p \phi_i y_{t-i} + \sum_{j=1}^q \beta'_j x_{t-j} + u_t \quad (9)$$

Donde  $y_t$  es la variable dependiente,  $t$  es el componente de tendencia,  $x$  es un vector de variables independientes y  $u_t$  es el término de error, que se asume que tiene media cero y varianza  $\sigma^2$ .  $c_0$ ,  $c_1$ ,  $\phi_i$  y  $\beta'_j$  son los parámetros para estimar.  $p$  y  $q$  son los rezagos óptimos de las respectivas variables, y serán determinados según el criterio de información bayesiano de Schwarz. Por simplicidad, se asume el mismo orden de rezagos  $q$  para todas las variables en  $x$ . El modelo ARDL tiene ventajas por encima de otras técnicas de cointegración como la de Johansen (1988) y la de Engle y Granger (1987), como permitir que entren en el modelo series  $I(0)$  e  $I(1)$ . Asimismo, en su forma de corrección de errores:

$$\Delta y_t = c_0 + c_1 t - \alpha(y_{t-1} - \theta x_t) + \sum_{i=1}^{p-1} \psi_{yi} \Delta y_{t-i} + \sum_{i=0}^{q-1} \psi'_{xi} \Delta x_{t-i} + u_t, \quad (10)$$

permite distinguir entre relaciones de largo plazo y procesos de ajuste de corto plazo. Donde  $\Delta$  es el operador de diferencia y representa la variación de una variable determinada,  $\alpha = 1 - \sum_{j=1}^p \phi_j$ , es el coeficiente de ajuste y  $\theta = \frac{\sum_{j=0}^q \beta_j}{\alpha}$  es el vector de coeficientes de largo plazo. Para comprobar si existe una relación de largo entre  $y_t$  y las series en  $x_t$  se implementa la prueba de límites o *bounds test* de Pesaran et al. (2001). Este test consiste en tres pasos: el primero es utilizar el estadístico  $F$  para probar la hipótesis nula conjunta de que  $\alpha = 0$  y  $\sum_{j=0}^q \beta_j = 0$  contra la hipótesis alternativa de que



$\alpha \neq 0$  o  $\sum_{j=0}^q \beta_j \neq 0$ ; si  $H_0^F$  se rechaza, el segundo paso consiste en utilizar el estadístico  $t$  para probar  $H_0^t: \alpha = 0$  contra  $H_1^t: \alpha \neq 0$ ; si se rechaza  $H_0^t$ , el último paso consiste en probar con el estadístico  $z$  si los coeficientes en  $\theta$  son estadísticamente significativos. Existe evidencia de una relación de largo plazo si se rechaza la hipótesis nula en los tres pasos.

La estrategia empírica consiste en estimar un modelo ARDL, en su forma de corrección de errores, como en la ecuación (10), con  $y_t = e_t$  y  $\mathbf{x}_t = [m_t, y_t, i_t^*, o_t, v_t]$ ; donde  $e_t$  es el logaritmo natural de la tasa representativa del mercado,  $m_t$  es el logaritmo natural del agregado monetario M1,  $y_t$  es el logaritmo natural del índice de producción real de la industria manufacturera,  $i_t^*$  es la tasa efectiva de los fondos federales,  $o_t$  es el logaritmo natural del precio del crudo, un promedio de las referencias Dated Brent, WTI y Dubai Fateh, y  $v_t$  es el logaritmo natural del índice de volatilidad global (VIX). Se impondrá la restricción de que  $c_1 = 0$  en el modelo, debido a que el análisis gráfico de la tasa de cambio no muestra una tendencia determinística. Para lograr los objetivos de investigación, se analizarán los coeficientes de los fundamentales de la tasa de cambio propuestos por Dornbusch (1976), los coeficientes del precio del petróleo y el riesgo global, y se utilizará el test de límites de Pesaran et al. (2001) para comprobar si existe una relación de largo plazo o cointegración entre la tasa de cambio y estos determinantes.

#### 1.4. Hipótesis

La hipótesis general de esta investigación es que existe una relación de largo plazo entre la tasa de cambio, el agregado monetario, la producción, la tasa de interés externa, el precio del petróleo y el riesgo global en Colombia entre enero de 2000 y diciembre de 2018. Esta hipótesis es probada utilizando el test de Pesaran et al. (2001), detallado en la subsección anterior.

Con respecto a los fundamentales, se espera que el agregado monetario tenga un efecto positivo sobre la tasa de cambio, ya que aumentos en este, tiende a presionar a la tasa de interés doméstica a la baja, produciendo salida de capitales y depreciando la moneda local. En el caso de la producción, el signo esperado es negativo, puesto que un incremento en la producción y, por consiguiente, en el ingreso, presiona la tasa de interés doméstica al alza, lo que implica una entrada de capitales que aprecia la moneda. Se espera que la tasa de interés externa mantenga una relación positiva con la tasa de cambio, debido a que, si la primera aumenta, puede provocar una salida de capitales en búsqueda de mayores rendimientos, depreciando la moneda local.

En relación con el precio del petróleo, se espera una relación negativa con la tasa de cambio en la economía colombiana, porque, al ser exportadora de crudo, incrementos en el precio del *commodity* implica una entrada de divisas que aprecian la tasa de cambio. Por último, en cuanto al riesgo global, este influye en las expectativas de los inversionistas, cambiando sus decisiones de inversión y dirigiéndolas a economías más sólidas. La salida de capitales producto de cambios en esas decisiones de inversión pueden depreciar la tasa de cambio; por lo tanto, se espera una relación positiva entre esta y el riesgo global.

#### 4. La tasa de cambio y sus determinantes

La Tabla 2 muestra dos especificaciones de la prueba ADF de raíz unitaria para las series en niveles y en primera diferencia. La primera especificación contiene el intercepto o constante, mientras que la segunda tiene intercepto y tendencia. Observando el test para las series en niveles se puede observar que, en la especificación con constante, solo las series del agregado monetario M1 y el índice de volatilidad global son  $I(0)$ , debido que los  $p$ -valores del estadístico ADF son menores al 5 % de significancia y se rechaza la hipótesis nula de que dichas series tienen una raíz unitaria; mientras que las demás series son  $I(1)$ , puesto que no se puede rechazar esa hipótesis nula. En la especificación con constante y tendencia, se muestra que solo la serie del VIX es estacionaria. Por otra parte, con respecto a las series en diferencias, se rechaza la hipótesis nula de raíz unitaria para todas las series al 0.1 % en ambas especificaciones. Estos resultados demuestran que es válido utilizar un modelo ARDL, ya que se tienen series  $I(1)$  e  $I(0)$ .

**Tabla 2. Prueba de Dickey-Fuller aumentado**

	Nivel		Diferencia	
	Constante	Tendencia	Constante	Tendencia
Tasa representativa del mercado	-1.49	-1.56	-10.10***	-10.09***
Agregado monetario M1	-2.98*	-0.40	-7.90***	-8.56***
Índice de producción real de la industria	-1.46	-1.88	-21.42***	-21.43***
Tasa efectiva de los fondos federales	-2.49	-1.90	-6.23***	-6.44***
Precio promedio del petróleo	-2.01	-1.91	-11.04***	-11.06***
Índice de volatilidad global	-3.50**	-3.63*	-14.70***	-14.68***

Nota: \*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.01$ , \*\*\*  $p < 0.001$ . La hipótesis nula de la prueba es que cada serie contiene una raíz unitaria. Todas las series están en su forma logarítmica con excepción de la tasa efectiva de los fondos federales.

La literatura sobre la tasa de cambio muestra que la relación de esta con el precio del petróleo puede estar influenciada por la crisis financiera global. De esta forma, estudios evidencian una relación de largo plazo estadísticamente significativa para el periodo poscrisis (Aragón y Urbano, 2018; Chen, Liu, Wang y Zhu, 2016; Julio y Gamboa, 2019; Yin y Ma, 2018). En este sentido, se realizó un test de cambio estructural, dando como fecha de quiebre el mes de noviembre de 2008 (véase Tabla 3), y se realizaron también estimaciones del modelo ARDL para dos subperiodos: uno de precrisis y otro de poscrisis. El periodo precrisis abarca desde enero de 2000 hasta octubre de 2008, mientras que el periodo de poscrisis, de noviembre de 2008 a diciembre de 2018.

**Tabla 3. Prueba sWald para quiebre estructural**

Test	Estadístico	Probabilidad	Fecha de quiebre
Supremum Wald	21.9328	0.012276	2008m11

Nota: la hipótesis nula es que no existe quiebre estructural. El  $p$ -valor del estadístico sWald es menor que el nivel de significancia aceptado de 5 %, por lo que se rechaza la hipótesis nula y se estima como fecha de quiebre noviembre de 2008.

La Tabla 4 muestra los resultados de la relación de largo plazo de la tasa de cambio. En la columna (1) se encuentran las estimaciones para el periodo 2000-2018, la columna (2) hace referencia al periodo precrisis y la columna (3), al de poscrisis. Los resultados de la columna (1) muestran que las variables significativas en el modelo son el agregado monetario M1 y el precio del petróleo. Cuando el agregado monetario aumenta un 1 %, la tasa de cambio se deprecia en 0.64 %. Por otra parte, un incremento del 1 % en el precio del petróleo se asocia con una apreciación de un 0.39 % en la tasa de cambio.

No obstante, aún es necesario realizar el test de límites de Pesaran et al. (2001) para comprobar si existe evidencia estadística de una relación de largo plazo. La Tabla 4 muestra los  $p$ -valores aproximados calculados por Kripfganz y Schneider (2019) para el test de límites de Pesaran et al. (2001). Si tanto el  $p$ -valor del estadístico  $F_{PSS}$  en el límite inferior,  $p_F(0)$ , como el del estadístico  $t_{PSS}$ ,  $p_t(0)$ , son mayores que el nivel de significancia escogido (5 %, 1 % o 0.1 %), entonces no se rechazará la hipótesis nula de que no existe una relación de largo plazo. Si  $p_F(0)$  y  $p_t(0)$  son menores que el nivel de significancia, pero  $p_F(1)$  y  $p_t(1)$ , a saber, los  $p$ -valores de los estadísticos  $F_{PSS}$  y  $t_{PSS}$  del límite superior, no lo son, entonces los resultados no son concluyentes. Sin embargo, si  $p_F(1)$  y  $p_t(1)$  son menores al nivel de significancia, entonces se rechaza la hipótesis nula y los resultados muestran evidencia estadística que soporta la existencia de una relación de nivel de largo plazo. Para la estimación de la columna (1), los  $p$ -valores del estadístico  $F_{PSS}$  y  $t_{PSS}$  en el límite inferior, es decir,  $p_F(0)$  y  $p_t(0)$ , respectivamente, permiten rechazar la hipótesis nula de no relación a un nivel de significancia del 5 %; sin embargo, no se puede rechazar esta hipótesis nula en el límite superior con  $p_F(1)$  y  $p_t(1)$ , por lo tanto, los resultados no son concluyentes.

En la columna (2) resaltan como significativas las variables del agregado monetario M1, el índice de producción real de la industria manufacturera y el índice de volatilidad global. En este caso, cuando M1 aumenta en un 1 %, se espera que la tasa de cambio se deprecie un 1.27 %. Con respecto al índice de producción, un incremento en un 1 %, se asocia con una apreciación del 4.38 % de la tasa de cambio. Por último, cuando el VIX sube un 1 %, implica que la tasa de cambio se deprecie en 0.38 %. Con respecto a la prueba de límites, se rechaza la hipótesis nula de no relación de largo plazo en límite inferior y para el estadístico  $F_{PSS}$  en el límite superior; no obstante, no se puede rechazar para el estadístico  $t_{PSS}$  en el límite superior. Nuevamente, estos resultados se encuentran entre los límites inferior y superior y, por tanto, no son concluyentes.

**Tabla 4. Relación de largo plazo de la tasa de cambio**

	Periodo completo	Precrisis	Poscrisis
	(1)	(2)	(3)
$m_t$	0.644* (0.253)	1.271*** (0.343)	0.330*** (0.065)
$y_t$	-1.790 (1.058)	-4.377*** (1.165)	0.048 (0.239)
$i_t^*$	0.040 (0.028)	0.038 (0.023)	0.090*** (0.015)
$o_t$	-0.391*** (0.080)	-0.075 (0.115)	-0.406*** (0.021)
$v_t$	0.035 (0.110)	0.384* (0.152)	0.049 (0.031)
$c_0$	11.113*** (2.492)	15.008*** (2.270)	5.365*** (0.893)
$N$	224	102	122
$R^2$ aj.	0.307	0.587	0.443
$p_F(0)$	0.042	0.000	0.000
$p_t(0)$	0.017	0.006	0.000
$p_F(1)$	0.233	0.002	0.000
$p_t(1)$	0.263	0.142	0.000

Nota: \*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.01$ , \*\*\*  $p < 0.001$ . La variable dependiente es  $e_t$ . Errores estándar entre paréntesis. La hipótesis nula de la prueba que no existe una relación de largo plazo. Los coeficientes de ajuste y de corto plazo no se muestran para ocupar menos espacio (véase Tabla 7).

Con respecto a la columna (3), el periodo poscrisis, las variables que resultaron significativas fueron el agregado monetario M1, la tasa efectiva de los fondos federales y el precio del petróleo. Al aumentar M1 en un 1 %, la tasa de cambio se deprecia en 0.33 %. Cuando la tasa efectiva de los fondos federales aumenta 100 puntos básicos, la tasa de cambio experimenta una depreciación del 9 %. En el caso del precio del crudo, una subida en un 1 % de este, implica una apreciación nominal del 0.41 %. Al analizar el test de Pesaran et al. (2001), se puede observar que los  $p$ -valores de los estadísticos  $F_{PSS}$  y  $t_{PSS}$  en ambos límites permiten rechazar la hipótesis nula de no relación de largo plazo, incluso al 0.1 % de significancia; por lo tanto, los resultados muestran evidencia estadística de una relación de largo plazo entre la tasa de cambio, el agregado monetario M1, la tasa efectiva de los fondos federales y el precio del crudo.

Como un análisis de robustez del modelo ARDL estimado para el periodo poscrisis, se llevaron a cabo las pruebas de correcta especificación de Ramsey, la prueba de normalidad de los residuos según la asimetría y la curtosis, la prueba de homocedasticidad

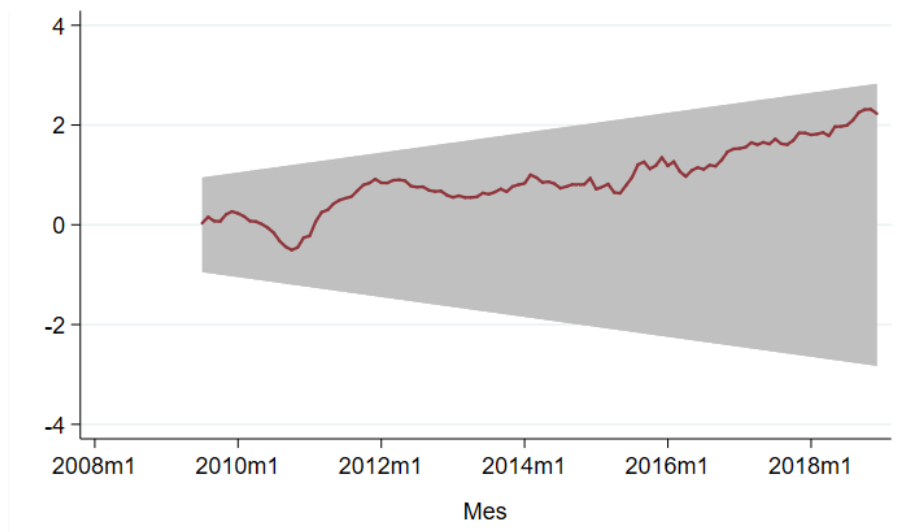
de los residuos de White y la prueba de no autocorrelación de orden 1 de residuos de Breusch-Godfrey. Los resultados se muestran en la Tabla 5.

**Tabla 5. Pruebas de robustez**

Test	Estadístico	Probabilidad
Ramsey RESET ( $F$ )	2.217	0.090
Asimetría y curtosis ( $\chi^2$ )	3.080	0.214
White ( $\chi^2$ )	87.683	0.000
Breusch-Godfrey ( $\chi^2$ )	2.177	0.140

Nota: La hipótesis nula del test de correcta especificación de Ramsey RESET es que el modelo no omite variables relevantes. La del test de asimetría y curtosis es que los residuos del modelo tienen una distribución normal. La hipótesis nula del test de heterocedasticidad de White es que los residuos son homocedásticos. Por último, la hipótesis nula del test de autocorrelación de Breusch-Godfrey es que no existe correlación serial en los residuos.

**Gráfica 11. Suma acumulativa de residuales recursivos**



Nota: Bandas a un 95 % de confianza alrededor de la hipótesis nula de que no se presenta quiebre estructural.

La Tabla 5 muestra que no se puede rechazar la hipótesis nula de las pruebas de correcta especificación, normalidad y de no autocorrelación de los residuos, dado que el  $p$ -valor de las pruebas supera el nivel de significancia del 5 %; sin embargo, sí se rechaza la prueba White de homocedasticidad de los residuos. Adicionalmente, la Gráfica 11 evidencia que

los parámetros estimados del modelo ARDL para la poscrisis son estables en el tiempo, debido a que la suma acumulativa de residuales recursivos del modelo se mantienen dentro de la banda de confianza.

La Tabla 6 muestra nuevamente la ecuación cointegrante o de largo plazo de la tasa de cambio, constituida por el agregado monetario M1, la tasa efectiva de los fondos federales y el precio del petróleo, para el periodo poscrisis; asimismo, incluye el coeficiente de ajuste,  $e_{t-1}$ , y efectos de corto plazo representados por los coeficientes de variables en diferencias como  $\Delta e_{t-1}$ ,  $\Delta o_t$  y  $\Delta o_{t-1}$ . Estos resultados difieren poco de los correspondientes a la columna (3) de la Tabla 4, sin embargo, son, econométricamente hablando, más consistentes ya que fueron estimados con errores estándar robustos para tratar el problema de heterocedasticidad y porque fue retirado el índice de producción real de la industria debido a que no resultó ser estadísticamente significativa para explicar el comportamiento de la tasa de cambio

**Tabla 6. Relación de largo plazo y corto plazo de la tasa de cambio en la poscrisis**

Variables	Coefficiente	Error estándar robusto	Estadístico $t$	Probabilidad
$e_{t-1}$	-0.330	0.064	-5.124	0.000
$m_t$	0.284	0.040	7.047	0.000
$i_t^*$	0.096	0.015	6.332	0.000
$o_t$	-0.419	0.026	-16.201	0.000
$c_0$	6.307	0.502	12.567	0.000
$\Delta e_{t-1}$	0.283	0.089	3.168	0.002
$\Delta o_t$	-0.079	0.034	-2.314	0.022
$\Delta o_{t-1}$	0.108	0.037	2.897	0.005
$\Delta o_t + \Delta o_{t-1}$	<b>0.028</b>	<b>0.056</b>	<b>0.511</b>	<b>0.610</b>
$N$	122			
$R^2$ <i>aj.</i>	0.439			

Nota: la variable dependiente es  $\Delta e_t$ . Errores estándar robustos a la heterocedasticidad de White. El efecto de la variable  $\Delta o_t + \Delta o_{t-1}$  sobre la tasa de cambio fue calculado por fuera del modelo.

El coeficiente de ajuste,  $e_{t-1}$ , resulta ser negativo y significativo, lo que implica que las desviaciones de la tasa de cambio con respecto a la relación de largo plazo se corrigen en un 0.33 % el mes siguiente. En el largo plazo, un incremento de un 1 % en M1, se asocia con una depreciación del 0.28 %. En el caso de la tasa efectiva de los fondos federales, cuando esa aumenta 100 puntos básicos, la tasa de cambio se deprecia en casi un 10 %. Por otra parte, una subida de un 1 % en el precio del crudo se asocia con una apreciación del 0.42 %. En el corto plazo, la tasa de cambio se explica a sí misma con un rezago mensual con una elasticidad de 0.28. Asimismo, el precio del crudo también tiene efectos

de corto plazo sobre la tasa de cambio: la variación del precio del petróleo disminuye la variación de la tasa de cambio en un 0.08 %, mientras que la variación de ese mismo precio un mes atrás, aumenta la variación de la tasa de cambio en 0.11 %; sin embargo, el efecto agregado, denotado por  $\Delta o_t + \Delta o_{t-1}$ , no es estadísticamente significativo.

## 5. Conclusiones

El propósito de este trabajo fue investigar la relación de largo plazo entre la tasa de cambio nominal colombiana y sus fundamentales macroeconómicos, y analizar si el precio del petróleo y el riesgo global son determinantes de la tasa de cambio, durante el periodo de enero de 2000 a diciembre de 2018. Para hacerlo, se estimaron modelos ARDL en corrección de errores para distinguir entre las variables que afectaban a la tasa de cambio en el largo y en el corto plazo. Los resultados muestran sólida evidencia estadística a favor de una relación de largo plazo entre las series después de la crisis financiera global, mientras que para el periodo completo y el periodo precrisis los resultados no son concluyentes.

En el periodo poscrisis, con referencia a los fundamentales tradicionales de la tasa de cambio, se encontró que el agregado monetario M1 y la tasa efectiva de los fondos federales tienen efectos significativos y con los signos esperados sobre la tasa de cambio en el largo plazo. En efecto, un crecimiento de un 1 % en el agregado monetario se asocia con una depreciación de un 0.28 % en la tasa de cambio. En el caso de la tasa efectiva de los fondos federales, se espera que ante un alza de 100 puntos básicos la tasa de cambio experimente una depreciación de casi un 10 %.

Por otra parte, el precio del petróleo resultó ser muy significativo al explicar los movimientos de largo plazo de la tasa de cambio, evidenciándose una relación negativa esperada. Un incremento del 1 % en el precio del crudo se asocia con una apreciación de 0.42 %. Los resultados sugieren que el índice de volatilidad global (VIX), que mide la aversión al riesgo global, no tiene efectos en el largo plazo estadísticamente significativos sobre la tasa de cambio; sin embargo, los efectos de corto plazo pueden ser significativos y sensibles al periodo estudiado.

Estos resultados tienen importantes implicaciones para los bancos centrales de economías emergentes exportadoras de crudo, como la economía colombiana, al momento de tomar decisiones sobre la política monetaria para conseguir su meta de inflación; y para los inversionistas al realizar estrategias de cobertura contra el riesgo cambiario.

## Referencias

- Acosta, A., Barráez, D., Pérez, D., & Urbina, M. (2015). Riesgo país, fundamentos macroeconómicos e incertidumbre en economías latinoamericanas. *Banco Central de Venezuela*, 164–195.
- Amano, R., & Van Norden, S. (1998). Exchange Rates and Oil Prices. *Review of International Economics*, 6(4), 683–694.
- Andrieş, A. M., Căpraru, B., Ihnatov, I., & Tiwari, A. K. (2016). The relationship between exchange rates and interest rates in a small open emerging economy: The case of Romania. *Economic Modelling*, 67(2017), 261–274.
- Antonakakis, N., Chatziantoniou, I., & Filis, G. (2013). Dynamic Co-movements of Stock Market Returns, Implied Volatility and Policy Uncertainty. *Economics Letters*, 120(1), 87–92. <https://doi.org/10.5897/JAERD12.088>
- Aragón, M., & Urbano, M. (2018). Relación entre el precio del petróleo y la tasa de cambio: El caso colombiano (2000-2017). *Universidad Católica de Colombia*, 28.
- Argandoña, A., Gámez, C., & Mochón, F. (1996). *Macroeconomía avanzada I, Modelos dinámicos y teoría de la política económica* (McGraw-Hill, Ed.). Madrid.
- Arteaga, C., Granados, J., & Ojeda, J. (2013). El comportamiento del tipo de cambio real en Colombia: ¿explicado por sus fundamentales? *Ensayos Sobre Política Económica*, XXXI(72), 1–17.
- Assenov, A. (2006). *Monetary shocks and nominal exchange rate dynamics: monetary and exchange market pressure models - Evidence from Bulgaria*. American University.
- Astaiza Gómez, J. G., & Gómez Sánchez, A. M. (2014). Análisis de los diferenciales de tasas de interés y de cambio entre Colombia y Estados Unidos 2000-2013. *Criterio Libre*, 12(21), 157–182. <https://doi.org/10.18041/1900-0642/criteriolibre.21.126>
- Bahadır, T., & Karagöz, K. (2016). Impact of Short-term Interest Rate on Exchange Rate: The Case of Turkey. *Procedia Economics and Finance*, 38(2016), 195–202.
- Bahmani-Oskooee, M., & Kara, O. (2000). Exchange rate overshooting in Turkey. *Economics Letters*, 68(1), 89–93.
- Balcilar, M., Gupta, R., Kyei, C., & Wohar, M. (2015). Does Economic Policy Uncertainty Predict Exchange Rate Returns and Volatility? Evidence from a Nonparametric Causality-in-Quantiles Test. *Open Economies Review*, 27(2), 32. <https://doi.org/10.1007/s11079-016-9388-x>
- Banco de la República. (2016). *Informe sobre Inflación*.
- Bénassy-Quéré, A., Mignon, V., & Penot, A. (2007). China and the relationship between the oil price and the dollar. *Energy Policy*, 35(11), 5795–5805. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2007.05.035>
- Bouakez, H., & Normandin, M. (2010). Fluctuations in the foreign exchange market: How important are monetary policy shocks? *Journal of International Economics*, 81(1), 139–153.
- Cárdenas, M. (1997). La tasa de cambio en Colombia. In T. M. S. A. (Ed.), *Cuadernos de Fedesarrollo* (1st ed.). Bogotá: Fedesarrollo.
- Cardozo, P., Gamboa, F., & Higuera, J. (2019). El rol del sector real en el mercado de derivados y su impacto sobre la tasa de cambio. *Borradores de Economía*, (1079).
- Chen, H., Liu, L., Wang, Y., & Zhu, Y. (2016). Oil price shocks and U.S. dollar exchange rates. *Energy*, 112, 1036–1048. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2016.07.012>
- Cushman, D. O., & Zha, T. (1997). Identifying monetary policy in a small open economy under flexible exchange rates. *Journal of Monetary Economics*, 39(3), 433–448. [https://doi.org/10.1016/S0304-3932\(97\)00029-9](https://doi.org/10.1016/S0304-3932(97)00029-9)
- Dornbusch, R. (1976). Expectations and Exchange Rate Dynamics. *The Journal of Political Economy*, LXXXVI(6), 1161–1176.



- Echavarría, J., López, E., & Misas, M. (2007). La tasa de cambio real de equilibrio en Colombia y su desalineamiento : estimación a través de un modelo SVEC. *Ensayos Sobre Política Económica*, (57), 282–319. <https://doi.org/10.32468/espe.5706>
- Echavarría, J., Vásquez, D., & Villamizar, M. (2005). La tasa de cambio real en Colombia, ¿muy lejos del equilibrio? *Ensayos Sobre Política Económica*, (49), 134–191.
- Eichenbaum, M., & Evans, C. (1995). Some Empirical Evidence on the Effects of Shocks to Monetary Policy on Exchange Rates. *The Quarterly Journal of Economics*, CX(4), 975–1009.
- Engle, R., & Granger, C. (1987). Co-Integration and Error Correction : Representation , Estimation , and Testing Published by: The Econometric Society Stable URL : <http://www.jstor.org/stable/1913236> REFERENCES Linked references are available on JSTOR for this article : You may need to. *Econometrica*, LV(2), 251–276.
- Foro Económico Mundial. (2019). *Informe de riesgos mundiales 2019*. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Franco, H., Gómez, A., & Ramírez, A. (2007). Verificación empírica del modelo de precios rígidos en la economía colombiana, 1995:I-2006:I. *Ecos de Economía*, XI(24), 47–64.
- Frenckel, J., & Rodríguez, C. (1982). Exchange Rate Dynamics and the Disconnect. *NBER Working Paper Series.*, 29, 1–30.
- Garzón, A. (2017). La evolución del precio del petróleo la Gran Recesión. *Universidad de Sevilla*, 1–35.
- Garzón, J. H. (2016). Tasa de cambio y precios de commodities en América Latina: ¿Evidencia de contagio? *IOSR Journal of Economics and Finance*, (1), 29. <https://doi.org/https://doi.org/10.3929/ethz-b-000238666>
- Gaviria, M., & Sierra, H. (2003). Los determinantes de la tasa de cambio real en Colombia. *Revista Académica e Institucional de la U.C.P.R.*, 75–106.
- Golub, S. (1983). Oil Prices and Exchange Rates. *The Economic Journal*, 93(371), 576–593.
- Gómez, A. (2015). *Determinantes de la tasa de cambio real en Colombia en las últimas dos décadas: un análisis de regresión*. Universidad EAFIT.
- Hairault, J. O., Patureau, L., & Sopraseuth, T. (2004). Overshooting and the exchange rate disconnect puzzle: a reappraisal. *Journal of International Money and Finance*, XXIII(4), 615–643.
- Heinlein, R., & Krolzing, H. M. (2013). Monetary Policy and Exchange Rates : Approach Monetary Policy and Exchange Rates : A Balanced Two – Country Cointegrated VAR Model Approach. *School of Economics Discussion Papers*.
- Hernández, M., & Mesa, R. (2006). La experiencia colombiana bajo un régimen de flotación controlada del tipo de cambio : el papel de las intervenciones cambiarias. *Lecturas de Economía*, (65), 37–72.
- Hodrick, R. (1987). Risk, uncertainty and exchange rates. *National Bureau of Economic Research*, (2429), 61.
- Hou, K., Mountain, D. C., & Wu, T. (2016). Oil price shocks and their transmission mechanism in an oil-exporting economy: A VAR analysis informed by a DSGE model. *Journal of International Money and Finance*, 68, 21–49. <https://doi.org/10.1016/j.jimonfin.2016.05.004>
- Inoue, A., & Rossi, B. (2018). The effects of conventional and unconventional monetary policy on exchange rates. In *NBER Working Paper Series*.
- Jiang, J., & Gu, R. (2016). Asymmetrical long-run dependence between oil price and US dollar exchange rate - Based on structural oil shocks. *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications*, 456, 75–89. <https://doi.org/10.1016/j.physa.2016.03.016>
- Jiménez, D., & Rendón, H. (2012). Determinantes y efectos de la inversión extranjera directa: revisión de literatura. *Ensayos de Economía*, (41), 109–128.

- Johansen, S. (1988). Statistical analysis of cointegration vectors. *Journal of Economic Dynamics and Control*, *XII*(2), 231–254.
- Julio, J., & Gamboa, F. (2019). The Exchange Rate and Oil Prices in Colombia: A High Frequency Analysis. *Borradores de Economía*, (1091).
- Kim, S., & Lim, K. (2016). Effects of Monetary Policy Shocks on Exchange Rate in Emerging Countries. *Hong Kong Institute for Monetary Research*, pp. 1–28.
- Kohlscheen, E. (2014). The impact of monetary policy on the exchange rate: A high frequency exchange rate puzzle in emerging economies. *Journal of International Money and Finance*, *44*, 69–96.
- Kripfganz, S., & Schneider, D. (2019). Response surface regressions for critical value bounds and approximate p-values in equilibrium correction models. In *Economics Department Discussion Papers Series*.
- Krol, Br. (2014). Economic Policy Uncertainty and Exchange Rate Volatility. *California State University*, *53*(9), 18. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Krugman, P. (1980). *Oil and the Dollar*.
- López, G., & Bush, G. (2019). Incertidumbre y Volatilidad del Tipo de Cambio: el Caso de México. *Banco de México*, *36*. <https://doi.org/10.36095/banxico/di.2019.12>
- Martínez, A. (2013). *Diferencial de intereses y percepción de riesgo del país: impactos en el mercado cambiario colombiano*. Universidad del Valle.
- Mejía, C., & Sarria, A. (2012). *Relación entre la tasa de interés y la tasa de cambio en Colombia para el periodo 2006:01-2011:06*. Universidad Autónoma de Occidente.
- Melo, L., Ramos, J., Parrado, L., & Zárate, H. (2016). Bonanzas y crisis de la actividad petrolera y su efecto sobre la economía colombiana. *Borradores de Economía*, (961). Retrieved from <http://repositorio.banrep.gov.co/handle/20.500.12134/6272>
- Meneses, M., Toro, J., & Riascos, J. (2017). El comportamiento del precio del petróleo y la volatilidad en la tasa de cambio: análisis de impacto de las variaciones del WTI y de la tasa de interés referencia sobre la tasa de cambio nominal en Colombia, periodo 2013-2015. *Tendencias*, *XVIII*(1), 13–40.
- Montoya, J. (2011). La tasa de cambio nominal: una aproximación desde la oferta y la demanda de divisas. *Perfil de Coyuntura Económica*, (17), 73–110.
- Moreno, Á. (2002). Determinantes del tipo de cambio real en Colombia. Un modelo neokeynésiano. *Revista de Economía Institucional*, *IV*(7), 40–61.
- Ojede, A., & Lam, E. (2017). The impact of changes in monetary aggregates on exchange rate volatility in a developing country: Do structural breaks matter? *Economics Letters*, *155*, 111–115.
- Patiño, C., & Alonso, J. (2005). Evaluación de pronósticos para la tasa de cambio en Colombia. *Estudios Genenciales*, *XXI*(96), 13–29.
- Pesaran, M., & Shin, Y. (1998). An Autoregressive Distributed Lag Modelling Approach to Cointegration Analysis. *Econometric Society Monographs*, *31*, 371–413. <https://doi.org/10.1017/ccol0521633230.011>
- Pesaran, M., Shin, Y., & Smith, R. (2001). Bounds testing approaches to the analysis of level relationships. *Journal of Applied Econometrics*, *16*(3), 289–326. <https://doi.org/10.1002/jae.616>
- Reboredo, J. (2012). Modelling oil price and exchange rate co-movements. *Journal of Policy Modeling*, *34*(3), 419–440. <https://doi.org/10.1016/j.jpolmod.2011.10.005>
- Rincón, H., Rodríguez, N., & Castro, J. (2017). Perturbaciones macroeconómicas, tasa de cambio y pass-through sobre precios. *Borradores de Economía*; No. 982, 26.
- Shastri, S., & Shastri, S. (2016). Exchange rate interest rate linkages in India: an empirical investigation. *Journal of Financial Economic Policy*, *8*(4), 443–457.
- Silva, J. (2009). Estimación de la tasa de cambio real de equilibrio: aplicación a Colombia. *Revista de Economía Del Caribe*, (4), 37–71.

- Tamayo, J., & Posada, C. (2009). La crisis reciente de Estados Unidos mercado de (2007-2008): redescubriendo la importancia del mercado de “fondos prestables.” *Banco de La República*, 1–21.
- Toro, J., Garavito, A., López, D. C., & Montes, E. (2017). El choque petrolero y sus implicaciones en la economía colombiana. *Borradores de Economía*, 65. <https://doi.org/01240625>
- Xu, Y., Han, L., Wan, L., & Yin, L. (2019). Dynamic link between oil prices and exchange rates: A non-linear approach. *Energy Economics*, (xxxx), 104488. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2019.104488>
- Yin, L., & Ma, X. (2018). Causality between oil shocks and exchange rate: A Bayesian, graph-based VAR approach. *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications*, 508, 434–453. <https://doi.org/10.1016/j.physa.2018.05.064>

## Apéndice

**Tabla 7. Relación de corto plazo de la tasa de cambio**

	Periodo completo	Precrisis	Poscrisis
	(1)	(2)	(3)
Ajuste			
$e_{t-1}$	-0.061** (0.019)	-0.108*** (0.030)	-0.347*** (0.055)
Corto plazo			
$\Delta e_{t-1}$	0.240*** (0.064)	0.353*** (0.091)	0.269** (0.084)
$\Delta e_{t-2}$		-0.230* (0.098)	
$\Delta o_t$	-0.051* (0.022)		-0.065* (0.032)
$\Delta o_{t-1}$			0.119*** (0.032)
$\Delta v_t$	0.056*** (0.011)	0.047** (0.014)	
$\Delta y_t$		0.410*** (0.099)	
$\Delta y_{t-1}$		0.375*** (0.109)	
$\Delta y_{t-2}$		0.216* (0.101)	
$\Delta y_{t-3}$		0.209** (0.067)	
$N$	224	102	122
$R^2$ <i>aj.</i>	0.307	0.587	0.443
$p_F(0)$	0.042	0.000	0.000
$p_t(0)$	0.017	0.006	0.000
$p_F(1)$	0.233	0.002	0.000
$p_t(1)$	0.263	0.142	0.000

Nota: \*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.01$ , \*\*\*  $p < 0.001$ . La variable dependiente es  $\Delta e_t$ . Errores estándar entre paréntesis. La hipótesis nula de la prueba es que no existe una relación de largo plazo.

La Tabla 7 muestra la relación de corto plazo de la tasa de cambio para todo el periodo, para el periodo precrisis y para el periodo poscrisis. La columna (1) muestra que, en todo el periodo de enero de 2000 a diciembre de 2018, las variables de interés que tienen un efecto significativo en el corto plazo sobre la tasa de cambio son el precio del petróleo y el riesgo global. Cuando la variación del precio del petróleo aumenta un 1 %, la variación en la tasa de cambio disminuye en 0.051 %. Ante un incremento de la variación del VIX del 1 %, la variación de la tasa de cambio aumenta en 0.056 %. La columna (2) muestra las estimaciones de corto plazo para el periodo precrisis. En este caso, las variables de interés significativas son el VIX y el índice de producción real, este último teniendo efectos incluso de tres meses atrás. Por último, la columna (3) muestra la relación de corto plazo de la tasa de cambio en periodo poscrisis. El precio del petróleo tiene un efecto negativo contemporáneo sobre la tasa de cambio, no obstante, también tiene un efecto rezagado positivo. Si bien el efecto rezagado positivo es mayor que el efecto contemporáneo negativo, el efecto agregado de 0.054 %, con un error estándar de 0.046, no resulta estadísticamente significativo. Como se indicó anteriormente, la prueba de límites de Pesaran et al. (2001) muestra evidencia estadística a favor de una relación de largo plazo en el periodo poscrisis, sin embargo, los resultados no son concluyentes para el periodo completo ni para el periodo precrisis.