

Precio del petróleo, los fundamentales y el tipo de cambio en México

Armando Sánchez Vargas* Ignacio Perrotini Hernández**

(Recibido: marzo 2019/Aceptado: agosto 2019)

Resumen

En el artículo ofrecemos evidencia empírica para México sobre el canal de impacto directo e indirecto que tienen los precios del crudo en las variaciones del tipo de cambio. Empleamos datos de series de tiempo trimestrales para el periodo entre 1997-2019, y utilizamos un sistema de ecuaciones simultáneas cointegrado. Nuestros resultados sugieren que un aumento en el precio del crudo produce una apreciación cambiaria (canal directo), así mismo, la mejora en el precio del petróleo hace que incrementen los ingresos del gobierno –vía ingresos petroleros–, lo que provoca una mejora en el balance fiscal y esto a su vez provoca una depreciación de la paridad cambiaria (canal indirecto).

Palabras clave: modelo de ecuaciones simultáneas, tipo de cambio, precio del petróleo, shock de oferta.

Clasificación JEL: C30, E31, F31, F41

¹ Instituto de Investigaciones Económicas, Universidad Nacional Autónoma de México. Circuito Mario de la Cueva, Ciudad de la Investigación en Humanidades, C.U., cp. 04510 Ciudad de México, Ciudad de México, tel. (55)56 22 72 50 ext. 42347, <armando_sanchez123@hotmail.com>.

² Facultad de Economía, Universidad Nacional Autónoma de México. Circuito Interior S/N, C.U., Coyoacán, cp. 04510 Ciudad de México, CDMX, <iph@unam.mx>.

Oil price, the fundamentals and the exchange rate in Mexico

Abstract

In this article we offer empirical evidence about the direct and indirect impact channel that crude oil prices have on exchange rate variations in Mexico. We use quarterly time series data for the period between 1997 and 2019 and a system of simultaneous co-integrated equations. Our results suggest that an increase in the price of crude oil produces a foreign exchange appreciation (direct channel); likewise, this rise in the price of oil increases government revenues - via oil revenues -, which causes an improvement in the fiscal balance and, in turn, causes an appreciation of the exchange rate (indirect channel).

Keywords: simultaneous equation model, exchange rate, oil price, supply shock.

JEL classification: C30, E31, F31, F41.

1. Introducción

La determinación del valor del tipo de cambio es una cuestión no resuelta en la literatura económica. Existen varios enfoques que intentan explicarlo con base en variables económicas a las que se les denomina “fundamentales” (Taylor, 1985). Por ejemplo, el enfoque monetario del tipo de cambio propone que dichos fundamentales son los diferenciales, entre dos economías, de las tasas de interés, de las producciones y de los agregados monetarios (Bilson, 1978; Hallwood y MacDonald, 2000). En contraste, el enfoque del balance de portafolio explica las variaciones en el tipo de cambio como resultado de la demanda de activos financieros internos y externos (Appleyard, Field y Cobb, 1996; Rogoff, 1996). Sin embargo, aún no existe un consenso sobre la validez general de alguno de estos enfoques y hay evidencia de que una caminata aleatoria podría predecir mejor el valor del tipo de cambio que cualquiera de los modelos econométricos basados en los fundamentales (Meese y Rogoff, 1983).

En la literatura empírica tampoco existe un consenso al respecto, pero se han utilizado un gran número de variables macroeconómicas como predictoras del tipo de cambio tales como la inflación, el saldo de la balanza cuenta corriente, el déficit fiscal, la deuda, etc. (Ibarra, Salazar y Navarro, 2017; Cuevas, 2002; Beckmann, Czudaj y Arora, 2017). Algunos de estos estudios usan modelos de series de tiempo multivariados para analizar la existencia de una relación causal entre el tipo de cambio y los precios de los *commodities*, tales como el precio del petróleo (Krugman, 1983; Golub, 1983).

Actualmente, han surgido nuevos hechos estilizados que representan un gran desafío para la teoría de los “fundamentales”. Específicamente, la evidencia empírica sugiere que el tipo de cambio se mueve en respuesta a las variaciones en el precio del petróleo en algunas economías emergentes. Por ejemplo, Beckmann y Schüssler (2016) afirman que desde la crisis de 2008 se identificó una relación negativa entre el precio del petróleo y el tipo de cambio. Específicamente, se encontró que un aumento en el precio del petróleo provoca una apreciación de la moneda local. Este aspecto es particular en economías abiertas y productoras de petróleo (Beckmann y Schüssler, 2016; Beckmann, Czudaj y Arora, 2017). Sin embargo, este hecho no confirma ni invalida la teoría de los fundamentales, pero sugiere que la teoría requiere una adaptación al contexto de la realidad económica de cada país.

En este artículo validamos la hipótesis de que el surgimiento de esta relación empírica no invalida los modelos anteriores. De hecho, se confirma que el precio del petróleo es una nueva variable “fundamental” que afecta al tipo de cambio no sólo de manera directa, sino también indirecta a través de su impacto en el déficit público, medido a través del balance primario. Para el análisis empírico del tipo de cambio y su relación con el déficit primario y el precio del petróleo, empleamos un sistema de ecuaciones simultáneas cointegrado para la economía mexicana. Este último permite aislar dichos efectos tomando en cuenta no sólo la simultaneidad entre las variables fundamentales de la economía, sino también las propiedades estadísticas de las series de tiempo. El modelo se especifica a partir de modelos de corrección por el error de series trimestrales para 89 de variables en la economía mexicana durante el periodo entre 1997 y 2019.

Nuestros resultados sugieren que, efectivamente, el precio del crudo afecta al tipo de cambio a través de las dos vías sugeridas. En primer lugar, un aumento en el precio del petróleo (West Texas Intermediate) provoca una disminución de 0.164 en el tipo de cambio (efecto precio) en el largo plazo.

En segundo lugar, un aumento en el precio del petróleo genera una reducción en el déficit fiscal primario y éste, a su vez, genera una apreciación del tipo de cambio en 0.010, en el largo plazo. Este mecanismo indirecto podría atribuirse a que, en una economía dependiente de los ingresos petroleros, un efecto precio positivo generaría una mejora en el ingreso del sector público y reduciría el déficit primario, lo cual provocaría una apreciación del tipo de cambio peso dólar. Así, este nuevo hecho estilizado no contradice la teoría de los fundamentales del tipo de cambio, pero sí refuerza la predictibilidad de este precio tan importante en una economía globalizada (Cuevas y Chávez, 2007).

El artículo está organizado de la siguiente manera. En la segunda sección presentamos la revisión de la literatura. En la tercera sección se revisa el marco teórico de referencia propuesto. En el siguiente apartado analizamos los hallazgos empíricos sobre el precio del crudo y el balance primario como determinantes del tipo de cambio. En la quinta sección discutimos el modelo econométrico y los datos que utilizamos. Finalmente, presentamos y discutimos los resultados hallados.

2. Revisión de la literatura

En la literatura económica se han realizado diferentes esfuerzos metodológicos por estudiar las variables que afectan al tipo de cambio peso-dólar (Sosa y Ortiz, 2015; Bermúdez, Bermúdez y Saucedo, 2018; Ibarra, Salazar y Navarro, 2017). Se ha empleado el enfoque de los fundamentales y se han utilizado modelos VAR para hallar los determinantes de corto y largo plazo del tipo de cambio. Sin embargo, en la literatura reciente ha surgido el debate sobre la existencia de nuevas variables que podrían afectar al tipo de cambio en los países emergentes que exportan petróleo. Se ha sugerido que no sólo los fundamentales típicos ayudan a explicar las variaciones en el tipo de cambio, sino también la dinámica del precio del petróleo. Por ejemplo, Gelbard y Nagayasu (2004) analizaron los determinantes del tipo de cambio para el caso de Angola (país productor de petróleo) durante el periodo de 1992 y 2002. Los autores concluyeron que la tasa de interés externa, así como los precios del petróleo, son las variables que ayudan a explicar las variaciones en el tipo de cambio real de equilibrio.

Por otro lado, Beckmann, Czudaj y Arora (2017) realizaron una exhaustiva revisión de la literatura sobre la relación que existe entre el precio del

crudo y la determinación del tipo de cambio; los autores encontraron dos hechos estilizados: 1) un vínculo fuerte entre el tipo de cambio y el precio del petróleo en el largo plazo, y 2) una causalidad bidireccional entre las dos variables en el corto plazo. Así mismo, se ha encontrado que existen tres canales de transmisión de los precios del crudo al tipo de cambio: el canal de los términos de intercambio, el efecto riqueza y la balanza comercial asociada, así como la relocalización del portafolio. Específicamente, el impacto de un *shock* en el precio del crudo al tipo de cambio se transmite a través de los términos de intercambio (Amano y Van Norden, 1998a, b; Buetzer *et al.*, 2016).

Otro canal de transmisión tiene lugar mediante el llamado “efecto riqueza”. Este último está dado por la forma en que los países exportadores de crudo gastan o reinvierten sus ganancias (Krugman, 1983) y Golub (1983) desarrollaron un modelo de tres países (dos importadores y un exportador de crudo) y encontraron que un incremento en el precio del commodities está asociado a transferencias de “riqueza” de los países importadores a los países exportadores de crudo; así mismo observaron desequilibrios en la cuenta corriente y relocalización de los portafolios.

Por otro lado, existe otro grupo de estudios en los que la volatilidad de la paridad cambiaria se explica por variables pertenecientes al sector fiscal. Por ejemplo, Insah y Chiaraah (2013) analizan el tipo de cambio de Ghana en función de variables como el gasto del gobierno, la oferta monetaria, la deuda interna y externa. Se concluye que para Ghana el gasto del gobierno es el principal determinante de la volatilidad del tipo de cambio real y existe una relación positiva entre dichas variables. En el caso de México, Cuevas (2002) y Cuevas y Chávez (2007) realizaron un estudio sobre el impacto del déficit fiscal en variables macroeconómicas de la economía mexicana, tales como la tasa de interés, el tipo de cambio y el PIB mediante el uso de la metodología VAR. De acuerdo con sus hallazgos empíricos, una reducción del déficit fiscal en el corto plazo provoca una disminución en la tasa de interés de los bonos del gobierno, dado que el sector fiscal requiere de menor financiamiento. Así mismo, el mejor manejo del sector fiscal hace que las calificadoras otorguen una superior calificación del riesgo soberano, enviando señales positivas a los agentes económicos y provocando un incremento en la demanda de pesos y una apreciación del tipo de cambio. Así, los autores confirman que, en el caso mexicano, los movimientos en el balance fiscal se pueden entender con base en la explicación de la corriente teórica del riesgo país, en lugar de

utilizar la corriente teórica fiscal tradicional.¹ Rodríguez (2015) sugiere que el Banco de México ha intervenido en el mercado cambiario para evitar desequilibrios cambiarios. Así mismo, concluye que un incremento en la tasa de interés externa se compensa con las reducciones en el nivel de deuda interna que lleva a una disminución en la tasa de interés doméstica, dicha disminución en el precio del dinero hace que sea menor la volatilidad del tipo de cambio.

En resumen, la literatura sugiere que existe cierta evidencia de que las variaciones en el precio del petróleo, así como en el balance del sector fiscal podrían explicar la variabilidad del tipo de cambio peso-dólar. Sin embargo, no se ha verificado de manera empírica el canal de transmisión específico que podría surgir entre estas variables tomando en cuenta la simultaneidad de en el modelo teórico de los fundamentales. En la siguiente sección se analizan los hechos estilizados sobre el tipo de cambio, el balance primario y el precio del petróleo en México.

2. El tipo de cambio, el déficit público y los precios del petróleo

Para el análisis teórico de la determinación del tipo de cambio incorporamos el precio del petróleo de una manera consistente con la teoría de los fundamentales. Específicamente, sostenemos que dicho precio afecta al tipo de cambio no sólo de manera directa, sino también de manera indirecta a través de su impacto en el nivel de la deuda del gobierno, medida a través del balance primario. Para ello, partimos de la identidad de los ingresos públicos totales (I_t):

$$I_t = I_{p,t} + I_{np,t} \quad (1a)$$

¹ La corriente de riesgo país estipula que la conducción prudente del sector fiscal hace que las calificadoras otorguen una nota buena al riesgo soberano, lo cual envía mensajes positivos a los agentes económicos y, por lo tanto, se ven atraídos a invertir su capital en la economía doméstica que se traduce en una apreciación real cambiaria. Por otro lado, el enfoque tradicional del efecto de la dinámica del balance fiscal en la economía indica que una expansión en el déficit fiscal provoca un aumento en los precios y en las tasas de interés de los bonos del gobierno. El mayor rendimiento de los instrumentos del gobierno propicia una mayor demanda de la moneda doméstica y, por ende, ocurre una apreciación cambiaria. Contrariamente, si ocurre una disminución en el déficit fiscal, el gobierno restringe su financiamiento procedente de la emisión de bonos y reduce su tasa de interés, lo que provoca una salida de capitales y depreciación de la moneda nacional.

Donde $(I_{p,t})$ son los ingresos petroleros y $(I_{np,t})$ son los ingresos no petroleros en el tiempo t . La ecuación (2) establece que los ingresos petroleros aumentan cuando suben las exportaciones petroleras del periodo anterior (Xp_{t-1}) . Éstas dependen de manera positiva de las variaciones en el precio del petróleo $(P_{p,t-1})$ y de los cambios en la actividad económica de Estados Unidos (Y_{t-1}^*) , y de manera negativa con la producción de crudo de Estados Unidos $(O_{p,t-1}^*)$.

$$I_{p,t} = Xp_{t-1} \underset{+}{(P_{p,t-1})} \underset{+}{(Y_{t-1}^*)} \underset{-}{(O_{p,t-1}^*)} \quad (2)$$

Los ingresos no petroleros $(I_{np,t})$ mejoran con el aumento de los impuestos, derechos y aprovechamientos (T_t) que, en general, están asociados a un mayor crecimiento económico de México (Y_{t-1}) .

$$I_{np,t} = T_t \underset{+}{(Y_{t-1})} \quad (3)$$

Sustituyendo (2) y (3) en (1a) obtenemos:

$$I_t = Xp_{t-1} (P_{p,t-1}, Y_{t-1}^*, O_{p,t-1}^*) + T (Y_{t-1}) \quad (1b)$$

el nivel de los ingresos totales del gobierno (I_t) está incluido en el balance primario del sector fiscal (BP_t) . Este último se define como la resta de los ingresos totales menos los gastos totales del sector público (G_t) sin incluir el pago de intereses por la deuda.

$$BP_t = I_t - G_t \quad (4)$$

El nivel de gasto del gobierno (G_t) depende de las variaciones en la actividad económica (Y_{t-1}) , de la tasa de interés local (i_{t-1}) y la tasa de interés externa (i_{t-1}^*) .

$$G_t = (i_{t-1}, i_{t-1}^*, Y_{t-1}) \quad (5)$$

Así podemos rescribir la ecuación (4) como se indica a continuación:

$$BP_t = I_t - G_t = [Xp_{t-1} (P_{p,t-1}, Y_{t-1}^*, O_{p,t-1}^*) + T (Y_{t-1})] - (i_{t-1}, i_{t-1}^*, Y_{t-1}) \quad (6)$$

la ecuación del balance primario del sector público en su forma reducida queda como sigue:

$$BP_t = f(P_{p,t-1}, Y_{t-1}^*, O_{p,t-1}^*, i_{t-1}, i_{t-1}^*, Y_{t-1}) \quad (7)$$

ahora bien, podemos sustituir la ecuación (7) en la ecuación clásica de los determinantes del tipo de cambio.

$$e = g(P_{p,t-1}, BP_{t-1}(P_{p,t-1}, Y_{t-1}^*, O_{p,t-1}^*, i_{t-1}, i_{t-1}^*, Y_{t-1})) \quad (8)$$

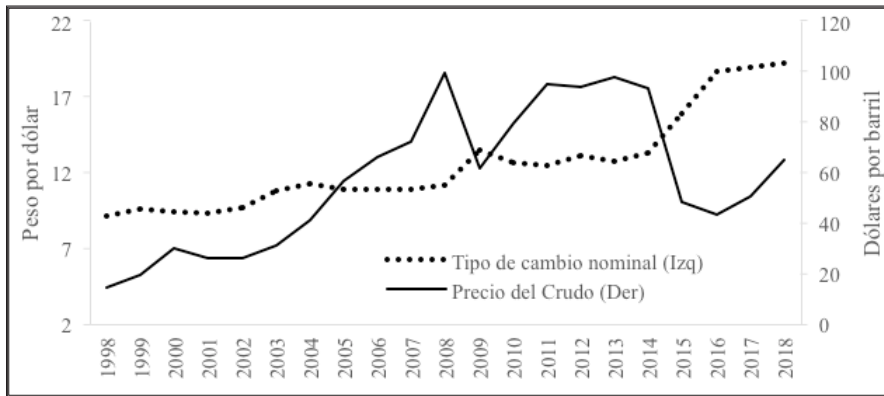
De acuerdo con la ecuación (8), el precio del petróleo $P_{p,t-1}$ tiene un impacto directo y un impacto indirecto sobre el tipo de cambio. El primer impacto es un efecto precio directo, mientras que el segundo sucede a través de cambios en el balance primario. Esta ecuación muestra que la dinámica del tipo de cambio se ve influenciada por los fundamentales típicos, pero también por el precio del petróleo a través del balance primario. Estos dos mecanismos se validan mediante el análisis de los hechos estilizados para México y de un modelo de ecuaciones simultáneas en las próximas dos secciones.

3. Hechos estilizados sobre la relación del tipo de cambio, el balance primario y el precio del petróleo en México

El tipo de cambio de México ha observado muchas variaciones, principalmente depreciaciones, debido a que es una variable de ajuste ante *shocks* externos y a su naturaleza de libre flotación. La literatura señala que la variación en la paridad cambiaria podría estar asociada no sólo a fundamentales como el PIB, la tasa de interés, el déficit fiscal y el déficit comercial, sino también a otros fundamentales como el precio de los *commodities*. Así, surge la siguiente interrogante: ¿es posible que se pueda atribuir una porción de la variabilidad en la paridad cambiaria mexicana a la variabilidad del precio internacional del petróleo? Para responder la pregunta anterior es necesario revisar algunos hechos estilizados.

En la gráfica 1 podemos observar la relación entre el tipo de cambio peso-dólar americano y el precio internacional del crudo (*West Texas Intermediate*). Es notorio que hay periodos en los que el precio del crudo es elevado y el tipo de cambio está apreciado. Esto podría indicar la existencia de una relación inversa entre ambas variables, de hecho, después de la crisis de 2008 dicha relación inversa es mucho más clara.

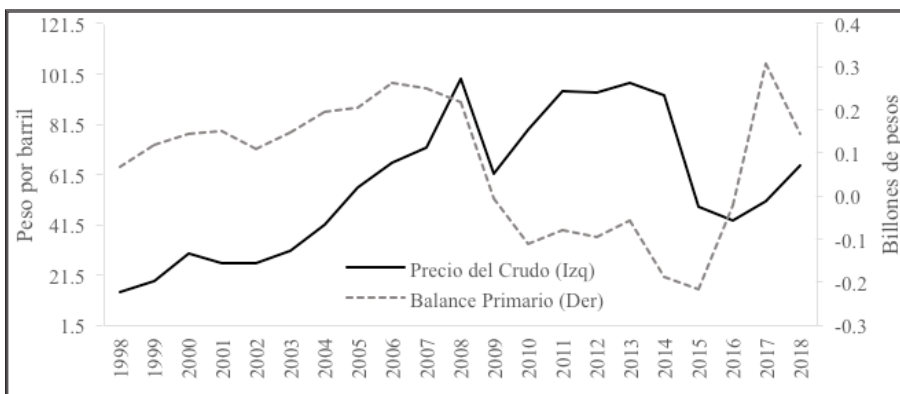
Gráfica 1
Relación entre el tipo de cambio nominal y el precio del petróleo



Fuente: elaboración propia con datos de Banxico y la FRED.

Por otra parte, la gráfica 2 ofrece evidencia empírica sobre la existencia de una relación inversa entre el precio del crudo y el balance primario del Sector Público en México. Se observa que cuando los precios del crudo son bajos, el nivel de déficit fiscal es elevado, lo cual refleja la profunda dependencia de los ingresos fiscales a la evolución de las exportaciones petroleras.

Gráfica 2
Relación entre el precio del crudo y el balance primario del Sector Público

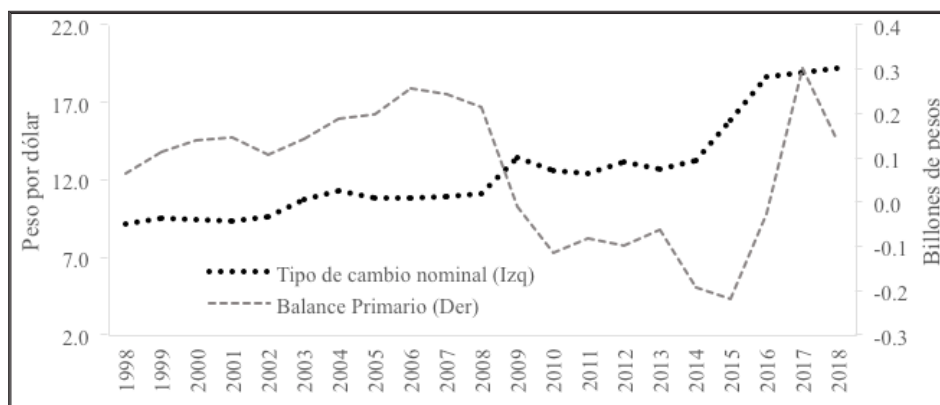


Fuente: elaboración propia con datos de Banxico y la SHCP. Con déficit

La gráfica 2 muestra que entre 2014 y 2015 los precios del crudo disminuyeron drásticamente de un nivel de 93.3 a 48.7 dólares por barril, lo que provocó un desajuste en el balance primario del Sector Público. El déficit primario paso de 0.192 billones de pesos en 2014 a 0.219 billones de pesos en 2015. En consecuencia, se podría sugerir que estas variables guardan una relación inversa. Es decir, un aumento en el precio del crudo genera una reducción en el déficit primario del sector fiscal.

Esta evidencia podría sugerir que un aumento en el precio del crudo aumenta los ingresos del sector público, reduciendo las presiones en el balance fiscal primario. La gráfica 3 muestra que las mejoras del balance primario (cuando se reduce el déficit) coinciden con periodos de una apreciación cambiaria como lo sugieren Cuevas y Chávez (2007).

Gráfica 3
Relación entre el balance primario del sector público
y el tipo de cambio nominal



Fuente: elaboración propia con datos de Banxico y la SHCP.

Finalmente, podemos concluir que los hechos estilizados sugieren que existe cierta evidencia de que el precio del petróleo afecta al tipo de cambio a través de dos canales: (1) un aumento en el precio del petróleo y (2) a través de sus efectos en el balance primario.

4. Modelo econométrico y datos

4.1. Metodología econométrica

A continuación, se describe brevemente el enfoque econométrico que proponemos en esta investigación sobre los determinantes del tipo de cambio en México. Utilizamos la metodología de Sistemas de Ecuaciones Simultáneas Cointegrado (SES). El modelo SES está compuesto por modelos de corrección por el error (ECM), cuya especificación sigue la teoría económica. El modelo SES fue diseñado para aislar los mecanismos de transmisión (mecanismos causales) de la política monetaria y fiscal en una economía abierta como es el caso de México.

Los modelos de SES se caracterizan por permitir que las variables tengan una relación bidireccional, es decir, que muchas de las variables jueguen el rol de variables endógenas en una ecuación y como variables explicativas en otras ecuaciones (Greene, 2003). Es por esta característica que este tipo de modelos es adecuado para nuestro propósito de analizar los determinantes del tipo de cambio. El sistema se compone de una serie de ecuaciones en primeras diferencias y con términos de corrección por el error que puede ser expresadas en su forma estructural o de comportamiento, como se especifica a continuación:

$$y_N = \beta_{N,1}y_1 + \dots + \beta_{N,N-1}y_{N-1} + \gamma_{N,1}x_1 + \dots + \gamma_{N,K}x_K + u_N \quad (9)$$

donde y_N son variables endógenas, x_K son variables exógenas o predeterminadas y u_N son variables aleatorias. La forma reducida de (9) es:

$$BY^T + \Gamma X^T + u^T = 0 \quad (10)$$

donde $Y=(y_N)$, $X=(x_K)$, $u=(u_N)$. La ecuación anterior puede reducirse aún más: $Y=X\Pi+v$ con $\Pi^T = -\beta^{-1}\Gamma$, $v = -\beta^{-1}u$. Π contiene los multiplicadores de impacto de corto plazo, ya que miden el cambio de una variable endógena ante un cambio en una variable exógena.

4.2. Los datos y el modelo

El modelo SES cointegrado incluye 89 variables endógenas y las identidades del sistema de cuentas nacionales. El modelo es de periodicidad trimestral desde 1997 hasta 2019. Se distribuye en seis bloques: sector real, precios, política monetaria, sector fiscal, bloque de empleos y salario real, y el

bloque externo de la economía norteamericana. Específicamente, el bloque del sector real incluye los componentes del PIB por el lado de la demanda, mientras que en el bloque de precios se relaciona la dinámica de los precios con el sector real. En el bloque monetario se estima una Regla de Taylor que define la relación entre la tasa de política monetaria y las brechas del producto e inflación. Así mismo, se especifica la ecuación que describe la dinámica del tipo de cambio en función de los canales directos e indirectos del precio del petróleo. El bloque del sector fiscal incorpora la relación entre las variables fiscales y de la economía real. El SES incluye un bloque donde se determina la demanda de empleo y salarios reales. Finalmente, se consideró incorporar un bloque donde se pudieran modelar las variables que son externas a la economía mexicana, tal como el PIB y la tasa de interés de Estados Unidos, el precio de referencia internacional del crudo y otras variables externas que afectan a nuestra economía de manera exógena.

Es importante mencionar que la estructura del SES cointegrado nos permite utilizar una variable como endógena en una ecuación y como exógena en otra, esto nos permite estimar los efectos de los fundamentales (como el PIB de México, el PIB de Estados Unidos y las tasas de interés interna y externa) en la dinámica del tipo de cambio a través de relaciones indirectas y rezagadas. El proceso de especificación de ecuaciones incluyó la realización de pruebas de raíces unitarias para determinar el orden de integración de las variables de interés y, posteriormente, se llevaron a cabo las pruebas de cointegración para seleccionar el tipo de modelo (ECM) que fuese más apropiado para las características estocásticas de las series. De acuerdo con la tabla 1 del anexo estadístico, observamos que las series de interés para este artículo son de orden de integración $I(1)$ al 95% de confianza, es decir, se trata de series no estacionarias (tienen una raíz unitaria). Las tablas 2 y 3 del anexo estadístico presentan las pruebas de correcta especificación (Spanos, 1986) para llegar a un modelo estadísticamente apropiado. Finalmente, se evaluó la capacidad de predicción de nuestro modelo SES. En la siguiente sección se analizan los principales hallazgos de esta investigación.

5. Discusión de los resultados estimados

Los resultados del macromodelo, en la tabla 1, respaldan empíricamente la hipótesis de la existencia de los canales de transmisión directo e indirecto del precio del crudo (WTI) en el tipo de cambio. Es importante mencionar

que las ecuaciones cumplen con el conjunto de pruebas de correcta especificación (véanse tablas 2 y 3 de anexo estadístico). Así, podemos observar que un aumento en el precio del crudo genera una apreciación del peso en el largo plazo, ya que su elasticidad es del 0.164 (efecto directo), mientras que un incremento en el balance primario fiscal (superávit) conduce a una apreciación del tipo de cambio (elasticidad de largo plazo de 0.010). Lo anterior confirma la existencia de una relación empírica inversa entre el precio del crudo y el balance primario y, que un mayor superávit fiscal genera una apreciación del tipo de cambio, tal y como lo sugieren los hechos estilizados de la tercera sección.

Tabla 1
Ecuaciones seleccionadas

	(1)		(2)		(3)		(4)	
	Tipo de cambio (pesos/dólar)		Ingreso petrolero (Pemex)		Exportaciones petroleras *		Precio del crudo (WTI)	
	Coef.	SE	Coef.	SE	Coef.	SE	Coef.	SE
e_{t-1}	-0.005	0.018						
BP_t	-0.011	0.005						
$\Delta P_{p,t}$	-0.157	0.026			0.861	0.060		
$P_{p,t-1}$	-0.008	0.008			0.148	0.085	-0.308	0.079
$\Delta P_{b,t}$							0.960	0.026
$P_{b,t-1}$							0.290	0.074
lp_{t-1}			-0.644	0.101				
Xp_{t-1}			0.497	0.139	-0.189	0.069		
ΔY_t^*					0.217	0.067		
Y_{t-1}^*					0.015	0.006		
$O_{p,t-1}^*$					-0.202	0.054		
$O_{pw,t-1}^*$							-0.133	0.067
C	0.057	0.041	0.181	0.092	-0.757	0.522	0.660	0.284

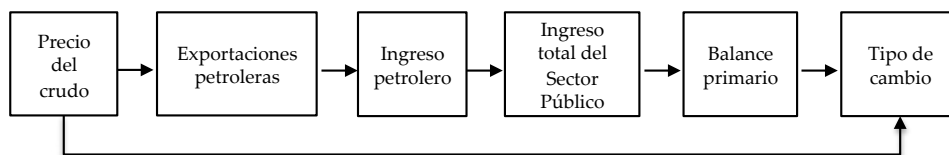
Fuente: elaboración propia.

Notas: coef. es el coeficiente y SE es la desviación estándar.

Donde: e_t es el tipo de cambio, BP_t es el balance primario, $P_{p,t}$ es el precio del petróleo WTI, $P_{b,t}$ es el precio del crudo Brent, lp_{t-1} es el ingreso petrolero, Xp_{t-1} son las exportaciones petroleras, Y_t^* es el PIB de Estados Unidos, $O_{p,t}^*$ es la producción de crudo de EUA, $O_{pw,t}^*$ es la producción de crudo mundial, y C es la constante.

Las ecuaciones se especificaron como modelos ECM, las variables dependientes están expresadas en primeras diferencias. Las ecuaciones del tipo de cambio y el precio del petróleo incluyen logaritmos. Las elasticidades de largo plazo del petróleo (lpe) y del balance primario (lbp) en el tipo de cambio se obtuvieron como: $lpe = \frac{-0.157-0.008}{(1-(-0.005))} = -0.164$ y $lpe = \frac{-0.011}{(1-(-0.005))} = -0.010$.

La imagen 1 ilustra de manera esquemática los dos mecanismos de transmisión del precio del crudo al tipo de cambio nominal.



Fuente: elaboración propia.

Imagen 1
Mecanismos de transmisión del precio del petróleo al tipo de cambio

La imagen 1 sugiere que un aumento en el precio del petróleo ($\Delta P_{p,t-1} > 0$) genera una apreciación cambiaria de manera directa ($\Delta e_t < 0$). Esto es, existe un efecto precio directo de los *commodities* al tipo de cambio, lo que ha sido ampliamente discutido en la literatura (Beckmann y Schüssler, 2016; Bermúdez, Bermúdez y Saucedo, 2018). En segundo lugar, se establece la existencia de un canal indirecto: esperamos que un aumento en el precio del petróleo ($\Delta P_{p,t-1} > 0$) mejore el valor de las exportaciones petroleras y, en consecuencia, un aumento en los ingresos del gobierno ($\Delta I_t > 0$). Lo anterior implica que el balance primario sea más superavitario ($\Delta BP_t > 0$), lo que a su vez genera una apreciación del peso frente al dólar ($\Delta e_t < 0$); (Cuevas y Chávez, 2007; McDermott y Wescott, 1996). Más específicamente, el canal indirecto tiene lugar de la siguiente manera: un incremento en el precio del crudo en el tiempo $t-1$ genera que las exportaciones petroleras aumenten en 0.148, y si el aumento en el precio del petróleo sucede ahora, también incrementan las exportaciones petroleras en 0.861(columna 3). Dado que los ingresos del gobierno se componen de ingresos petroleros e ingresos no petroleros, el ingreso total del Sector Público también se ve beneficiado por la mayor entrada del valor de las exportaciones. Si todo lo demás permanece constante, el Sector Público observará un mayor aumento en sus ingresos en relación con sus egresos, dejando al balance primario en una mejor posición (superávit). Adicionalmente, por cada punto porcentual que el gobierno mejore en su superávit primario el tipo de cambio sufrirá una apreciación de 0.010. Esta relación podría ser el resultado de que una mejor posición en el balance primario es observada como una buena señal por parte

de las calificadoras y los inversionistas, quienes tienen mayores intenciones de invertir en la economía local, por lo tanto, demandan más pesos y el tipo de cambio se aprecia. Cuevas y Chávez (2007) ofrecen una explicación más detallada acerca de este canal utilizando el déficit fiscal en lugar del balance primario.

Cabe destacar que el modelo SES permite ver que también las variables fundamentales de la economía juegan un papel importante en la determinación del tipo de cambio, pero se encontró que el precio del petróleo es otro fundamental que juega un papel relevante de manera directa e indirecta en el tipo de cambio en economías productoras de petróleo. De hecho, los modelos individuales del sistema de ecuaciones simultáneas se especificaron de tal forma que las dinámicas de las variables fundamentales clásicas se pudieran verificar empíricamente y para no tener un problema de variables omitidas que sesgara los resultados de las estimaciones.

6. Conclusiones

Proponemos y probamos empíricamente que la variabilidad del precio del petróleo afecta la dinámica del tipo de cambio a través de dos canales: *a)* un incremento en el precio del petróleo provoca una apreciación, de manera directa, en el tipo de cambio; y *b)* el alza en el precio del crudo afecta al nivel de ingresos públicos obtenidos por la exportación de crudo y, en consecuencia, el gobierno observa un mayor superávit primario fiscal, generando una apreciación del tipo de cambio de acuerdo con los resultados de la literatura empírica en México. Se considera que este último canal es válido porque el sector público mexicano depende en gran parte de los ingresos petroleros. Nuestros resultados están en línea con la literatura sobre el tipo de cambio y el precio del crudo. Así mismo, confirmamos que el tipo de cambio sigue siendo afectado por los fundamentales de la economía, como la literatura lo sugiere.

Agradecimientos

El artículo es un resultado colateral de los proyectos PAPIIT IN302419 y PAPIME PE310919. El autor agradece la asistencia técnica de Débora Martínez Ventura, Ruth Martínez Ventura y Gonzalo Curiel Vázquez.

Referencias

- Amano, R. A. y S. Van Norden (1998a). Oil prices and the rise and fall of the US real exchange rate, *Journal of International Money and Finance*, 17(2), pp. 299-316. [https://doi.org/10.1016/S0261-5606\(98\)00004-7](https://doi.org/10.1016/S0261-5606(98)00004-7).
- ____ (1998b). Exchange Rates and Oil Prices. *Review of International Economics*, 6, pp. 683-694. DOI:10.1111/1467-9396.00136.
- Appleyard, D.; A. Field y S. Cobb (1996). *International Economics*. Bastan: McGraw-Hill / Irwin Boston.
- Beckmann, J. y R. Schüssler (2016). Forecasting exchange rates under parameter and model uncertainty. *Journal of International Money and Finance*, 60, pp. 267-288.
- Beckmann J.; R., Czudaj y V. Arora (2017). The Relationship between oil prices and exchange rates: Theory and Evidence. *Working Paper Series Independent Statistics & Analysis*. Recuperado de: https://www.eia.gov/workingpapers/pdf/oil_exchangerates_61317.pdf
- Bermúdez, N.; E., Bermúdez y E. Saucedo (2018). The relationship between oil prices, the stock market and the Exchange rate: Evidence from Mexico. *North American Journal of Economics and Finance*. 45 (1), pp. 266-275. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.najef.2018.03.006>.
- Bilson, J. (1978). Rational expectations and the exchange rate. En Frankel, J., Johnson, H. (Eds.), *The economics of Exchange Rates: Selected Studies*, pp. 75-96, Addison-Wesley Longman Publishing Co.
- Buetzer, S.; M. M., Habib y L. Stracca (2016). Global exchange rate configurations: Do oil shocks matter? *IMF Economic Review*, 64(3), 443-470.
- Cuevas, V. (2002). Efectos del déficit fiscal en la economía mexicana un análisis econométrico. *Comercio Exterior*, 52 (12). pp. 1106-1123. Recuperado de: <http://revistas.bancomext.gob.mx/rce/magazines/7/8/cuev1202.pdf>.
- Cuevas, V., y F. Chávez (2007). Déficit, deuda y reforma fiscal en México. Problemas del Desarrollo. *Revista Latinoamericana de Economía*, 38(148), pp 69-97. <http://dx.doi.org/10.22201/iiec.20078951e.2007.148.7649>.
- Gelbard, E. y J. Nagayasi (2004). Determinants of Angola's real exchange rate, 1992-2002. *The Developing Economics*, 42(3), pp. 392-404. DOI: 10.1111/j.1746-1049.2004.tb00944.x.
- Golub, S. (1983). Oil prices and exchange rates. *The Economic Journal*, 93(371), pp 576-593.
- Greene, W. (2003). *Econometric Analysis*. 5^a ed., Estados Unidos: Pearson Education Inc.

- Hallwood, P. y R. MacDonald (2000). *International Monetary and Finances*. Oxford, UK: Wiley-Blackwell.
- Ibarra, J., Salazar, J. y R. Navarro (2017). Estimación de modelos estructurales y la evolución del tipo de cambio peso-dólar después de la crisis subprime. *Revista mexicana de economía y finanzas*, 12(4), pp. 405-429. DOI: <https://dx.doi.org/10.21919/remef.v12i4.241>
- Insaah, B. y A. Chiaraah (2013). Sources of real exchange rate volatility in the Ghanaian economy. *Journal of Economics and International Finance*, 5(6), pp. 232-238. DOI: <https://doi.org/10.5897/JEIF2013.0517>.
- Krugman, P. (1983). Oil and the dollar. En B. Jagdeeps, y P. Bulfordh (eds.), *Economic interdependence and flexible exchange rates*. Cambridge, MA: MIT Press.
- McDermott, J. y R. Wescott (1996). An Empirical Analysis of Fiscal Adjustments IMF. Publicacion anticipada, 43(4), pp. 1-26. Recuperado de <https://ssrn.com/abstract=882959>.
- Meese, R. y K. Rogoff (1983). Empirical Exchange rate models of the seventies. Do they fit out of sample? *Journal of International Economics*, 14(1-2), pp. 3-24. Recuperado de [https://doi.org/10.1016/0022-1996\(83\)90017-X](https://doi.org/10.1016/0022-1996(83)90017-X).
- Rodríguez, V. (2015). Límites de la estabilidad cambiaria de México. Problemas del Desarrollo. *Revista Latinoamericana de Economía*, 46(181), pp 49-74. <https://doi.org/10.1016/j.rpd.2015.03.001>
- Rogoff, K. (1996). The Purchasing Power Parity Puzzle. *Journal of Economic Literature*, 34 (2), pp. 647-668. Recuperado de <https://www.jstor.org/stable/2729217>.
- Sosa, M. y E. Ortiz (2015). Desequilibrios cambiarios y crisis: Canadá, México, Japón y Reino Unido vs dólar de EE.UU. (1994-2014). *Contaduría y Administración*, 60(S2), pp. 106-127. DOI:<http://dx.doi.org/10.1016/j.cya.2015.08.014>.
- Spanos, A. (1986). *Statistical Foundations of Econometric Modeling*, Cambridge University Press.
- Taylor, M. (1985). The Economics of Exchange rates. *Journal of Economic Literature*, 33(1), 13-47. Recuperado de <http://www.jstor.org/stable/2728909>.

Tabla 1
Pruebas de raíces unitarias

Variable	Argumented Dickey-Fuller			Phillips-Perron		
	Intercepto	Tendencia e intercepto	Ninguno	Intercepto	Tendencia e intercepto	Ninguno
Niveles						
Log(<i>E</i>)	-0.227	-2.838	1.414	-0.159	-2.681	1.532
Log(<i>i-i*</i>)	-3.115	-3.010	-1.050	-3.510	-3.033	-1.707
BSP	-3.625	-6.264	-2.452	-9.317	-12.456	-7.289
Log(<i>op</i>)	-2.835	-2.462	0.438	-2.723	-2.221	0.557
Primera diferencias						
Δ Log(<i>E</i>)	-7.135	-7.188	-6.860	-8.272	-8.306	-8.095
Δ Log(<i>i-i*</i>)	-5.833	-6.021	-5.844	-5.804	-5.837	-5.839
Δ BSP	-15.093	-14.996	-15.159	-29.398	-29.194	-29.578
Δ Log(<i>op</i>)	-6.603	-6.847	-6.533	-7.241	-7.413	-7.210

Fuente: elaboración propia.

Nota:

(Δ) denota la primera diferencia de las series.

Las pruebas de realizaron para el periodo 1999 a 2019Q1 con dos rezagos.

Las cifras en negritas indican que las variables con esa especificación son estacionarias.

Los valores críticos de tabla al 95% de confianza que se utilizaron son:

Modelo intercepto: -2.897678

Modelo tendencia e intercepto: -3.466248

Modelo sin tendencia y sin intercepto: -1.944862

Tabla 2
Conjunto de pruebas de correcta especificación

Prueba	Estadístico	Prob.
Tipo de Cambio Nominal		
Correlación Serial LM*	0.2220	0.8014
Normalidad*	11.8706	0.0026
Heterocedasticidad (Breusch-Pagan-Godfrey)*	3.3236	0.0141
Heterocedasticidad (ARCH)*	0.0306	0.8615
Ingreso de Pemex		
Correlación Serial LM	3.8261	0.0256
Normalidad	36.1825	0.0000
Heterocedasticidad (Breusch-Pagan-Godfrey)*	3.0095	0.0545
Heterocedasticidad (ARCH)*	0.0262	0.8719
Exportaciones de crudo		
Correlación Serial LM*	2.9290	0.0592
Normalidad*	0.5378	0.7642
Heterocedasticidad (Breusch-Pagan-Godfrey)	4.7542	0.0003
Heterocedasticidad (ARCH)*	2.2026	0.1414
Precio del crudo		
Correlación Serial LM*	0.5484	0.5800
Normalidad	11.6981	0.0029
Heterocedasticidad (Breusch-Pagan-Godfrey)*	1.4721	0.2180
Heterocedasticidad (ARCH)*	0.1576	0.6924

Fuente: elaboración propia con base en el modelo SES Cointegrado.

Nota: *nivel de significancia al 95% de confianza.

La prueba de autocorrelación se realizó considerando dos rezagos.

Tabla 3
Criterios Akaike y Schwarz

	Tipo de cambio nominal	Ingreso de Pemex	Exportaciones de crudo	Precio del crudo
Criterio de información Akaike	-3.7012	0.9433	1.2868	-3.7053
Criterio Schwarz	-3.5614	1.0266	1.4825	-3.5655

Fuente: elaboración propia con base en el modelo SES Cointegrado.
Actividad económica y variables financieras en México.