

Estimación de un índice de presiones cambiarias*

Paola Cecilia Yujra Tonconi

RESUMEN

Tras una revisión de la literatura concerniente a crisis cambiarias, se realiza un mapeo de todas aquellas variables y fundamentos que determinan las condiciones sobre los mercados cambiarios a nivel general. En base a ello, la investigación tiene como objetivo estimar un índice de presiones cambiarias que deberá resumir la información contenida en dicho *set*. El objetivo se aborda a partir de dos enfoques: el primero, con carácter exploratorio, hace referencia a un análisis de tipo estadístico; el segundo considera un enfoque econométrico con la estimación de un modelo VAR aumentado por factores y con parámetros que cambian en el tiempo (TVP-FAVAR). Bajo este contexto, se espera que el índice otorgue una medida de las presiones que son relevantes para el mercado cambiario boliviano

Clasificación JEL: *C59, F31*

Palabras Clave: *Mercados cambiarios, estimación de factores, TVP-FAVAR*

* Las conclusiones y opiniones expresadas en el documento no representan necesariamente aquellas del BCB, ni de sus autoridades y son de exclusiva responsabilidad de la autora. Se agradecen los comentarios y sugerencias de los participantes al Taller Interno de Investigación Económica del BCB realizado el 11 de junio de 2021.

Estimating an exchange rate pressure index*

Paola Cecilia Yujra Tonconi

ABSTRACT

After reviewing the literature of currency crises, a mapping of variables that determines general conditions for exchange rate markets is developed. On this base, this paper has the goal to estimate an exchange rate pressure index, which shall summarize all the information that the original set of variables contains. In order to achieve the goal, two approaches are followed: first, a multifactor analysis is adopted; second, a Factor Augmented VAR model with time varying parameters (TVP-FAVAR) is estimated. In this context, the index is expected to provide a measurement of the pressures that are relevant to Bolivian exchange rate market.

JEL Classification: C59, F31

Keywords: Currency markets, factor estimation, TVP-FAVAR

* The conclusions, opinions and points of view expressed in this document do not necessarily represent those of the Central Bank of Bolivia or its authorities and are the sole responsibility of the author. The comments and suggestions of the participants to the BCB Internal Economic Research Workshop held on June 11, 2021 are appreciated.

I. Introducción

A lo largo de las pasadas décadas se han documentado diferentes enfoques que intentan explicar las razones que dieron lugar a las crisis cambiarias. Una crisis cambiaria, en general, es definida como la dificultad que atraviesa la autoridad monetaria de una economía para defender la paridad de su moneda con relación a otra, lo que deriva en un ajuste obligatorio, ya sea en términos de pérdida de reservas o en depreciaciones significativas. Los enfoques que aborda la literatura sobre crisis cambiarias, han cambiado a lo largo del tiempo y fueron mayormente resultado de las experiencias registradas en algunas economías emergentes y en desarrollo, especialmente, entre la década de los setenta y noventa y han recopilado una importante cantidad de elementos que resultan útiles para realizar el monitoreo y diagnóstico.

Bajo este marco, este documento de investigación considera la literatura sobre crisis cambiarias como insumo para definir, de manera formal, el mapeo de variables y fundamentos macroeconómicos que son relevantes para identificar el grado de presiones cambiarias que puede atravesar una economía, en este caso, la boliviana. Cabe aclarar que no se persigue como objetivo otorgar un desglose extenso de los enfoques de crisis cambiarias; sin embargo, a continuación, se presenta un punteo que destaca la relevancia de cada uno de ellos y la utilidad que se le otorga en términos de definición de variables para fines de la investigación.

Cuadro 1: RESUMEN DE LOS ENFOQUES QUE ABORDAN LAS CRISIS CAMBIARIAS

Enfoque	Autores	Definición	Indicadores monitoreados
Modelos de primera generación • Enfoque de la balanza de pagos o fundamentos	Salant y Henderson (1978) Krugman (1979) Flood, Garber (1984)	Las crisis cambiarias fueron resultado de la incompatibilidad entre el rol de la política monetaria como instrumento para alcanzar estabilidad (equilibrio interno), y su función rectora de corregir desequilibrios de la balanza de pagos a través del mercado cambiario (equilibrio externo)	- Crédito Interno - Emisión - Déficit fiscal - RN
Modelos de segunda generación • Enfoque de expectativas	Obstfeld (1994 y 1996) Gerlach y Smets (1995)	Las crisis cambiarias fueron resultado del costo de alcanzar el objetivo de disminuir la inflación y utilizar el tipo de cambio como instrumento de política para lograr el pleno empleo. Ello origina que aún con fundamentos sólidos, los mercados tengan el incentivo de lanzar ataques especulativos, lo que también es conocido como crisis autoanunciadas.	- Indicadores de expectativas - Indicadores de confianza - Tipo de cambio real - Tasas de interés - Desempleo
Modelos de tercera generación • Enfoque de reversiones súbitas en los flujos de contagio.	Dornbusch Godfajn-Valdés (1995) Calvo (1996)	Las crisis cambiarias fueron resultado, no de eventos internos, sino del deterioro de las condiciones de liquidez internacional; el efecto contagio entre economías amplió las presiones internas resultando en depreciaciones excesivas.	- Deuda Externa - Indicadores Financieros - Riesgo País - Precios de activos - Flujos de capital - Apalancamiento financiero
Modelos de tercera generación • Enfoque de crisis gemelas	Krugman (1996)	Las crisis cambiarias sucedieron de forma paralela al deterioro de las condiciones financieras locales, la evidencia empírica no define si la crisis financiera precede a una crisis cambiaria o viceversa, sin embargo se registraron mayores correlaciones entre ambos eventos generándose las llamadas crisis gemelas.	- Indicadores Financieros - Liquidez - Crédito y Depósitos - Tasa de interés local

Fuente: Elaboración propia en base a la revisión bibliográfica

Ahora bien, existe una serie de aspectos que vale la pena mencionar. Primero, las economías con regímenes de tipo de cambio fijo o administrado ahondan en la necesidad de generar indicadores de alerta. Algunos de éstos fueron denominados índices de presiones especulativas que, en esencia, miden la diferencia existente entre la variación de las reservas y del tipo de cambio nominal. Segundo, en términos históricos una crisis cambiaría puede ser resultado, no de una, sino de diferentes causas, por lo que un indicador que permita el monitoreo más amplio en términos de variables, apunta a ser más aceptable. Tercero, aún con un monitoreo amplio de variables, algunos autores hacen hincapié en la dificultad de estimar el momento exacto en el que se desata una crisis ya que, en general, existe un “componente anunciado” y otro menos predictivo denominado “gatillador súbito”. En ese contexto, la finalidad de la construcción de los indicadores, a criterio propio, debería apuntar a medir el grado de fragilidad que se hace evidente en el componente denominado “anunciado” y que en términos de política es factible de control.

Entonces, y con la finalidad de orientar la investigación, el índice de presiones cambiarias a construirse tiene como objetivo resumir la información contenida en un *set* amplio de variables relacionadas a los fundamentos macroeconómicos, expectativas, choques externos y mercado financiero, entre otros. En este contexto, se propone otorgar una medida de las presiones que son relevantes para el mercado cambiario boliviano.

En términos metodológicos, se utiliza un modelo de Vectores Autorregresivos que es aumentado por Factores y cuyos parámetros son variantes en el tiempo. Esta propuesta de estimación se extrae de Koop y Korobilis (2014) quienes realizan la estimación de un índice de condiciones financieras. No se encontró referencia bibliográfica que emplee este enfoque metodológico para el análisis de los mercados cambiarios; sin embargo, la flexibilidad del método de estimación permite realizar una apuesta inicial por la metodología planteada. Además, y con el objetivo de complementar los hallazgos y contrastarlos, se realiza un análisis exploratorio preliminar, de orden estadístico, a través de la estimación de factores.

Tras la estimación del indicador, los resultados muestran al menos tres periodos en los cuales las presiones cambiarias son relevantes: entre 2008-2009 en coincidencia con la crisis financiera internacional; entre 2014 y 2016, periodo caracterizado por la finalización del ciclo de los precios de las materias primas; y, finalmente, desde el cierre de 2018 hasta 2020, en un contexto de incertidumbre política y el inicio de la crisis sanitaria debido a la pandemia del Covid-19.

Con relación a la agenda futura, queda pendiente el proceso formal de validación del indicador, en términos de coherencia, respuesta a diferentes

choques, capacidad predictiva y, finalmente, en términos de secuencia para definir la calidad del índice como indicador de monitoreo.

El documento está organizado bajo la siguiente estructura: luego de esta breve introducción, la sección II detalla los aspectos metodológicos para la estimación del indicador; la sección III presenta los datos utilizados y el análisis exploratorio llevado a cabo mediante la estimación de factores; la sección IV contiene los resultados de la estimación y una serie de consideraciones que derivan del ejercicio; la última sección concluye.

II. Metodología

Ésta sección detalla el enfoque propuesto por Koop y Korobilis (2014) para la estimación del TVP-FAVAR y detalla algunos elementos de cara a la estimación. Sea y_t ($t = 1, \dots, T$) un vector de tamaño $n \times 1$ que contiene información de una serie de factores que serán empleados para la estimación del índice, en la aplicación empírica que se plantea, estos factores contendrán información sobre variables vinculadas al mercado cambiario y que se encuentran en línea con los enfoques de crisis cambiarias revisadas en el Cuadro 1.

Adicionalmente, se tiene un vector de tamaño $s \times 1$ que contiene una serie de variables macroeconómicas y es denominado y_t . Para el ejercicio, la definición de y_t persigue dos objetivos. En primer lugar, lograr la interacción del instrumento de política monetaria con el marco que provee la política cambiaria, lo que se alcanza al introducir la variable emisión. Dado ello, se incorpora el crecimiento de la actividad económica e inflación como los objetivos de política. En segundo lugar, con la incorporación de éstas variables se intenta eliminar la información que el índice de presiones cambiarias pueda contener de manera intrínseca por el efecto de alguna de estas tres variables.

Entonces, tal y como establecen los autores, el modelo TVP-FAVAR con p rezagos se define de la siguiente manera:

$$y_t = \lambda_t^y y_t + \lambda_t^f f_t + u_t \quad (1)$$

$$\begin{bmatrix} y_t \\ f_t \end{bmatrix} = c_t + B_{t,1} \begin{bmatrix} y_{t-1} \\ f_{t-1} \end{bmatrix} + \dots + B_{t,p} \begin{bmatrix} y_{t-p} \\ f_{t-p} \end{bmatrix} + \varepsilon_t \quad (2)$$

Para λ_t^y que representa a los coeficientes del modelo; λ_t^f es conocido como los "loadings" del factor común; f_t es el factor latente que daría lugar, en este caso, al índice de presiones cambiarias; c_t es el vector que contiene los interceptos $B_{t,1}, \dots, B_{t,p}$ y corresponde a los coeficientes del modelo de vectores autorregresivos; finalmente, u_t, ε_t hacen referencia a los términos de error que son normalmente distribuidos con media cero y matrices de covarianzas y varianzas variantes en el tiempo denominadas V_t, Q_t respectivamente.

La flexibilidad del modelo da lugar a que todos los parámetros tengan diferentes valores para cada periodo definido en t . Por su parte, la estructura permite alcanzar dos resultados: en primer lugar, extraer un índice latente de las variables relacionadas al mercado cambiario, que será denominado “Índice de presiones cambiarias - IPCAM”; y lo segundo, al utilizar un sistema multivariado en la estimación, se hace posible capturar, de mejor manera, la dinámica de los movimientos y la interdependencia entre el IPCAM y las variables macroeconómicas por lo que al realizar otros ejercicios como de pronóstico, el sistema considera, además, la información del IPCAM. Asimismo, al realizar la estimación conjunta del sistema se elimina del indicador el efecto de las condiciones macroeconómicas definidas en y_t , por lo que, en su estado puro, el IPCAM estimado reflejaría únicamente las condiciones del mercado cambiario.

Para terminar de definir la estructura del modelo, se requiere establecer la dinámica de los parámetros que cambian en el tiempo, para lo cual se define el vector de *loadings* $\lambda_t = (\lambda_t^y, \lambda_t^f)'$ y los coeficientes del modelo VAR $\beta_t = (c_t', \text{vec}(\beta_{t,1})', \dots, \text{vec}(\beta_{t,p})')'$ que siguen un proceso de camino aleatorio de la forma $\lambda_t = \lambda_{t-1} + v_t$ y $\beta_t = \beta_{t-1} + \eta_t$, donde $v_t \sim N(0, W_t)$ y $\eta_t \sim N(0, R_t)$.

La estrategia de estimación llevada a cabo por Koop y Korobilis (2014) plantea la combinación de dos métodos lo que da lugar a reducir los costos computacionales simplificando el proceso de estimación. Entonces, en línea con Koop y Korobilis (2013), los autores combinan el método de *variance discounting* con *Kalman filter* con el propósito de obtener resultados analíticos de la distribución posterior de la variable latente f_t al igual que de los parámetros que cambian en el tiempo $\theta_t = (\lambda_t, \beta_t)$. Los autores desarrollan un algoritmo dual de filtrado condicional lineal y suavizado lo que permite reducir, de manera óptima, el tiempo de estimación.

Bajo esa línea de eludir los costos computacionales, las matrices de varianzas y covarianzas de los errores V_t , Q_t , W_t , R_t , se estiman de manera recursiva mediante el método de *variance discounting*. Tanto para V_t como Q_t se utilizan estimadores de promedio móvil exponencialmente ponderado (*EWMA*, *decay factors*) mientras que W_t y R_t son estimados usando el método de *forgetting factors*.

La identificación del FAVAR se alcanza al restringir la matriz V_t para que ésta sea diagonal. Ello asegura la identificación debido a que el factor f_t captura, únicamente, factores comunes a las variables asociadas al mercado cambiario luego de eliminar el efecto de las variables macroeconómicas definidas en y_t .

La estrategia de estimación que se usa en el documento es la definida por Koop y Korobilis (2014) y, en esa línea: i) se fijan los valores para todos los parámetros λ_0 , β_0 , V_0 , Q_0 ; ii) se obtiene el factor f mediante componentes

principales; iii) se estiman V_t , Q_t , W_t , R_t mediante el método de *variance discounting*; iv) se estima λ_t , β_t dado V_t , Q_t , W_t , R_t mediante *Kalman Filter*, y v) se estima el factor f_t dado θ_t mediante *Kalman Filter*.

Para finalizar, la elección de los hiper parámetros y de las condiciones iniciales considera β_0 distribuciones iniciales del tipo Minnesota, mientras que los parámetros de las matrices de varianzas y covarianzas son fijadas en 0,99. Finalmente, el *decay factor* para la varianza del error del factor se fija en 0,96.

III. Datos y análisis estadístico

En línea con lo descrito en la sección II, se estructuran dos matrices de información: la primera referente a la matriz x_t que contiene información sobre las variables que señalan presiones cambiarias. En ese sentido, y para otorgar sustento a la matriz de variables seleccionadas se consideran los enfoques que describen la generación de presiones en los mercados cambiarios.

Los modelos de primera generación, en su concepción más sencilla, establecen que las fuentes de presión son resultado del deterioro de los fundamentos macroeconómicos, formalmente, de la incompatibilidad entre el rol de la política monetaria como instrumento para alcanzar la estabilidad y su función rectora de corregir los desequilibrios de la balanza de pagos a través del mercado cambiario. En este marco, los trabajos que consideran este enfoque suelen enfatizar el rol de la cuenta corriente, el déficit fiscal, el nivel de los activos de reserva, el crédito interno neto, el tipo de cambio real y la emisión, principalmente. Bajo este marco, y con la finalidad de caracterizar este enfoque, la investigación considera: i. Una *proxy* de la cuenta corriente que se elabora a partir de la información mensual de exportaciones, importaciones y remesas, ello con el objetivo de tener información de mayor frecuencia y menor rezago; ii. El déficit fiscal, a partir del crédito interno y externo; iii. Las reservas internacionales netas con el componente que considera únicamente el nivel de divisas; iv. El índice de tipo de cambio real. Con relación a la emisión, se omite la introducción de ésta variable ya que, como se verá más adelante, su incorporación persigue otra finalidad.

El segundo enfoque, en resumen, manifiesta que, aún con fundamentos sólidos, algunos agentes tienen un incentivo perverso de originar ataques especulativos debido a que mantienen elevadas expectativas de depreciación, lo que es resultado de la falta de credibilidad entre el objetivo de disminuir la inflación y utilizar el tipo de cambio como instrumento de política para lograr el pleno empleo. En este marco, los agentes lanzan ataques especulativos hasta que la crisis auto anunciada se efectiviza. En este sentido, la literatura considera las variables del enfoque de primera generación a las que se añaden algunos indicadores de expectativas.

En términos prácticos, operativizar este enfoque plantea una serie de desafíos, primero, porque se considera una acción directa del mercado, y segundo, porque se hace alusión a variables de percepción que en general no son observables. En ese sentido, a partir de la encuesta mensual de expectativas del Banco Central de Bolivia (BCB) se generan índices de volatilidad que son estimados a partir de modelos GARCH. Con ello, se captura la información de la volatilidad de las expectativas sobre el tipo de cambio,¹ inflación y actividad. Adicionalmente, y con el objetivo de tener una aproximación del denominado ataque especulativo, se genera un indicador de volatilidad de las reservas internacionales para el componente 'sólo divisas' a partir de un modelo GARCH². Finalmente, bajo la misma concepción se genera un indicador de volatilidad de las ventas de dólares que realizan las entidades de intermediación financiera al público para el tramo de operaciones entre USD0 y USD10.000³.

Bajo el tercer enfoque, se otorga mayor relevancia a las variables de orden financiero. Sin embargo, se hace una distinción importante entre el efecto contagio entre economías debido a una reversión súbita de los flujos de capital (factores externos) y las condiciones del sistema financiero (factores internos). Para el primer caso, se considera una serie de variables externas que contienen información sobre el producto mundial, la inflación externa, los precios de materias primas, la percepción del riesgo país, la incertidumbre global y la evolución del dólar respecto a una canasta de monedas representativas, mientras que, para el segundo enfoque, se consideran variables financieras del mercado local que reflejan la evolución de los créditos y depósitos. En este punto en particular, a criterio personal, se evita la inclusión de un exceso de variables financieras, ello porque el indicador podría capturar adicionalmente las condiciones financieras y sobreestimar o subestimar el índice de condiciones cambiarias. En ese marco, la información del mercado financiero se limita a un par de variables: créditos y depósitos.

La forma de construcción de algunas de estas series, si corresponde, es detallada en el Cuadro 3 y su evolución histórica puede apreciarse en el Gráfico 1. Así mismo, se especifica la transformación utilizada para que este *set* sea estacionario. Finalmente, y en línea con los modelos de factores dinámicos, éstas variables son estandarizadas antes de realizar el análisis estadístico de factores y al momento de realizar la estimación del TVP-FAVAR.

- 1 El modelo GARCH, para la expectativa del tipo de cambio, corresponde a un GARCH (1,1); para la expectativa de la inflación a un GARCH (1,1) y para la expectativa de la actividad GARCH (1,0) (ver Apéndice).
- 2 La volatilidad del componente divisas de las Reservas Internacionales Netas (RIN) se lo estima mediante un GARCH (1,1) (ver Apéndice).
- 3 El indicador de volatilidad corresponde a un GARCH (1,1) (ver Apéndice).

En cuanto a la definición de variables que se introducen en y_t , como se indicó previamente, éstas persiguen algunos objetivos en particular. En primer lugar, se espera que la estimación del índice de presiones cambiarias no sea ajeno a la dinámica de la política monetaria por lo que una de las primeras variables introducidas es la emisión. Así también, en ésta matriz se introducen los objetivos de política a partir del Índice Global de Actividad Económica (IGAE) y la inflación. En segundo lugar, la introducción de éstas variables tiene como objetivo depurar el índice de aquella información que no provenga exclusivamente del ámbito cambiario y que pueda asociarse, por ejemplo, a la dinámica intrínseca del producto.

Cuadro 2: DETALLE DE LA CONSTRUCCIÓN DE LAS VARIABLES

Factores	Variables	Transformación	Mnemónico
Modelos de 1G - Enfoque de la balanza de pagos o de fundamentos			
	Cuenta corriente 1/	Valor respecto al promedio 12 meses	CC_ADJ
	Reservas internacionales netas 2/	Valor respecto al promedio 12 meses	RIN_ADJ
	Deuda 3/	Valor respecto al promedio 12 meses	DEUDA_ADJ
	TCR	Var % 12 meses	P12_TCR
Modelos 2G - Enfoque de expectativas			
	Volatilidad RIN	Nivel - Garch	VOL_RIN
	Volatilidad Expectativas de inflación	Nivel - Garch	VOL_EINFL
	Volatilidad de las expectativas del PIB	Nivel - Garch	VOL_EPIB
	Volatilidad de las expectativas del tipo de cambio	Nivel - Garch	VOL_ETC
	Volatilidad de las ventas de dólares primer tramo 4/	Nivel - Garch	VOL_VTA_DOL
Modelos 3G - Enfoque de reversiones súbitas de capital			
	PIB-ER	Diferencia a 12 meses	D12_PIB_ER
	Índice del dólar	Diferencia a 12 meses	D12_DXY
	Índice de incertidumbre económica 5/	Valor respecto al promedio 12 meses	EPU_ADJ
	EMBI 6/	Diferencia a 12 meses	D12_EMBI
	Inflación externa relevante	Var % 12 meses	D12_IPE
	IPPBX	Diferencia a 12 meses	D12_IPPBX
Modelo 3G - Enfoque de crisis gemelas			
	Brecha entre crédito y depósitos 7/	Diferencia entre nivel de créditos y depósitos	BRECHA_FIN
	IGAE Financiero	Var % 12 meses	IGAE_FIN
	Ventas netas de dólares de las EIF al Público	Valor respecto al promedio 12 meses	VTA_DOL_ADJ
Variables Macroeconómicas			
	Índice de actividad económica	Var % 12 meses	IGAE
	Inflación	Var % 12 meses	INFL
	Emisión	Diferencia a 12 meses	D12_EMI

Nota: Elaboración propia

^{1/} Aproximación mediante el valor de las exportaciones menos importaciones más remesas.

^{2/} Considera únicamente el componente divisas.

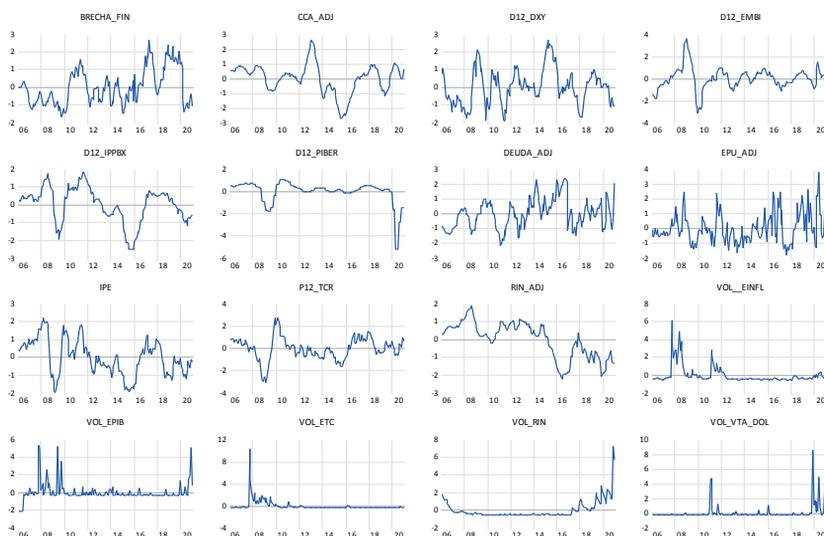
^{3/} Engloba crédito interno y crédito externo.

^{4/} El tramo 1 se refiere a ventas de dólares de las Entidades de Intermediación Financiera (EIF) al público para el rango entre USD0 a USD10.000.

^{5/} Se refiere al índice de incertidumbre de política económica global elaborado por Baker et al. (2016).

^{6/} Considera únicamente a Latinoamérica.

^{7/} Se excluye el valor de créditos y depósitos del Banco Unión S.A. El nivel de créditos y depósitos respectivamente corresponden al valor respecto al promedio de los 12 meses previos.

Gráfico 1: VARIABLES COMPRENDIDAS EN LA MATRIZ X_t 

Fuente: Elaboración propia en base a información obtenida del Instituto Nacional de Estadística (INE), BCB, Bloomberg Finance L.P.

En ese contexto, la elección preliminar es bastante simplificada, conteniendo la información sobre el índice global de actividad económica, la inflación y la variable emisión como instrumento de política monetaria. De igual manera, las transformaciones, si corresponden, son detalladas en el Cuadro 3 y la visualización de las mismas se ubica en el Gráfico 2.

Gráfico 2: VARIABLES COMPRENDIDAS EN LA MATRIZ Y_t 

Fuente: Elaboración propia en base a información obtenida del INE, BCB

Posterior a la descripción de variables, se plantea realizar un ejercicio de carácter exploratorio mediante la extracción de factores. Ello responde a que no se tiene evidencia empírica reciente de trabajos que realicen la estimación de este tipo de indicadores por lo que existe la necesidad de generar una serie de punteos antes de abordar la estimación formal.

Para detallar un poco el ejercicio, se describe, a continuación, algunas características generales del análisis factorial. El objetivo de este tipo de análisis consiste en simplificar la información de un número amplio de variables con la finalidad de hacerla más comprensible. Metodológicamente se extraen factores, que son componentes no observables pero que explican la varianza que es común a todo el *set* de variables en análisis. Ello sucede, especialmente, cuando se realiza una extracción vía componentes principales. En términos simples, el análisis factorial se concentra en la varianza y cada factor estimado extrae las fuentes de variabilidad. Entonces, se busca una serie de *loadings* o pesos factoriales para identificar nuevas medidas no observables pero que explican la mayor cantidad de la varianza que está presente en la matriz de variables originales. Estas medidas tienden a agruparse en categorías denominadas factores por lo que cada agrupación permitiría entender las correlación de cada variable con el factor estimado.

Realizada la estimación de factores, se evalúan únicamente aquellos que, de manera individual, explican al menos el 15% de la variabilidad contenida en la matriz de información. De ahí que, resultado de este ejercicio, se identifican tres factores relevantes.

Factor 1: Contiene información de la variabilidad observada en la cuenta corriente, deuda, tipo de cambio real, reservas internacionales, volatilidad de la inflación, Índice de Precios de Productos Básicos de Exportación de Bolivia (IPPBX). En cuanto a variables externas, destaca la inflación externa relevante. Este factor explica al menos el 40% de la variabilidad contenida en la matriz de información original.

Factor 2: De expectativas, debido a que los *loadings* que tienen mayor representatividad corresponden a la volatilidad de las expectativas de inflación, volatilidad de las expectativas de la actividad, volatilidad del tipo de cambio nominal y el Indicador de Bonos de Mercados Emergentes (EMBI por su sigla en inglés) de Latinoamérica. Con todo ello, este factor explica cerca del 24% de la variabilidad contenida en la matriz x_t .

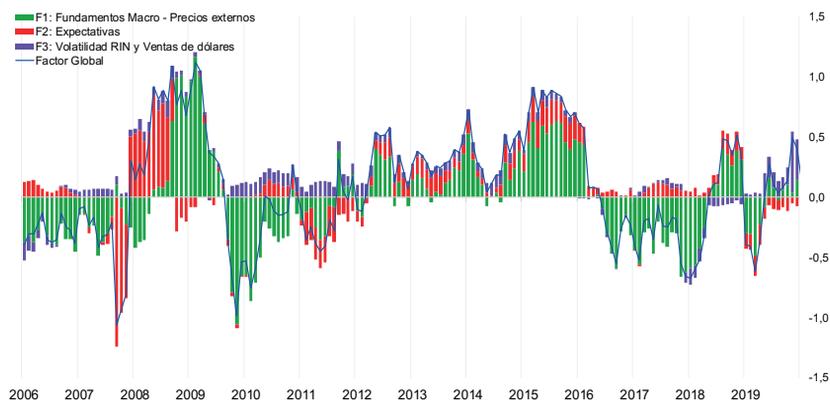
Factor 3: Con una proporción del 16% en la explicación de la varianza, este factor rescata la información contenida en las variables de volatilidad de las RIN, volatilidad de las ventas netas de dólares y, en cuanto a variables externas, se tiene a la actividad externa relevante e incertidumbre global.

Para visualización, se pondera a cada factor en relación al grado de variabilidad que logra explicar y, con ello, se estructura un “Factor Global”⁴ que será,

4 Generados los tres factores, se pondera la relevancia de cada uno de ellos en relación al grado de variabilidad que logran explicar (0,4%; 0,24% y 0,16%), siendo el factor global una suma ponderada.

para fines de la investigación, la variable base con la que posteriormente se contrastarán los resultados obtenidos con la estimación del TVP FAVAR. Como se observa en el Gráfico 3, gran parte de las presiones que señala el indicador corresponden al Factor 1. A finales de 2019, el Factor 3, que mide la volatilidad de las RIN, de las ventas de dólares por parte de las EIF al público e incertidumbre global, cobra mayor relevancia, mientras que el Factor 2, que mide la volatilidad de las expectativas de inflación, de la actividad y del tipo de cambio cobró relevancia a inicios de 2008 y posteriormente en el periodo 2015-2016.

Gráfico 3: ANÁLISIS ESTADÍSTICO MULTIFACTORIAL

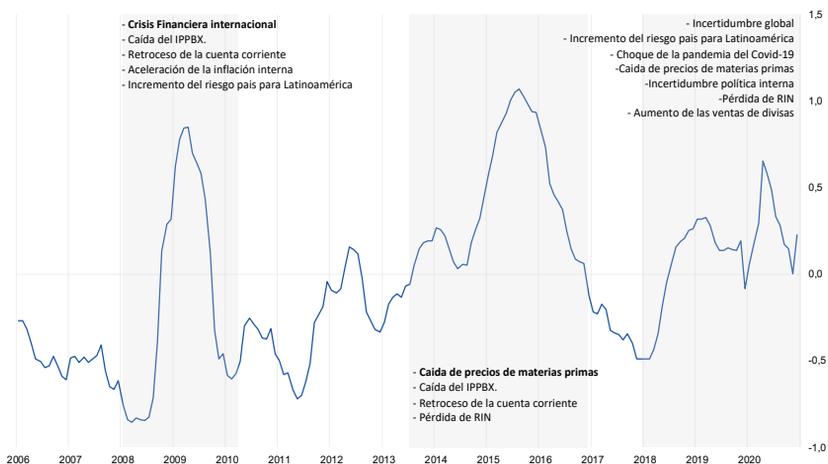


Fuente: Elaboración propia

IV. Estimación y resultados

En base a la metodología descrita en la sección II y considerando el detalle de variables de la sección III, se realiza la estimación del Índice de Presiones Cambiarias, denominado IPCAM (Gráfico 4). Con relación a la estrategia de estimación, se sigue de cerca la propuesta planteada por Koop y Korobilis (2014) y que fue descrita en la sección II. Resultado de ello, se evidencian tres periodos en los que las presiones cambiarias son relevantes.

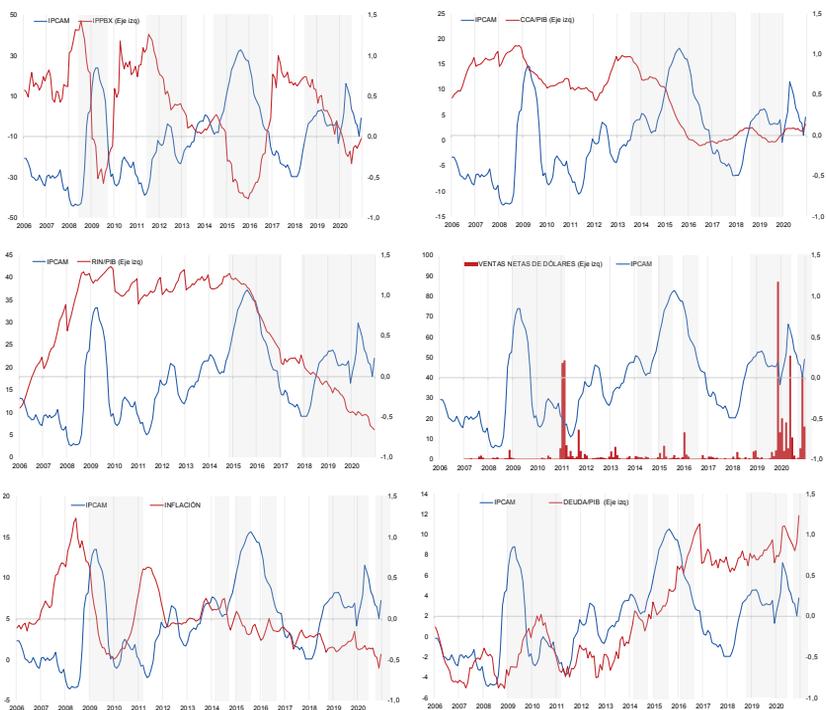
El primer periodo se comprende desde 2008 hasta 2010 y es coincidente con la crisis financiera internacional y la desaceleración de los precios de los productos de exportación de Bolivia. En ese sentido, también se registra un retroceso de la cuenta corriente que, sin embargo, continuó siendo superavitaria. En el ámbito interno, la inflación fue el fundamento macro con mayor deterioro, mientras que en el ámbito externo la valoración del riesgo país para las economías de América Latino tuvo uno de los mayores incrementos a nivel histórico.

Gráfico 4: ÍNDICE DE PRESIONES CAMBIARIAS

Fuente: Elaboración propia

El segundo periodo relevante abarca el periodo comprendido entre mediados de 2013 hasta finales de 2016. Este periodo es caracterizado por la caída generalizada de los precios de las materias primas y, en ese contexto, el índice es bastante coincidente con el deterioro del IPPBX. En 2015, cuando el indicador alcanzó su pico, se registra el retroceso de la cuenta corriente y el eventual descenso de las RIN, por lo que el indicador marca un fuerte incremento de las presiones cambiarias. Por otro lado, la evolución del crédito interno y externo repercute, al menos para este periodo, casi de manera directa y coincidente con el indicador.

Finalmente, se tiene el rango desde 2018 hasta 2020. En el ámbito internacional, este periodo se caracteriza por un incremento generalizado de la incertidumbre y precios de materias primas con trayectorias aún débiles. En ese contexto, una vez más, el retroceso del IPPBX parece ser coincidente con el inicio del deterioro del indicador. Hacia finales de 2019 e inicios de 2020, el indicador capta, inicialmente de manera sutil, la volatilidad registrada en las ventas de dólares de las EIF al Público y hacia el primer trimestre de 2020 la señalización alcanza un nuevo deterioro relevante (Gráfico 5).

Gráfico 5: ÍNDICE DE PRESIONES CAMBIARIAS Y VARIABLES SELECCIONADAS

Fuente: Elaboración propia

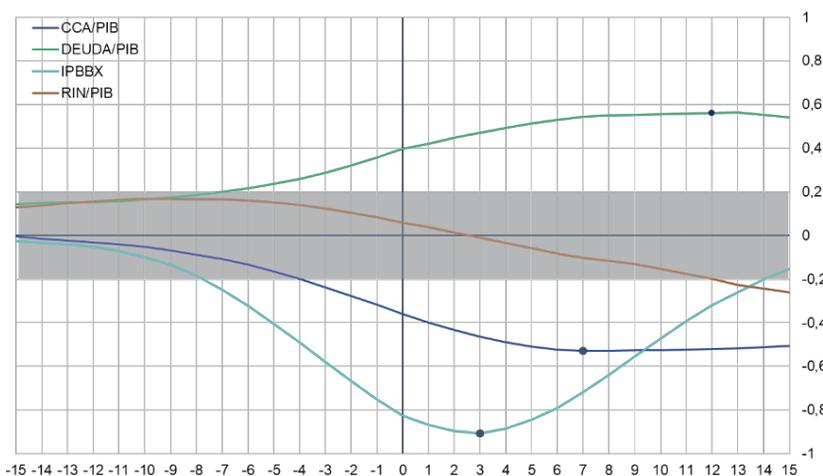
En términos de contrastación con la evidencia empírica, el desempeño del IPCAM es bastante coherente, emitiendo señales en la medida en que las variables que pueden alertar sobre las presiones cambiarias sufren algún deterioro. En complemento, se estimaron los coeficientes de correlación cruzada para algunas variables relevantes (Gráfico 6). Inicialmente la dirección de los signos es la esperada. A partir de ahí existe una serie de hechos estilizados que vale la pena mencionar:

- i. En general, los movimientos del nivel de endeudamiento y del índice de presiones cambiarias se mueven en un mismo sentido. Además, estos movimientos tienen una máxima correlación positiva después de 12 meses.
- ii. Para la cuenta corriente y las RIN, la dirección de la correlación es inversa y anticipada. En el caso de la cuenta corriente, un deterioro significativo tendría una correlación máxima con el incremento de

las presiones cambiarias después de siete meses. Para las RIN, el máximo coeficiente tiene lugar después de 23 meses.

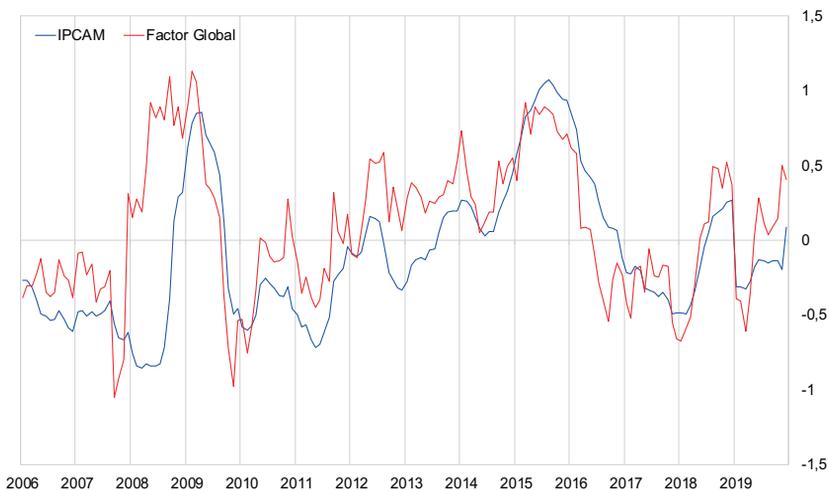
- iii. El IPPBX destaca por tener la mayor correlación (cercana a menos uno) dentro de este *set* de variables y, al igual que para la cuenta corriente y RIN, el coeficiente de correlación es inverso pero anticipado en 3 meses.

Gráfico 6: COEFICIENTES DE CORRELACIÓN CRUZADA (IPCAM en t_0 ; Variables en $t_0 \pm i$ para i meses de adelanto y rezago)



Fuente: Elaboración propia

En comparación con el índice calculado en la sección III, denominado “Factor Global”, el IPCAM destaca por ser suavizado. Ello sería efecto de la estimación multivariante en la que se introdujeron algunas variables macroeconómicas y cuyo propósito era descontar efectos propios de las variables macroeconómicas y no sobreestimar algunas presiones cambiarias. Al margen de ello, ambos indicadores tienen, en términos de señalización, un comportamiento similar (Gráfico 7).

Gráfico 7: ÍNDICE DE PRESIONES CAMBIARIAS Y FACTOR GLOBAL

Fuente: Elaboración propia

Ahora bien, al analizar la volatilidad del IPCAM⁵ para la muestra completa, destaca la elevada variabilidad registrada entre 2006-2007, la cual se modera gradualmente (Gráfico 8). Hacia finales de 2019 e inicios de 2020, las presiones cambiarias generan un nuevo incremento en la volatilidad del indicador, aspecto que, por ejemplo, no sucede en el periodo 2014-2016.

5 La volatilidad IPCAM corresponde a la extracción de las volatilidades de la matriz de varianzas y covarianzas de Q_t que fue estimada de manera recursiva mediante el método de *variance discounting*. En este caso en particular, se utiliza el método de promedios móviles ponderados exponencialmente (EWMA por sus siglas en inglés).

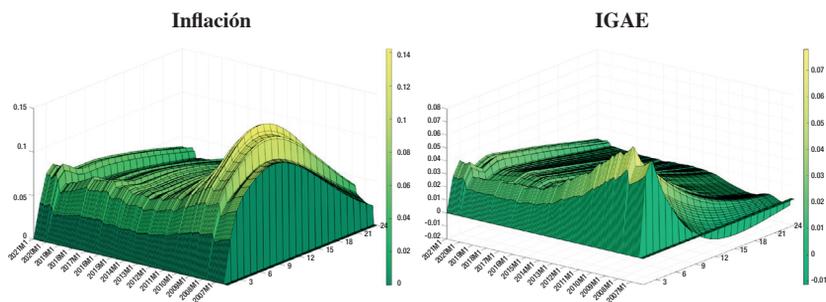
Gráfico 8: VOLATILIDAD DEL ÍNDICE DE PRESIONES CAMBIARIAS

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, se analiza el efecto que tiene un choque que deteriora las presiones cambiarias sobre los objetivos de política utilizados en la estimación del TVP-FAVAR. Un deterioro de las condiciones cambiarias implicaría mayores presiones para la depreciación de la moneda y, en este marco, la primera reacción que se evidencia se encuentra en la inflación. Al inicio de la muestra, la reacción de la inflación ante un deterioro de las condiciones cambiarias es bastante pronunciada (Gráfico 9). Sin embargo, esta se modera después del bienio 2008-2009. Algo que llama la atención, al cierre de la muestra, es el incremento de la respuesta de la inflación al deterioro de las condiciones cambiarias, mismas que serían mayores a lo observado hasta 2019. Sin embargo, en la práctica durante 2020 la inflación se mantuvo baja, lo que posiblemente haya reflejado la predominancia del efecto combinado sobre la oferta y demanda dado el contexto de un periodo de confinamiento estricto que más que compensó el efecto de las mayores presiones cambiarias.

En el caso del producto, si bien se observa un primer efecto después de siete meses, destaca que, debido a las mayores presiones inflacionarias, la actividad empieza a moderarse después de diez meses. A inicios de la muestra, el efecto sobre la actividad es más pronunciado. Sin embargo, como se observa después de 2014, dicha respuesta es más acotada. Al cierre de la muestra, y en concordancia con lo observado en la inflación, el efecto sobre la actividad también se percibe mayor.

Gráfico 9: RESPUESTA DE LA INFLACIÓN Y LA ACTIVIDAD FRENTE A UN CHOQUE QUE DETERIORA LAS PRESIONES CAMBIARIAS (Choque obtenidos mediante la descomposición de Cholesky)



Fuente: Elaboración propia

A la luz de este ejercicio preliminar, queda pendiente la realización de ejercicios que evalúen la dinámica de las presiones cambiarias sobre un grupo más amplio de variables con el objetivo de identificar y documentar posibles canales de transmisión e incluso evaluar la interacción del marco de la política monetaria, lo que ingresa en la agenda futura para esta investigación.

V. Conclusiones

La política de estabilidad cambiaria conducida en Bolivia trajo consigo bastantes logros en términos de política, no solamente al coadyuvar con bajos niveles de inflación sino también en el proceso notable de desdolarización de la economía. Bajo este marco, el tipo de cambio nominal se constituyó en un ancla relevante tanto para los hacedores de política económica como para la población en general. Dado ello, la investigación desarrollada contribuye en la generación de indicadores que permitan identificar las presiones cambiarias que son relevantes para la economía boliviana. En ese sentido, se realizó la revisión de la literatura concerniente a crisis cambiarias con la finalidad de identificar aquellas variables que determinan las condiciones de los mercados cambiarios a nivel general. En base a ello, se realizó un mapeo, tanto de variables internas como externas, y se estimó un indicador que resume toda la información contenida en dicho *set* otorgando una aproximación de las presiones cambiarias para la economía boliviana.

En términos metodológicos, el objetivo de la investigación es abordado a partir de dos enfoques: el primero estadístico y con carácter exploratorio en aras de orientar la investigación; el segundo, bajo un enfoque econométrico con la estimación de un modelo VAR aumentado por factores y con parámetros

que cambian en el tiempo (TVP-FAVAR), que representa una aplicación del trabajo realizado por Koop y Korobilis (2014).

Tras la estimación, se realizó una serie de ejercicios con la finalidad de contrastar la coherencia del indicador estimado. En ese sentido, las principales conclusiones se detallan a continuación:

- Inicialmente se identificaron tres periodos en los que las presiones cambiarias fueron relevantes. En todos estos casos existió una alta coincidencia con la disminución de los precios de productos de exportación de Bolivia.
- Los primeros dos periodos en los que se registran presiones cambiarias se caracterizan por una mayor relevancia de las condiciones macroeconómicas. Sin embargo, en el último periodo, al margen de los fundamentos, otras variables como el incremento de ventas de dólares de las EIF al público tuvieron mayor representatividad.
- El deterioro del nivel de deuda, cuenta corriente y las RIN, ambas como porcentaje del PIB, se adelantan en al menos siete meses al indicador. Sin embargo, la señalización de presiones cambiarias sucede no como respuesta al cambio de una sola variable, sino a la combinación en el deterioro de dos o más fundamentos.
- Al analizar la respuesta de la inflación y el producto a un incremento de las presiones cambiarias, se observó como efecto inmediato un aumento en la inflación que, posteriormente, se traduce en una moderación del producto. Como la técnica de estimación permite que los parámetros cambien en el tiempo, se evidencia que la reacción de la inflación a mayores presiones cambiarias se moderó durante gran parte de la muestra. Pese a ello, destaca una mayor reacción hacia finales de 2020.

Finalmente, después de realizar la estimación del indicador, queda pendiente el proceso formal de validación, lo que implica la coherencia, respuesta a diferentes choques, y capacidad predictiva. Además debe trabajarse en el aporte que otorga este indicador cuando interactúa con variables macro y definir, si fuera el caso, los mecanismos de transmisión de las presiones cambiarias al resto de fundamentos macroeconómicos relevantes.

Referencias bibliográficas

- AGÉNOR, P. - R. and R. P. FLOOD, (1994) "Macroeconomic Policy, Speculative Attacks, and Balance of Payments Crises" in VAN DER PLOEG, F. *The Handbook of International Macroeconomics*, Blackwell Publishers, Oxford, pp. 224 - 250
- AIZENMAN, J., M. D. CHINN, H. ITO (2008). "Assessing the Emerging Global Financial Architecture: Measuring the Trilemma's Configurations over Time" National Bureau of Economic Research, Working paper No. 14533, December.
- BAKER, S., N. BLOOM, S. J. DAVIS (2016). "Measuring Economic Policy Uncertainty" *The Quarterly Journal of Economics*, 131 (4), pp. 1593 – 1636
- BOIVIN, J. and S. NG (2006). Are more data always better for factor analysis? *Journal of Econometrics*, 132 (1), pp. 169 - 194
- CALVO, G. A. (1996). "Capital Flows and Macroeconomic Management: Tequila Lessons" University of Maryland at College Park, Center for International Economics, Working paper 23, March
- DORNBUSCH, R., I. GOLDFAJN, R. O. Valdés (1995). "Currency Crises and Collapses" *Brookings Papers on Economic Activity*, 1995 (2), pp. 219 - 293
- EICHENGREEN, B., A. K. ROSE, C. WYPLOSZ (1996). "Contagious Currency Crises" National Bureau of Economic Research, Working Paper 5681, July
- FLOOD, R. P. and P. M. GARBER (1984). "Collapsing exchange-rate regimes: Some linear examples" *Journal of International Economics*, 17 (1 - 2), pp. 1 - 13
- GERLACH, S. and F. SMETS (1995). "Contagious speculative attacks" *European Journal of Political Economy*, 11 (1), pp. 45 - 63
- GHOSH, A. R., A. – M. GULDE, J. D. OSTRY, H. C. WOLF (1997). "Does the Nominal Exchange Rate Regime Matter?" National Bureau of Economic Research, Working Paper 5874, January
- GOLDFAJN, I. and R. O. VALDÉS (1998): "Are currency crises predictable?" *European Economic Review*, 42 (3 – 5), pp. 873 - 885
- GOLDSTEIN, M., G. L. KAMINSKY, C. M. REINHART (2000). "Assessing Financial Vulnerability: An Early Warning System for Emerging Markets", Institute for International Economics, Washington DC

- GÓMEZ, E., A. MURCIA, N. ZAMUDIO (2011). "Financial Conditions Index: Early and Leading Indicator for Colombia?" Central Bank of Colombia, Financial Stability Report, March
- KOOP, G. and D. KOROBILIS (2010). "Bayesian Multivariate Time Series Methods for Empirical Macroeconomics, Foundations and Trends in Econometrics", 3 (4), now Publishers Inc., United States of America
- KOOP, G. and D. KOROBILIS (2013). "Large time-varying parameter VARs" *Journal of Econometrics*, 177 (2), pp. 185 - 198
- KOOP, G. and D. KOROBILIS (2014). "A new index of financial conditions" *European Economic Review*, 71, pp. 101 - 116
- KRUGMAN, P. (1979). "A Model of Balance-of-Payments Crises" *Journal of Money, Credit, and Banking*, 11 (3), pp. 311 - 325
- KRUGMAN, P., "Are Currency Crises Self-Fulfilling?" in BERNANKE, B. S. and J. J. ROTEMBERG (Eds.) (1996) *NBER Macroeconomics Annual 1996, Volume 11*, MIT Press, United States of America, pp. 345 - 407
- NIVÍN, R. y F. PÉREZ (2019). "Estimación de un índice de Condiciones Financieras para el Perú" Banco Central de Reserva del Perú, Documento de trabajo DT. N°. 2019, Mayo.
- OBSTFELD, M. (1994). "The Logic of Currency Crises" Banque de France, *Cahiers économiques et monétaires*, 43, pp. 189 - 213
- OBSTFELD, M. (1996). "Models of currency crises with self-fulfilling features" *European Economic Review*, 40 (3 - 5), pp. 1037 - 1047
- OSTRY, J. D., A. R. GHOSH, M. CHAMON (2012). "Two Targets, Two Instruments: Monetary and Exchange Rate Policies in Emerging Market Economies" International Monetary Fund, Staff Discussion Note SDN/12/01, February
- SALANT, S. W. and D. W. HENDERSON (1978). "Market Anticipations of Government Policies and the Price of Gold" *Journal of Political Economy*, 86 (4), pp. 627 - 648

Apéndices

Estimación de la varianza para variables seleccionadas⁶

Anexo 1		Anexo 2	
Volatilidad RIN		Volatilidad de la expectativa de la actividad	
Modelo	GARCH	Modelo	GARCH
Observaciones	252	Observaciones	175
Periodo	2000M01-2020M12	Periodo	2006M01-2020M12
Variable dependiente	D(LOG(RIN))	Variable dependiente	D(E GDP)
Constante	0,0112* (0,0062)	Constante	-0,0281 (-0,8229)
AR (1)	0,8579*** (0,0464)	AR (2)	-1,0106*** (0,0359)
MA(1)	-0,4421*** (0,1108)	MA(2)	1,10054*** (0,0105)
Ecuación de la Varianza		Ecuación de la Varianza	
Constante	5,54E-06 (9,42E-06)	AR (4)	-0,7983*** (0,0426)
ARCH(1)	0,1443*** (0,0639)	MA(4)	0,9484*** (0,0092)
GARCH(1)	0,8804*** (0,0602)	Constante	0,1126 (0,0107)
		ARCH(1)	0,1712*** (0,0653)

Anexo 3		Anexo 4		Anexo 5	
Volatilidad expectativas de la Inflación		Volatilidad Ventas netas de dólares		Volatilidad Expectativas del Tipo de Cambio	
Modelo	GARCH	Modelo	GARCH	Modelo	GARCH
Observaciones	175	Observaciones	175	Observaciones	175
Periodo	2006M01-2020M12	Periodo	2005M02-2020M12	Periodo	2006M06-2020M12
Variable dependiente	D(log(E IPC))	Variable dependiente	D(VTS NETAS)	Variable dependiente	D(E TC)
Constante	1,6330*** (0,1560)	Constante	0,9783 (1,0782)	Constante	0,0052*** (0,0007)
AR (1)	0,9486*** (0,0288)	MA(2)	-0,2681*** (0,0605)	AR (1)	0,5399*** (0,0262)
MA(2)	0,2423*** (0,0747)	MA(4)	-0,1897*** (0,0364)	AR(3)	0,1820*** (0,0210)
MA(20)	-0,2698*** (0,0824)	MA(12)	0,1642*** (0,0496)	AR(4)	0,0587*** (0,0153)
Ecuación de la Varianza		Ecuación de la Varianza		Ecuación de la Varianza	
Constante	0,0011* (0,0006)	Constante	170,55 (33,1743)	MA(1)	-0,5932*** (0,0193)
ARCH(1)	0,3079*** (0,1294)	ARCH(1)	1,3698*** (0,2574)	MA(12)	0,1457*** (0,0069)
GARCH(1)	0,6866*** (0,1060)	GARCH(1)	0,1313*** (0,0502)	Constante	-1,58E-07* (1,15E-06)
				ARCH(1)	2,4502*** (0,5614)
				GARCH(1)	0,0541*** (0,0205)

Fuente: Elaboración propia

6 Significancia estadística *, **, *** al 10%, 5%, 1% respectivamente. En paréntesis los errores estándar.