

# Estimación de un indicador de presiones sobre Reservas Internacionales en un contexto de tensiones geopolíticas mundiales: Un enfoque de Correlación Condicional Dinámica y Control Sintético \*

Valeria Jemio Hurtado

Laura Rubin de Celis

## RESUMEN

El presente trabajo tiene el propósito de construir un indicador de presiones sobre reservas internacionales para Bolivia a través de un modelo de Correlación Condicional Dinámica MULTI GARCH – DCC y de Control Sintético. Los resultados del primer modelo evidencian que la presencia de un contexto adverso externo, que repercute en los precios de las principales materias primas de exportación, tasas de interés internacional, y expectativas del mercado mundial, explican significativamente la volatilidad de las reservas internacionales y las presiones negativas persistentes sobre el flujo de divisas. Por su parte, los resultados del segundo modelo muestran que el saldo de reservas internacionales habría sido superior en casi USD1.000 millones, a abril de 2024, en caso de no haberse presentado un escenario internacional adverso de tensiones geopolíticas, desaceleración económica, y elevados niveles de inflación a nivel mundial, situación agudizada, en 2022, con el conflicto bélico entre Rusia y Ucrania.

**Clasificación JEL:** C13, C15, C32, E3, F14

**Palabras clave:** Estimación, métodos de simulación, modelos de series de tiempo, precios y fluctuaciones cíclicas, estudios empíricos de comercio internacional

---

\* El contenido del presente documento es de responsabilidad de las autoras y no compromete la opinión del Banco Central de Bolivia.

# Estimation of an indicator of pressures on International Reserves in a context of global geopolitical tensions: A Dynamic Conditional Correlation and Synthetic Control approach\*

Valeria Jemio Hurtado

Laura Rubin de Celis

## ABSTRACT

The purpose of this paper is to construct an indicator of pressures on international reserves for Bolivia through a MULTI GARCH – DCC Dynamic Conditional Correlation and Synthetic Control model. The results of the first model show that the presence of an adverse external context, which impacts the prices of the main export commodities, international interest rates, and world market expectations, significantly explains the volatility of international reserves and the persistent negative pressures on the flow of foreign currency. Likewise, the results of the second model show that the balance of international reserves would have been almost USD1.000 million higher as of April 2024 in the absence of an adverse international scenario of geopolitical tensions, economic slowdown, and high levels of inflation worldwide, a situation that worsened in 2022 with the war between Russia and Ukraine.

**JEL Classification:** C13, C15, C32, E3, F14

**Keywords:** *Estimation, simulation methods, time series models, prices and cyclical fluctuations, empirical studies of international trade*

---

\* Estimation, simulation methods, time series models, prices and cyclical fluctuations, empirical studies of international trade.

## I. Introducción

El presente trabajo tiene el propósito de construir un indicador de presiones sobre reservas internacionales, para el caso de Bolivia, considerando la volatilidad de variables exógenas, a través de la construcción de un modelo de Correlación Condicional Dinámica MULTI GARCH – DCC y de Control Sintético.

El primer modelo, basado en el aporte de Engle y Shepard (2002), es aplicado para capturar el grado de correlación dinámica existente entre las variables a través del tiempo, donde la significancia de los estimadores obtenidos del proceso implican una volatilidad correlacionada. En este sentido, se evalúa la significancia de variables exógenas provenientes, tanto del ámbito externo como interno, que estén relacionadas con fluctuaciones en la cuenta corriente y financiera y, por lo tanto, con los activos de reserva, en línea con el Sexto Manual de Balanza de Pagos del Fondo Monetario Internacional.

Los resultados del primer modelo evidencian que la presencia de un contexto adverso externo, que repercute en fluctuaciones en el precio de los combustibles, tasas de interés, y expectativas del mercado mundial, explican la volatilidad de las reservas internacionales. Asimismo, se muestra que los factores internos adversos también generan presiones negativas persistentes sobre el flujo de divisas, capturados a través del indicador de transporte, y precipitaciones del Instituto Nacional de Estadística (INE), y por medio de variables asociadas con el riesgo país.

El segundo modelo de control sintético o análisis contrafactual, permite comparar dos muestras y evaluarlas a través de un punto de quiebre en el tiempo, estableciendo un escenario observado y otro bajo el tratamiento o implementación de un determinado suceso en el tiempo, en línea con el trabajo de Abadie et al. (2010). Los resultados del mismo muestran que el saldo de reservas internacionales habría sido superior en casi USD1.000 millones a abril de 2024, en caso de no haberse presentado un escenario internacional adverso de tensiones geopolíticas, desaceleración económica, y elevados niveles de inflación que comenzaron en 2022 con el conflicto bélico entre Rusia y Ucrania.

El presente trabajo está organizado de la siguiente manera: la sección dos presenta una breve revisión de la literatura, tomando en cuenta los principales análisis empíricos relacionados con la construcción de indicadores; la tercera sección muestra los principales hechos estilizados de las variables de interés, mostrando, en particular, el cálculo de movimientos entre los flujos de cuenta corriente y financiera con variables exógenas, tanto del ámbito externo como interno; la cuarta sección describe las metodologías empleadas en el análisis; la quinta parte muestra los resultados de los dos modelos aplicados, la construcción del indicador de presiones sobre reservas internacionales y del método de control sintético; finalmente, la sexta sección muestra las conclusiones.

## II. Revisión de la literatura

Existen numerosos análisis que muestran las técnicas empleadas para el cálculo de indicadores sobre variables o eventos que repercuten sobre la economía. Su construcción, usualmente, está ligada al cálculo de una variable adelantada de alerta que capture las principales fluctuaciones exógenas que puedan llegar a tener un impacto en determinadas series macroeconómicas, para así explicar, sistemáticamente, potenciales fluctuaciones de las variables de interés.

El estudio de Aydin y Tunc (2023) analiza la capacidad predictiva de tres indicadores de reservas internacionales, haciendo énfasis en los determinantes de la deuda externa a corto plazo, de las importaciones, y de los depósitos en moneda extranjera. Los resultados muestran que cada indicador tiene el potencial de predecir presiones sobre las reservas internacionales, siendo las variables exógenas explicativas, elementos fundamentales para predecir y, posiblemente, prevenir un debilitamiento de los activos de reservas.

Por su parte, el Fondo Monetario Internacional (IMF, 2016), el Banco de la República - Colombia (2012), y Branisa (2018), entienden que la principal función de las reservas internacionales es proteger al país de *shocks* externos. Dichas perturbaciones provienen, ya sea de la cuenta corriente o de la cuenta financiera. Los autores mencionan que, en particular, los *shocks* sobre la cuenta corriente pueden ser explicados por fuertes reducciones en las exportaciones que, a su vez, dificulten el pago de las importaciones, mientras que los *shocks* en la cuenta financiera suelen estar asociados

a dificultades para acceder al financiamiento externo. Cada uno de los determinantes exógenos vinculados con estas variables, en general, son utilizados como indicadores para monitorear el futuro comportamiento de las reservas internacionales.

Por su parte, Fernández (2019) evalúa la capacidad de pronóstico del flujo de reservas internacionales de numerosos modelos econométricos para predecir la evolución de esta variable tomando en cuenta la presencia de variables exógenas relacionadas con los determinantes de la deuda externa y del flujo comercial de Argentina. Similarmente, Thabana (2022) identifica los determinantes de las reservas internacionales donde, además de variables relacionadas con el comercio y deuda, incluye la demanda de dinero en moneda extranjera considerando el régimen cambiario. Ambos trabajos concluyen que las variables exógenas analizadas son significativas en el pronóstico de reservas internacionales.

En relación a la construcción de indicadores de alerta temprana, resalta el trabajo de Holló et al. (2012) que estableció una alternativa de cálculo para el indicador compuesto de estrés sistémico creado a partir de diez variables que miden, de manera exógena, la exposición financiera al riesgo, considerando la metodología de correlaciones cruzadas dinámicas en el tiempo. Finalmente, en el caso de Bolivia, destaca el trabajo de Valdivia (2019) que construye un indicador compuesto de estrés sistémico tomando en cuenta las variables determinantes del ciclo crediticio.

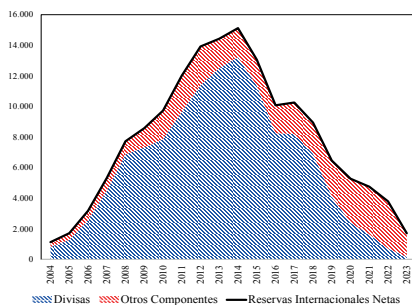
Sobre la metodología empleada en el análisis, se considera el trabajo de Abadie et al. (2010) que, a través de un modelo contrafactual, captura los efectos económicos de los conflictos causados en el país vasco, calculando la tasa de crecimiento hipotética si estos acontecimientos adversos no hubieran tenido lugar. Finalmente, la significancia de la volatilidad de las variables determinantes exógenas del modelo es calculada a partir del trabajo de Engle y Shepard (2001) que desarrollan propiedades teóricas y empíricas de una nueva clase de modelos GARCH multivariados de Correlación Condicional Dinámica (DCC) de series de tiempo.

### **III. Hechos estilizados**

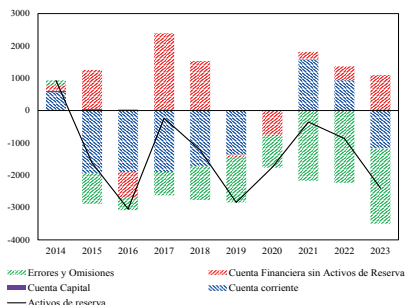
A partir de la gestión 2014, se evidencia una tendencia decreciente en el saldo de Reservas Internacionales Netas (RIN), liderada por una

disminución de las divisas. No obstante, esta disminución es explicada, fundamentalmente, por los continuos déficits en cuenta corriente observados entre las gestiones 2015 y 2019, debido al desempeño de la balanza comercial que implicó, a su vez, un incremento en el uso de divisas de RIN para cubrir las importaciones, generando presiones negativas sobre esta variable (Gráficos 1 y 2).

**Gráfico 1: SALDO DE RIN OBSERVADO**  
(En millones de dólares)



**Gráfico 2: DETERMINANTES DEL FLUJO DE ACTIVOS DE RESERVA**  
(En millones de dólares)



Fuente: Elaboración propia con datos del Banco Central de Bolivia

A su vez, a partir de la gestión 2021, se observa una preponderancia de los errores y omisiones como determinante de la caída de las RIN. Este comportamiento, según el Fondo Monetario Internacional, implica la presencia de transacciones no registradas relacionadas de ingreso o salida, generalmente asociadas al contrabando de mercancías, en línea con Schneider y Buehn (2016), por lo que podría interpretarse como un déficit comercial no registrado (sub registro de importaciones) que, a su vez, implica presiones negativas sobre las reservas internacionales. Sin embargo, en la gestión 2023, el déficit de cuenta corriente vuelve a explicar, en parte, la disminución de activos de reserva (Gráficos 1 y 2).

De esta manera, para poder comprender los determinantes del flujo de reservas internacionales, es necesario identificar aquellas variables exógenas que influyen sobre su comportamiento y fluctuaciones, con el objetivo de construir un indicador que permita identificar anticipadamente las presiones tanto externas como internas que dependen de eventos aleatorios o exógenos.

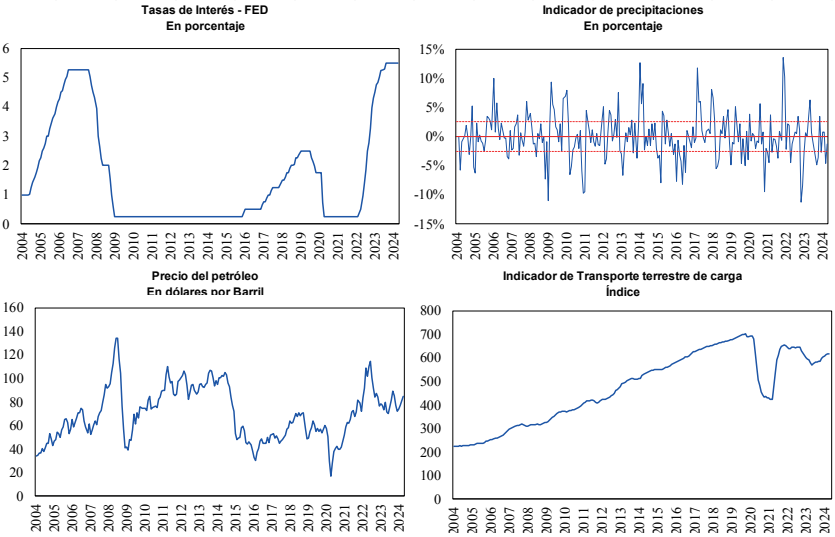
Tabla 1: COMOVIMIENTOS DE VARIABLES EXÓGENAS CON COMPONENTES DE LA CUENTA CORRIENTE

Variable Exógena	Disponibilidad de la serie	Cuenta analizada	Comovimiento	Variable Exógena	Disponibilidad de la serie	Condición	Cuenta analizada	Comovimiento
IPPBX sin Combustibles	Diaria	Exportaciones	Pro Cíclico	Precio WTI	Diaria	Balanza Hidrocarburi­fera Positiva 2000-2021	Balanza Hidrocarburi­fera	Pro­cíclico
PIB Externo Relevante	Trimestral	Exportaciones	Pro Cíclico	Precio WTI		Balanza Hidrocarburi­fera Negativa 2022-2023	Balanza Hidrocarburi­fera	Con­tracíclico
Términos de Intercambio	Trimestral	Balanza Comercial	Pro Cíclico	Índice de Precipitaciones	Mensual	Por encima de la media con dos desviaciones estándar ie Presencia de Inundaciones	Exportaciones	Con­tracíclico
Tasas de Interés	Diaria	Ingreso Primario	Contra Cíclico	Índice de Precipitaciones		Por debajo de la media con dos desviaciones estándar ie Presencia de Sequías	Exportaciones	Pro­cíclico
Inflación	Mensual	Todas	Acíclico					
Índice de Transporte de Carga	Mensual	Exportaciones	Pro Cíclico					

Fuente: Elaboración propia con datos de Bloomberg, INE y BCB

Siguiendo el estilo de Meza y León (2018), se evalúa el co-movimiento de variables exógenas con los principales componentes de la cuenta corriente y de la cuenta financiera, identificando que:

Gráfico 3: VARIABLES EXÓGENAS ASOCIADAS A LA CUENTA CORRIENTE



Fuente: Elaboración propia con datos de Bloomberg

**Las exportaciones de la cuenta corriente** se encuentran asociadas (Tabla 1 y Gráfico 3):

- **De manera procíclica** a i) fluctuaciones en los precios de materias primas; ii) el Índice de Transporte de Carga calculado por el INE, dado que un descenso inusitado del mismo, ocasionado por conflictos sociales, que repercuten en paros de transporte, se traduce en un deterioro de las transacciones comerciales; y iii) las fluctuaciones del PIB externo relevante, al igual que los términos de intercambio, situación ampliamente respaldada por la literatura económica.

**El ingreso primario de la cuenta corriente** se encuentra asociado (Tabla 1 y Gráfico 3):

- **De manera contracíclica** a las tasas de interés internacionales, ya que incrementos en las mismas representan aumentos en el pago del servicio de la deuda externa, desencadenando presiones negativas sobre el ingreso primario de la cuenta corriente.

Adicionalmente, existen dos variables exógenas asociadas a las fluctuaciones de la cuenta corriente, cuyo co-movimiento depende de ciertas condiciones económicas detalladas a continuación: i) el precio del petróleo presenta un co-movimiento procíclico con la cuenta corriente cuando existe una balanza comercial hidrocarburífera superavitaria, mientras que existe un co-movimiento contracíclico en los periodos de déficit de esta variable; y ii) el índice de precipitaciones del INE, ya que un excesivo nivel de lluvias genera inundaciones y pérdidas en la producción y potencial exportación agrícola, mientras que reducidos niveles de lluvia, traducidos en sequía, también implican pérdidas para el sector y el desempeño de las exportaciones.



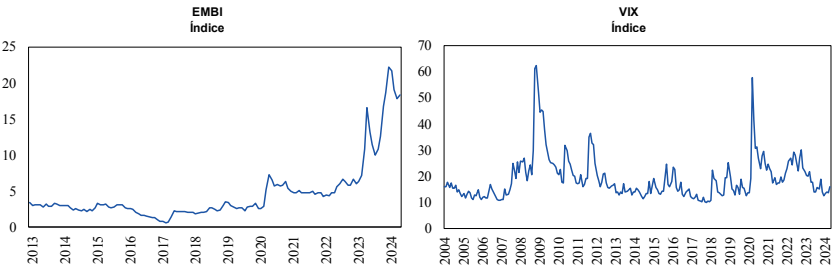
Tabla 2: CO-MOVIMIENTOS DE VARIABLES EXÓGENAS CON COMPONENTES DE LA CUENTA FINANCIERA

Variable Exógena	Disponibilidad de la serie	Cuenta analizada	Comovimiento
EMBI	Diaria	Pasivos de ID	Contra Cíclico
PIB Externo Relevante	Trimestral	Todas	Acíclico
Actividad Económica Nacional	Trimestral	Todas	Acíclico
VIX	Diaria	Pasivos de ID	Contra Cíclico
Inflación	Mensual	Todas	Acíclico

Fuente: Elaboración propia con datos de Bloomberg y Banco Central de Bolivia

La **cuenta financiera** se encuentra asociada a las siguientes variables: i) riesgo país, cuantificado por el EMBI (*Emerging Market Bond Index* por sus siglas en inglés)<sup>1</sup>, que presenta co-movimientos contracíclicos ya que incrementos en el mismo generan menores flujos de inversión directa y de cartera hacia la economía; y ii) el Índice de Volatilidad (VIX), debido a que incrementos en esta variable capturan el miedo de los inversionistas a nivel global, generando una reducción en los flujos de inversión dirigidos hacia el país (Tabla 2 y Gráfico 4).

Gráfico 4: VARIABLES EXÓGENAS ASOCIADAS A LA CUENTA FINANCIERA



Fuente: Elaboración propia con datos de Bloomberg

Finalmente, debido a la frecuencia de publicación de las variables analizadas en el presente trabajo, se utilizarán aquellas de disponibilidad inmediata de al menos cada mes para la construcción del indicador de

1 Es la diferencia de la tasa de interés pagada por bonos denominados en dólares de países subdesarrollados y la tasa de los bonos del Tesoro de Estados Unidos.

presiones sobre reservas internacionales, dado que la construcción del mismo tiene el propósito de constituirse una variable de alerta temprana sobre las posibles perturbaciones exógenas que tengan incidencia sobre las fluctuaciones de reservas internacionales.

#### IV. Metodología

##### **a. Modelo GARCH Multivariado – DCC (Correlación Dinámica Condicional)**

Los modelos GARCH Multivariados – DCC (Dynamic Conditional Correlation por sus siglas en inglés) son aplicados para capturar el grado de correlación dinámica existente en la volatilidad de las series de tiempo analizadas. Son propuestos por Engle y Shepard (2001) y se expresan de la siguiente manera:

$$H_t = D_t R_t D_t$$

donde  $H_t$  denota el estimador matricial de la correlación condicional entre variables;  $D_t$  es la desviación estándar condicional representada por una matriz diagonal  $k \times k$  generada a partir de la estimación de un proceso GARCH para cada variable; mientras que  $R_t$  es la correlación dinámica condicional existente.

A su vez, el estimador de máxima verosimilitud es dado de la siguiente manera, de acuerdo a los autores mencionados:

$$L = -\frac{1}{2} \sum_{t=1}^T (k \log(2\pi) + 2 \log|D_t| + \log(|R_t|) + \epsilon_t' R_t^{-1} \epsilon_t)$$

donde  $\epsilon_t \sim N(0, R_t)$  representa los residuos estandarizados de la desviación condicional. En este sentido, es posible computar dos tipos de estimadores:

$$\alpha DCC \text{ y } \beta DCC$$

La significancia de los mismos implica que los componentes del proceso GARCH Multivariado – DCC son dinámicos, donde  $\alpha DCC$  mide la volatilidad correlacionada de corto plazo, relacionada con los residuos estandarizados

del modelo, mientras que  $\beta DCC$  mide la persistencia de las correlaciones condicionales entre variables en el largo plazo. Finalmente, siguiendo los trabajos de Aydin y Tunc (2023), Holló et al. (2012) y Plasil et al. (2015) se identificaron las siguientes variables exógenas para el planteamiento del indicador: precio WTI del petróleo de Bloomberg, Índice de Productos Básicos de Exportación IPPBX sin combustibles de Bloomberg, Índice VIX (Volatility Index) de Bloomberg, Índice de precipitaciones del INE, tasa de interés referencial de la Reserva Federal (FED), Emerging Markets Bond Index (EMBI) de JP Morgan, y el índice de transporte de carga del INE.

En el ejercicio propuesto, cada una de las series de tiempo en cuestión sería evaluada para comprobar la significancia estadística de correlación condicional respecto a las fluctuaciones del flujo de divisas de las reservas internacionales.

Cada una de las variables es transformada para ser estacionaria, además de ser desestacionalizada. En este sentido, la construcción del indicador de presiones sobre reservas internacionales  $IRIN_{it}$ , donde  $i = [WTI, IPPBX_S, VIX, FED, EMBI, Prec, Carga]$  y  $t = [2006Q1 - 2024Q1]$ , es expresado como:

$$IRIN_{it} = S_{Presiones\ Externas,t} + S_{Presiones\ Internas,t}$$

donde  $S_{Presiones\ Externas,t}$ , y  $S_{Presiones\ Internas,t}$  representan la varianza condicional significativa de cada una de las series de tiempo. Adicionalmente,

$$S_{Presiones\ Externas,t} = k_{WTI}S_{WTI,t} + k_{IPPBX_S}S_{IPPBX_S,t} + k_{VIX}S_{VIX,t} + k_{FED}S_{FED,t} + k_{EMBI}S_{EMBI,t}$$

$$S_{Presiones\ Internas,t} = k_{Prec}S_{Prec,t} + k_{Carga}S_{Carga,t}$$

donde  $k$  representa un ponderador estimado a partir del proceso propuesto.

## **b. Modelo Contrafactual – Control Sintético**

En línea con Pomeranz (2011) y Rogers (2012), estimar un escenario contrafactual es fundamental para cuantificar adecuadamente el impacto de un determinado evento en el tiempo, ya que este proceso permite demostrar un efecto causal y medir el impacto de una acción específica

sobre la variable en cuestión. Sin embargo, dado que el contrafactual no existe, ya que es lo que hubiera pasado en un escenario no observado, debe buscarse el método más adecuado para llegar a aproximar una medida que permita evaluar e investigar los cambios que provoca una intervención.

En este sentido, el modelo contrafactual permite comparar dos muestras y evaluarlas a través de un punto de quiebre en el tiempo, estableciendo un escenario observado y otro bajo el tratamiento de un determinado suceso en el tiempo. Uno de los principales exponentes de esta metodología es Abadie et al. (2010) que explican el sustento teórico de este tipo de modelos aplicado a determinados casos relacionados con la simulación de escenarios.

En este sentido, en el modelo empleado en el presente documento se observa un número de regiones  $J + 1$ . Sin pérdida de generalidad, se supone también que sólo una región está expuesta a una determinada política o tratamiento ("Variable Tratada"), de modo que se tienen  $J$  regiones restantes como controles potenciales ("Variable de Control"). Un paso importante de esta metodología se centra en encontrar el punto de quiebre que defina la implementación de una determinada política o suceso. Definiendo  $t_0$  como el primer período en el que el resultado reaccione a la intervención. También se asume que los resultados de las unidades no tratadas no se ven afectados por la intervención implementada en las tratadas, emergiendo la siguiente relación:

$$\alpha_{it}D_{it} = Y_{it} - Y_{it}^N$$

donde  $\alpha_{it}$  es el efecto de la intervención para la muestra  $i$  en un tiempo  $t$ ;  $Y_{it}$  es la variable observada;  $Y_{it}^N$  es la variable afectada por la política; y  $D_{it}$  es una variable dummy que toma el valor de 1 si la unidad  $i$  es expuesta a una intervención en tiempo  $t$ , de tal manera que:

$$D_{it} = \begin{cases} 1 & \text{si } t > T_0 \\ 0 & \text{si } t < T_0 \end{cases}$$

donde  $T_0$  representa el tiempo de corte definido, a partir del cual se hace el análisis del suceso, para luego estimar los siguientes parámetros ( $\alpha_{iT_0+1}$ ;  $\alpha_{iT_0+2}$ ; ... ..  $\alpha_{iT}$ ) en el caso de  $t > T_0$ . Finalmente, se considera un vector de pesos ( $J \times 1$ )  $W$ :

$$W = (w_2, \dots, w_{J+1})$$

de tal forma que se cumpla:  $w_j > 0$ , y  $w_2 + \dots + w_{J+1} = 1$ , considerando que  $j = 2, \dots, J + 1$ . Asimismo, cada valor particular del vector  $W$  representa un potencial control sintético para cada punto a observarse de la muestra. Finalmente, se escribe la ecuación contrafactual de la siguiente manera:

$$\hat{\alpha}_{it} = Y_{it} - \sum_{j=2}^{J+1} w_j Y_{it}^N$$

y la variable de control sintético " $w_j$ ", es estimada para computar el efecto de la intervención en un periodo determinado de tiempo.

## V. Resultados

### a. Resultados del modelo GARCH multivariado – DCC (Correlación Dinámica Condicional)

En línea con la descripción de variables y metodología descritas en la sección anterior, la construcción del indicador de presiones sobre las reservas internacionales  $IRIN_{it}$ , basado en los resultados del modelo GARCH multivariado, donde  $i = [WTI, IPPBX_s, VIX, FED, EMBI, Prec, Carga]$  y  $t = [2006Q1 - 2024Q1]$ , es posible observar las correlaciones condicionales entre variables, verificando la persistencia significativa del proceso en el tiempo:

**Tabla 3: RESULTADOS DEL MODELO GARCH  
MULTIVARIADO – DCC - PRESIONES EXÓGENAS  
(En variación porcentual)**

Dependent Variable: Divisas					
	M-GARCH DCC	Coef DCC alpha	Pr(> t )	Coef DCC beta	Pr(> t )
Presiones Externas	WTI	0,017557	0,06593	0,941262	0,03158***
	IPPBX sin Combustibles	0,058364	0,65478	0,478596	0,04867***
	VIX	0,098453	0,05964	0,78953	0,00984***
	FED	0,069426	0,33519	0,836884	0,01548***
Presiones Internas	EMBI	0,056469	0,75661	0,357496	0,00785***
	Precipitaciones/Sequía	0,245687	0,89542	0,254933	0,02415***
	Bloqueos de Transporte	0,954755	0,91575	0,014853	0,04957***

En sombra azul se encuentra el valor  $Pr(>|t|)$

Signif. codes: 0 \*\*\* 0.001 \*\* 0.01 \*

Fuente: Elaboración propia con datos de *Bloomberg*, INE y BCB

Los resultados demuestran que las variables seleccionadas determinan de manera significativa las fluctuaciones de las divisas de las reservas internacionales (Tabla 3), componente esencial que refleja el dinamismo de las transacciones que realiza el país con el resto del mundo, es decir:

**b. Variables exógenas determinantes de presiones externas:**

- i. Las variaciones del **precio del petróleo** representan un componente clave en las transacciones internacionales del país con el resto del mundo, al ser Bolivia una economía exportadora de hidrocarburos e importadora de combustibles, observando una correlación dinámica significativa y persistente entre las fluctuaciones de las divisas de reservas internacionales y el vaivén de los precios internacionales del petróleo.
- ii. Las exportaciones de otros productos relacionados con los rubros de la minería y agricultura (**IPPBX sin hidrocarburos**) también constituyen una fuente importante de divisas que, a su vez, dependen de los precios internacionales. Es por esta razón, que cambios bruscos en los mismos tienen un impacto significativo en las fluctuaciones del flujo de divisas de la economía.

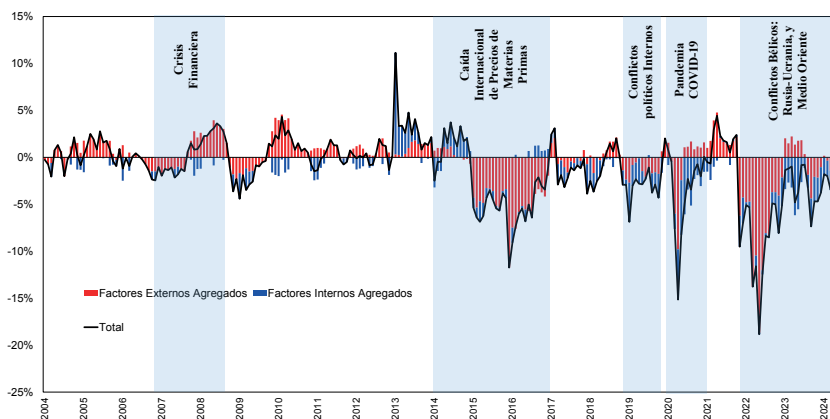
- iii. El **Índice de Volatilidad VIX** cuantifica las expectativas del mercado internacional y es un determinante significativo de la volatilidad de las divisas de las reservas internacionales ya que logra cuantificar el grado de confianza existente en el mercado internacional, siendo un determinante de la demanda externa.
- iv. Las **tasas de interés** internacionales como la LIBOR y la SOFR, que dependen, en gran medida, de las variaciones de tasa referencial de política monetaria de la FED, determinando, así, el costo de endeudamiento externo a nivel internacional, que implica de manera directa un uso de divisas de las reservas internacionales.

**c. Variables exógenas determinantes de presiones internas:**

- i. El EMBI, es el principal indicador de riesgo país, y según Mántey y Rosas (2013) sus fluctuaciones capturan el sentimiento del mercado del país en cuestión y las expectativas de los agentes económicos que, a su vez, juegan un rol importante en la demanda interna de divisas por motivos precautorios.
- ii. Los niveles de precipitaciones excesivas y de sequía tienen un impacto directo en la producción agrícola que, a su vez, repercute en las exportaciones que determinan los ingresos de divisas y sus fluctuaciones a lo largo del tiempo.

En este sentido, dados los métodos que explican las presiones de reservas internacionales que toman en cuenta la volatilidad y persistencia de sus determinantes exógenos, el indicador propuesto se presenta a continuación en los Gráficos 5 y 6:

**Gráfico 5: INDICADOR DE PRESIONES SOBRE RESERVAS INTERNACIONALES (En porcentaje)**



Fuente: Elaboración propia con datos de Bloomberg, INE y BCB

El indicador muestra el comportamiento histórico de las presiones sobre las reservas internacionales a lo largo del tiempo, identificando, fundamentalmente, cinco periodos críticos que son mostrados en áreas sombreadas (Gráfico 5):

- i. La crisis financiera internacional en la gestión 2008, caracterizada inicialmente por un periodo de incertidumbre a nivel global que afectó en un primer momento, de manera negativa, a las reservas internacionales. Sin embargo, posteriormente, se observa una recuperación del escenario adverso, debido al incremento en los precios de materias primas, en especial del WTI, que alentó los ingresos por exportaciones, desembocando en mayores flujos de divisas. Según la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico<sup>2</sup> (OECD por sus siglas en inglés), el repentino incremento en los precios de las materias primas se dio en un contexto de desconfianza en los accionistas a nivel mundial, tornando sus inversiones a materias primas en lugar de acciones y bonos dada la crisis internacional.

2 <https://www.bancomundial.org/es/news/feature/2008/03/10/volatile-oil-prices-subject-of-forum>.

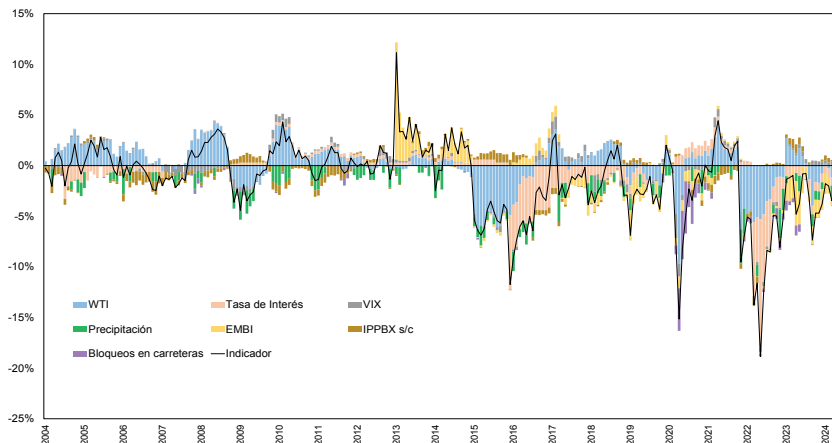


- ii. La caída internacional de precios observada entre las gestiones 2014 y 2017, dio paso a fuertes presiones sobre las reservas internacionales debido al menor flujo de ingresos recibidos. De acuerdo al Banco Mundial<sup>3</sup>, el deterioro de los precios en este periodo fue uno de los más agudos desde la Segunda Guerra Mundial, impulsado principalmente por factores de oferta, explicada por el auge de la producción de petróleo de Estados Unidos y los cambios en la Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEP).
- iii. Los conflictos políticos internos acontecidos en la gestión 2019, ocasionaron incertidumbre en los inversionistas internacionales sobre el panorama económico de Bolivia, mostrando, principalmente, un debilitamiento del EMBI en el periodo señalado, ocasionando presiones en el uso de divisas de las reservas internacionales por motivos precautorios según la teoría.
- iv. La pandemia del COVID-19 que provocó un debilitamiento de la actividad económica mundial e interna, explicada por los periodos de confinamiento que significaron una reducción abrupta de las exportaciones generadoras de divisas. No obstante, este periodo fue afectado positivamente por la reducción en los precios de las importaciones de combustibles, y de las tasas de interés a nivel internacional, disminuyendo el costo de endeudamiento.
- v. Finalmente, las tensiones geopolíticas desde la gestión 2022, a raíz del conflicto bélico entre Rusia y Ucrania, y, posteriormente, los conflictos en Medio Oriente, desencadenaron fuertes presiones en los precios de los combustibles a nivel mundial, afectando de manera negativa sobre el saldo de divisas de las reservas internacionales. Adicionalmente, los elevados niveles de inflación provocados, en este contexto, generaron que, principalmente, las economías avanzadas procedan a incrementar sus tasas de interés de política monetaria, generando un mayor costo de endeudamiento a nivel mundial. Este último factor implicó un encarecimiento en el costo del servicio de la deuda externa de Bolivia con prestamistas bilaterales y multilaterales.

3 <https://blogs.worldbank.org/es/voices/en-ocho-graficos-las-causas-de-la-caida-del-precio-del-petroleo-en-2014-16>.

De esta manera, se observa en el Gráfico 6, la contribución heterogénea de las variables exógenas en la construcción del indicador de presiones sobre reservas internacionales.

**Gráfico 6: DESCOMPOSICIÓN DEL INDICADOR DE PRESIONES SOBRE RESERVAS INTERNACIONALES (En porcentaje)**

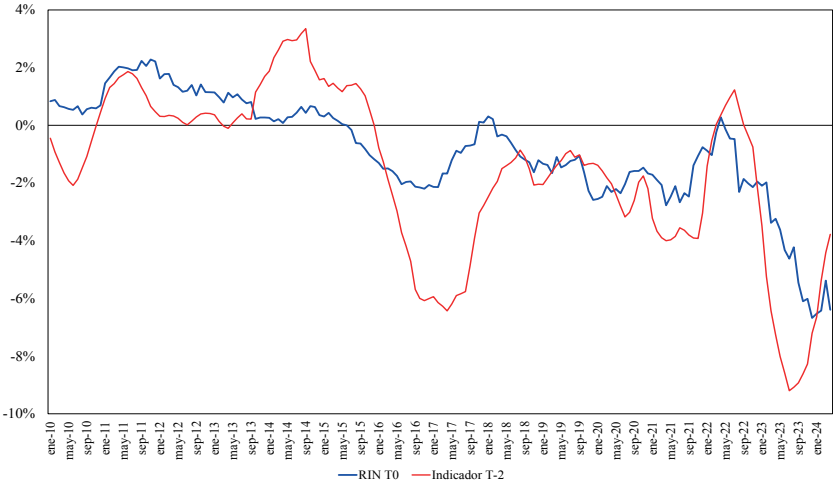


Fuente: Elaboración propia con datos de Bloomberg, INE y BCB

Finalmente, siguiendo el documento de Plašil et al. (2015) y Valdivia (2019), una manera adecuada de evaluar el desempeño del indicador es compararlo con el flujo de las reservas internacionales. El siguiente gráfico muestra el co-movimiento entre ambas variables transformadas, permitiendo comprobar la consistencia histórica y observando una sincronía a través del tiempo. De esta manera, puede observarse que el indicador constituye una variable adelantada de presiones sobre las reservas internacionales, ya que el mismo es capaz de predecir los momentos de mayor variabilidad en el tiempo hasta con dos trimestres de adelanto.

Asimismo, la correlación persistente de la volatilidad de las variables, verificada a través del modelo, permite dar certeza de una concordancia significativa entre las variables en cuestión (Gráfico 7).

**Gráfico 7: VARIACIÓN DE LA MEDIA MÓVIL A 12 MESES DE FLUCTUACIONES DE RIN Y DEL INDICADOR DE PRESIONES CALCULADO (En porcentaje)**



Fuente: Elaboración propia con datos de Bloomberg, INE y BCB

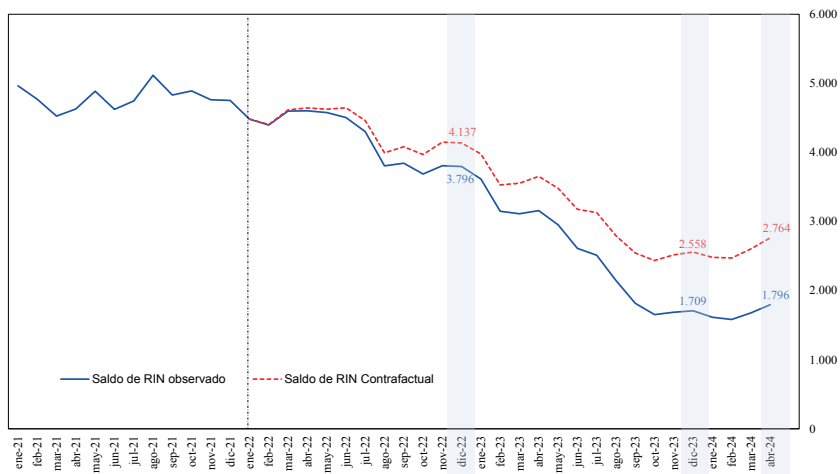
**d. Resultados del Modelo Contra Factual – Control Sintético**

El modelo contrafactual toma en cuenta, particularmente, dos variables exógenas determinantes en el proceso de análisis a partir de la gestión 2022, periodo caracterizado por tensiones geopolíticas a nivel global, que causaron fuertes presiones sobre las reservas internacionales. Estas variables son: precio internacional del WTI y tasas de interés.

El modelo contrafactual permite comparar dos muestras y evaluarlas a través de un punto de quiebre en el tiempo, estableciendo un escenario observado y otro bajo el tratamiento o implementación de un suceso en el tiempo. Los resultados del ejercicio muestran que, si las tensiones geopolíticas caracterizadas por incrementos en los precios de los combustibles y tasas de interés no hubieran acontecido, el saldo de reservas internacionales habría alcanzado a USD2.764 millones a finales de 2024, monto superior en USD968 millones respecto al saldo observado de USD1.796 millones. Esto demuestra que el efecto de las presiones externas, caracterizadas por las tensiones geopolíticas,

representó un papel crucial en el debilitamiento de las reservas internacionales del país (Gráfico 8).

**Gráfico 8: SALDO DE RIN OBSERVADO Y CONTRAFACtual**  
(En millones de dólares)



Fuente: Elaboración propia con datos de Bloomberg, INE y BCB

## VI. Conclusiones

En el presente trabajo, se construyó un indicador de presiones sobre reservas internacionales, para el caso de Bolivia, considerando la volatilidad de variables exógenas a través de la construcción de un modelo de Correlación Condicional Dinámica MULTI GARCH – DCC y de Control Sintético.

Para alcanzar este objetivo, se consideró el modelo basado en el aporte de Engle y Shepard (2001), que captura el grado de correlación dinámica existente entre las variables a través del tiempo, donde la significancia de los estimadores obtenidos del proceso implican una volatilidad correlacionada. En este sentido, se evalúa la significancia de variables exógenas provenientes tanto del ámbito externo como interno, que estén relacionadas con fluctuaciones en la cuenta corriente y financiera, para evaluar el efecto sobre los activos de reserva, en línea con el Sexto Manual de Balanza de Pagos del Fondo Monetario Internacional.

De esta manera, las variables exógenas externas tomadas en cuenta en el análisis fueron las siguientes i) precios de materias primas, haciendo especial énfasis en la cotización internacional del petróleo; ii) tasas de interés internacional, representadas a través de la tasa referencial de política monetaria de la Reserva Federal (FED), cuyo comportamiento se ve reflejado en la tasa LIBOR y SOFR, entre otras; iii) el índice de Volatilidad VIX, que en términos generales representa el sentimiento de inversión y grado de confianza en el mercado mundial; iv) el PIB externo relevante, que captura la situación económica de los principales socios comerciales; y v) los términos de intercambio.

Por su parte, las variables exógenas internas consideradas en el modelo, evidencian periodos de inundaciones, sequías, o bloqueos inusitados en el transporte, que afectan de manera directa sobre el flujo comercial. Además, se toman en cuenta las fluctuaciones de las expectativas internas, como potencial determinante de la demanda de divisas en la economía.

Los resultados del primer modelo evidencian que la presencia de un contexto adverso externo, que repercute en fluctuaciones en el precio de los combustibles, tasas de interés, y expectativas del mercado mundial (VIX) son significativas, explicando la volatilidad de las reservas internacionales. Asimismo, se muestra, que los factores internos adversos también generan presiones negativas persistentes sobre el flujo de divisas, capturados a través del indicador de transporte, y precipitaciones del Instituto Nacional de Estadística, y por medio de variables que capturan el riesgo país.

El segundo modelo de control sintético o análisis contrafactual permite comparar dos muestras y evaluarlas a través de un punto de quiebre en el tiempo, estableciendo un escenario observado y otro bajo el tratamiento o implementación de un determinado suceso en el tiempo, en línea con el trabajo de Abadie et al. (2010). Los resultados del mismo muestran que el saldo de reservas internacionales habría sido superior en casi USD1.000 millones a abril de 2024, en caso de no haberse presentado un escenario internacional adverso de tensiones geopolíticas, desaceleración económica y elevados niveles de inflación que comenzaron en 2022 con el conflicto bélico entre Rusia y Ucrania.

## Referencias bibliográficas

ABADIE, Alberto, DIAMOND, Alexis and HAINMUELLER, Jens, 2010. Synthetic Control Methods for Comparative Case Studies: Estimating the Effect of California's Tobacco Control Program. *Journal of the American Statistical Association*, 105 (490), pp. 493 - 505. ISSN en línea: 1537-274X. Disponible en: <https://doi.org/10.1198/jasa.2009.ap08746>

ABADIE, Alberto, DIAMOND, Alexis and HAINMUELLER, Jens, 2014. Comparative Politics and the Synthetic Control Method. *American Journal of Political Science*, 59 (2), pp. 495 - 510. ISSN en línea: 1540-5907. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/ajps.12116>

ABADIE, Alberto and GARDEAZABAL, Javier, 2003. The Economic Costs of Conflict: A Case Study of the Basque Country. *American Economic Review*, 93 (1), pp. 113 - 132. ISSN en línea: 1944-7981. Disponible en: <https://doi.org/10.1257/000282803321455188>

AYDIN, Suat and TUNÇ, Cengiz, 2023. What is the most prominent reserve indicator that forewarns currency crises? *Economics Letters*, 231, pp. 1 -4. ISSN en línea: 1873-7374. Disponible en: <https://publicaciones.banrepcultural.org/index.php/emisor/article/view/7867/8247>

BANCO CENTRAL DE BOLIVIA - BCB. Estadísticas de Balanza de Pagos y Posición de Inversión Internacional, y Reservas Internacionales. Disponible en: [https://www.bcb.gob.bo/?q=pub\\_boletin-sector-externo](https://www.bcb.gob.bo/?q=pub_boletin-sector-externo)

BANCO DE LA REPÚBLICA – COLOMBIA, 2012. Nivel óptimo y adecuado de reservas internacionales. Investigación e Información Económica, Reportes del Emisor Núm. 158, julio. Disponible en: <https://publicaciones.banrepcultural.org/index.php/emisor/article/view/7867/8247>

BEN SALEM, Leila, ZAYATI, Montassar, NOUIRA, Ridha and RAULT Christophe, 2024. Volatility spillover between oil prices and main Exchange rates: Evidence from a DCC-GARCH- connectedness approach. *Resources Policy*, 91. ISSN en línea: 1873-7641. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2024.104880>

BRANISA, Boris, 2018. ¿Parece adecuado el nivel de reservas internacionales de Bolivia? Sí por el momento. En: *Desarrollo sobre la mesa* [en línea]. Disponible en: <https://inesad.edu.bo/dslm/2018/11/parece-adecuado-el-nivel-de-reservas-internacionales-de-bolivia-si-por-el-momento/>

ENGLE, Robert and SHEPPARD, Kevin, 2001. Theoretical and Empirical properties of Dynamic Conditional Correlation Multivariate Garch. National Bureau of Economic Research, Working Paper 8554, October. Disponible en: [https://www.nber.org/system/files/working\\_papers/w8554/w8554.pdf](https://www.nber.org/system/files/working_papers/w8554/w8554.pdf)

EVANGELINA, Santilli, 2022. Los determinantes de las reservas internacionales en Argentina en las últimas tres décadas. Asociación Argentina de Economía Política, Working Paper 4597, agosto. Disponible en: <https://aaep.org.ar/works/works2022/4597.pdf>

FERNÁNDEZ, Nicolás, 2019. Reservas, deuda externa y precio de commodities: Pronósticos para el caso argentino. Universidad de San Andrés, tesis para obtener el grado de máster en Economía, febrero. Disponible en: <https://dspaceapi.live.udesa.edu.ar/server/api/core/bitstreams/7a0d3230-a4ef-44bd-b9ba-9911258a96df/content>

HOLLÓ, Dániel, KREMER, Manfred and LO DUCA, Marco, 2012. CISS - A Composite Indicator of Systemic Stress in the Financial System. European Central Bank, Working Paper Series No 1426, March. Disponible en: <https://www.ecb.europa.eu/pub/pdf/scpwps/ecbwp1426.pdf>

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA, Bolivia. Índice de volumen de transporte carretero por tipo de servicio. Disponible en: <https://www.ine.gob.bo/index.php/estadisticas-economicas/transportes/transporte-cuadros-estadisticos/>

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA, Bolivia. Índice de volumen de transporte carretero por tipo de servicio. Disponible en: <https://www.ine.gob.bo/index.php/estadisticas-economicas/transportes/transporte-cuadros-estadisticos/>

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA, Bolivia. Precipitación acumulada por ciudad. Disponible en: <https://www.ine.gob.bo/index.php/medio-ambiente/clima-y-atmosfera/>

INTERNATIONAL MONETARY FUND, 2016. Guidance Note on the Assessment of Reserve Adequacy and Related Considerations. Policy Paper, June. Disponible en: <https://www.imf.org/en/Publications/Policy-Papers/Issues/2016/12/31/Guidance-Note-on-the-Assessment-of-Reserve-Adequacy-and-Related-Considerations-PP5046>

INTERNATIONAL MONETARY FUND, 2009. *Balance of Payments and International Investment Position Manual (BPM6)*. 6th edition. Washington D.C.: International Monetary Fund. ISBN 978-1-58906-812-4. Disponible en: <https://www.imf.org/external/pubs/ft/bop/2007/pdf/bpm6.pdf>

MÁNTEY, Guadalupe y ROSAS, Eduardo, 2013. EMBI spreads: Sentimiento del mercado y fundamentos económicos. *Investigación Económica*, 73 (290), pp. 25 – 50. ISSN en línea: 2594-2360. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/S0185-1667\(15\)30007-2](https://doi.org/10.1016/S0185-1667(15)30007-2)

MEZA, Marie y LEÓN, Jorge, 2018. Determinantes de la cuenta financiera de la balanza de pagos. En: XII Foro de Investigadores de Bancos Centrales de Centroamérica. Tegucigalpa, Honduras: Banco Central de Costa Rica. Disponible en: [https://www.bccr.fi.cr/investigaciones-economicas/DocJornadasInvestigacionEconomica/2018-JIE-08-Determinantes\\_cuenta\\_financiera\\_BP.pdf](https://www.bccr.fi.cr/investigaciones-economicas/DocJornadasInvestigacionEconomica/2018-JIE-08-Determinantes_cuenta_financiera_BP.pdf)

NAYSARY, Bababk and SHRESTHA, Keshab, 2024. Financial technology and ESG market: A wavelet-DCC GARCH approach. *Research in International Business and Finance*, 71. ISSN en línea: 1878-3384. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ribaf.2024.102466>

PLAŠIL, Miroslav., KONEČNÝ, Tomáš, SEIDLER, Jakub and HLAVÁČ, Petr, 2015. In the Quest of Measuring the Financial Cycle. Czech National Bank, Working Paper Series 5, July. Disponible en: [https://www.cnb.cz/export/sites/cnb/en/economic-research/.galleries/research\\_publications/cnb\\_wp/cnbwp\\_2015\\_05.pdf](https://www.cnb.cz/export/sites/cnb/en/economic-research/.galleries/research_publications/cnb_wp/cnbwp_2015_05.pdf)

POMERANZ, Dina, 2011. Métodos de evaluación. Harvard Business School. Disponible en: [https://www.hbs.edu/ris/Supplemental%20Files/Metodos-de-Evaluacion-de-Impacto\\_50067.pdf](https://www.hbs.edu/ris/Supplemental%20Files/Metodos-de-Evaluacion-de-Impacto_50067.pdf)

ROGERS, Patricia, 2012. Introducción a la evaluación de impacto.



InterAction and The Rockefeller Foundation. Notas sobre la evaluación de impacto N.º 1, marzo. Disponible en: [http://www.clear-la.cide.edu/sites/default/files/3%20-%20Introduction%20to%20Impact%20Evaluation%20-%20Spanish\\_0\\_0.pdf](http://www.clear-la.cide.edu/sites/default/files/3%20-%20Introduction%20to%20Impact%20Evaluation%20-%20Spanish_0_0.pdf)

SCHNEIDER, Friedrich and BUEHN, Andreas, 2016. Estimating the Size of the Shadow Economy: Methods, Problems and Open Questions. IZA, Discussion Paper Series IZA DP No. 9820, March. Disponible en: <https://docs.iza.org/dp9820.pdf>

THABANA, Gaone, 2022. Analysis of the determinants of foreign exchange reserves in Sub-Saharan Africa. University of the Witwatersrand. Research Report submitted in partial fulfillment of the Degree of Master of Commerce (Economics). Disponible en: <https://wiredspace.wits.ac.za/server/api/core/bitstreams/3720118f-ebdf-4e9f-a99c-50ce38b63f52/content>

VALDIVIA, Joab, 2019. Determinantes del ciclo crediticio en Bolivia. Banco Central de Bolivia. Serie de documentos de trabajo, Documento de trabajo N° 04/2019, noviembre. Disponible en: <https://www.bcb.gob.bo/webdocs/publicacionesbcb/2021/05/39/37%20-%20Determinantes%20del%20ciclo%20crediticio%20en%20Bolivia.pdf>

VARGAS, César, DELGADILLO, Hernán y VILLCA, Eloy, 2023. La inflación un riesgo en Bolivia: Ante la desacumulación del gas natural y las RIN y la vulnerabilidad de la deuda externa y el déficit fiscal. *Newman Business Review*, 9 (2), pp. 21 – 39. ISSN: 2412-3730. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.22451/3002>

