
Documento de Trabajo



Fundamentos macroeconómicos de la mesa de cambio del BCN

William Alberto Mendieta Alvarado

ISSN 2409-1863

Documento de Trabajo No. 097

Diciembre 2024



Banco Central de Nicaragua
Emitiendo confianza y estabilidad



Banco Central de Nicaragua
Emitiendo confianza y estabilidad

Fundamentos macroeconómicos de la mesa de cambio del BCN

William Alberto Mendieta Alvarado

DT-097-2024

La serie de documentos de trabajo es una publicación del Banco Central de Nicaragua que divulga los trabajos de investigación económica realizados por profesionales de esta institución o encargados por ella a terceros. El objetivo de la serie es aportar a la discusión de temas de interés económico y de promover el intercambio de ideas. El contenido de los documentos de trabajo es de exclusiva responsabilidad de su(s) autor(es) y no reflejan necesariamente la opinión del Banco Central de Nicaragua. Los documentos pueden obtenerse en versión PDF en la dirección <https://www.bcn.gob.ni>.

The working paper series is a publication of the Central Bank of Nicaragua that disseminates economic research conducted by its staff or third parties sponsored by the institution. The purpose of the series is to contribute to the discussion of relevant economic issues and to promote the exchange of ideas. The views expressed in the working papers are exclusively those of the author(s) and do not necessarily reflect the position of the Central Bank of Nicaragua. PDF versions of the papers can be found at <https://www.bcn.gob.ni>.

Fundamentos macroeconómicos de la mesa de cambio del BCN

William Alberto Mendieta Alvarado*

Resumen

En este documento se analizan los fundamentos macroeconómicos detrás de la mesa de cambio del Banco Central de Nicaragua (BCN). Una intervención cambiaria se define como la acción del BCN de vender (comprar) todas las divisas que el sistema financiero demande (ofrezca) a través de su mesa de cambio. Esta acción es fundamental para que el ancla nominal de la economía permanezca siendo un instrumento efectivo para el control de la inflación en el mediano plazo. El análisis, que es el primero de su tipo en la literatura aplicada a Nicaragua, se realiza empleando una batería de modelos autorregresivos de heterocedasticidad condicional generalizada (GARCH) y modelos de árboles de decisión. Los principales resultados sugieren que los factores externos, asociados a la demanda y oferta de divisas, explican en un mayor grado las intervenciones del BCN por medio de su mesa de cambio. Los factores internos son relevantes porque pueden generar presiones sobre la mesa de cambio hacia la venta de divisas. Por esta razón es de gran relevancia la coordinación entre la política monetaria y la fiscal.

Palabras Clave: Intervención cambiaria, tipo de cambio, demanda y oferta monetaria, GARCH, Árboles de decisión

Códigos JEL: F31, E58, C22

*El contenido de este documento es de exclusiva responsabilidad del autor y no necesariamente representa la posición oficial del Banco Central de Nicaragua. Para comentarios contactar al autor a través del correo: wmendieta89@gmail.com.

1. Introducción

El mercado cambiario es fundamental para la estabilidad macroeconómica de Nicaragua, no solo porque facilita las relaciones comerciales con otros países, sino porque además el tipo de cambio es el ancla nominal de la economía. El rol del Banco Central de Nicaragua (BCN) es crucial para mantener su estabilidad y credibilidad.

El *crawling peg* fue adoptado en 1993 y, si bien se han dado múltiples cambios en la tasa de deslizamiento, en los últimos 5 años el BCN ha sido activo en los ajustes a esta variable fundamental de política económica. A lo largo de todos estos años, el BCN ha sido capaz de defender la libre convertibilidad de la moneda al tipo de cambio oficial preestablecido, manteniéndolo inclusive en episodios de alta volatilidad e incertidumbre macroeconómica, como en los años 2018 y 2020.

El mantener la libre convertibilidad de la moneda implica que el BCN interviene en el mercado cambiario. Una intervención es la acción de comprar (vender) divisas al sistema financiero según éste ofrezca (demande); las intervenciones son realizadas a través de la mesa de cambio, y permiten equilibrar tanto la demanda como la oferta monetaria en córdobas y en dólares. La intervención cambiaria garantiza que el tipo de cambio de mercado se encuentre alineado al tipo de cambio oficial, con una desviación máxima equivalente al porcentaje de comisión cambiaria que cobra el BCN por la venta de divisas al sistema financiero (2% a la fecha de esta investigación).

Las intervenciones cambiarias son, por lo tanto, una pieza fundamental en el esquema cambiario y de política monetaria en Nicaragua, sin embargo, no existe evidencia publicada respecto al mecanismo de la mesa de cambio. Por tal motivo, en este documento se pretende contribuir a la evidencia empírica del mercado cambiario mediante el análisis de los factores macroeconómicos que activan las intervenciones cambiarias del BCN.

El análisis se lleva a cabo empleando una amplia batería de modelos de heterocedasticidad condicional generalizada y modelos de árboles de decisión. En este sentido, las estimaciones paramétricas son complementadas con estimaciones no paramétricas para proveer evidencia robusta respecto a los factores macroeconómicos que explican las intervenciones cambiarias del BCN. De acuerdo con la revisión de la literatura realizada, este estudio

sería el primero en abordar el mecanismo de la mesa de cambio del BCN en Nicaragua.

Adicionalmente, el estudio permite identificar umbrales para factores internos y externos que pueden motivar la activación de la mesa de cambio. El monitoreo de estos umbrales puede ayudar al BCN a mejorar su programación de caja, lo que podría liberar fondos para ser invertidos en el exterior y, de esta forma, aumentar sus ingresos financieros.

Los resultados sugieren que los factores externos, asociados a la oferta y la demanda de divisas en la economía, son los más relevantes para explicar episodios en los que se activa la mesa de cambio del BCN. Los factores internos son relevantes, y tienden a activar la mesa de cambio hacia la venta neta de divisas. Esto último tiene implicancias de política monetaria y fiscal, destacando la importancia de la coordinación entre ambas políticas para evitar presiones sobre la mesa de cambio.

El resto del documento se estructura de la siguiente forma. En la sección 2 se presentan algunos hechos estilizados del mercado cambiario. Luego, la sección 3 hace una reseña de la literatura relevante. La sección 4 describe los datos empleados y la sección 5 explica las metodologías empleadas. La sección 6 presenta la discusión de los resultados y, finalmente, en la sección 7 se presentan las conclusiones del estudio.

2. Hechos estilizados del mercado cambiario

2.1. Volumen transado

De acuerdo con cifras del BCN, las transacciones en el mercado de divisas representan el 97 por ciento del Producto Interno Bruto (PIB) de Nicaragua en 2022. Esto constata la alta importancia que tiene este mercado para las operaciones del país.

En 2022, el BCN reportó un volumen total de transacciones de 14,585.3 millones de dólares, de los cuales 378 millones de dólares correspondieron a intervenciones del mismo BCN por medio de su mesa de cambio. Es importante destacar que estas transacciones representaron el 3% del volumen total transado en el mercado cambiario, por lo que el 97% restante fue efectuado por las instituciones financieras y casas de cambio. Este comportamiento está bastante alineado al promedio histórico, en donde

el total de transacciones representa en promedio el 94 % del PIB (2006-2022).

Estas cifras son prueba de la alta credibilidad que tiene el esquema cambiario en Nicaragua, ya que el BCN interviene en un porcentaje bajo de las transacciones, pero basta para mantener alineados al tipo de cambio de mercado y al tipo de cambio oficial.

En 2018, su nivel de participación en el mercado pasó a ser de 7 %, es decir, 4 puntos porcentuales por encima del nivel promedio histórico. Aún en esta instancia, la magnitud de intervención siguió siendo relativamente baja con respecto al mercado cambiario total.

Desde otra óptica, las reservas internacionales brutas del BCN, que ascendieron a 4,404.4 millones de dólares en 2022, representaron el 30 % del volumen transado en el mercado cambiario. Esta proporción exhibe una tendencia creciente, la cual se ha acelerado especialmente en los últimos tres años. La media histórica se ubica en 21 % de las reservas como proporción del volumen transado en el mercado cambiario.

2.2. Mesa de cambio del BCN

El BCN ha sido históricamente activo en su mesa de cambio. Las reservas internacionales tienen una importancia muy alta en el esquema cambiario, ya que le permiten al BCN intervenir y alinear el tipo de cambio de mercado con el oficial.

De acuerdo con el anuario estadístico del BCN, la institución ha sido un vendedor neto de divisas al sistema financiero. En promedio, el BCN vendía aproximadamente 165 millones de dólares a través de su mesa de cambio.

En 2019 esta dinámica cambió sustancialmente: el BCN se convirtió en comprador neto de divisas, adquiriendo en promedio 175.9 millones de dólares anuales. Esto puede obedecer a múltiples factores, los cuales han sido documentados en los informes anuales del BCN y sus reportes periódicos.

Adicionalmente, esto ha sido consistente con una brecha cambiaria que se ha mantenido dentro del umbral inducido por la comisión cambiaria, indicando una oferta apropiada de divisas y una política monetaria apropiada, dirigida hacia la administración de la liquidez agregada y a suplir la demanda de córdobas según lo demande el público.

3. Revisión de la literatura

Los bancos centrales en economías emergentes y en desarrollo con tipos de cambio flexibles o moderadamente rígidos tienden a intervenir en los mercados de divisas. [Patel & Cavllino \(2019\)](#) indican que las intervenciones cambiarias son de alta relevancia dentro del conjunto de políticas de los bancos centrales de estas economías.

Los objetivos con los que los bancos centrales intervienen en sus mercados cambiarios son diversos. [Patel & Cavllino \(2019\)](#) entrevistaron a 21 bancos centrales y encontraron que, entre los principales objetivos de la intervención estaban la acumulación de reservas internacionales, el fondeo de escasez de dólares, reducir la especulación en el mercado de divisas, disminuir la volatilidad del tipo de cambio, obtener ganancias de competitividad externa, entre otros.

[Karacadag & Guimarães-Filho \(2004\)](#) señalan además que los bancos centrales intervienen en el mercado cambiario con el objetivo de reducir la volatilidad del tipo de cambio, fijarlo en un nivel determinado o realinearlo. Otros autores como [Malloy \(2013\)](#), [Hansen & Morales \(2021\)](#) indican motivos similares a los antes expuestos para intervenir en el mercado cambiario.

No obstante, en el caso de Nicaragua el motivo de las intervenciones cambiarias es específico: mantener la convertibilidad de la moneda nacional respecto al dólar, alineado con el tipo de cambio oficial. De acuerdo con los informes anuales del BCN ([Banco Central de Nicaragua 2017, 2018, 2019, 2020a, 2021, 2022](#)) y [Banco Central de Nicaragua \(2020b\)](#), el BCN interviene en el mercado cambiario para mantener alineado el tipo de cambio oficial con el tipo de cambio de mercado. Esto es porque el tipo de cambio nominal es el ancla nominal de los precios de la economía y es el mecanismo primario mediante el cual el BCN incide en la inflación.

Diversos autores han estudiado la relevancia del régimen cambiario para el control de la inflación; [Tremínio \(2014\)](#) y [Tremínio \(2021\)](#) son ejemplos de evidencia empírica aplicada a Nicaragua que han profundizado en el análisis del coeficiente de traspaso cambiario a precios, abonando a la evidencia referente a la efectividad del régimen cambiario para el control de la inflación.

No obstante, no existen documentos de investigación que estudien el

mecanismo de intervención cambiaria del BCN. Este elemento es clave en el rol del tipo de cambio como ancla nominal de precios. En este sentido, este documento pretende abrir una nueva línea de investigación, en la que se pueda conocer a mayor profundidad las razones macroeconómicas por las cuales el BCN interviene en el mercado cambiario.

De acuerdo con los cuadros de indicadores monetarios del BCN¹, la mesa de cambio puede activarse ya sea por factores externos o factores internos. Los factores externos típicamente se relacionan con la demanda y la oferta de divisas dentro de la economía nicaragüense. Los factores internos se asocian a acciones de política monetaria y fiscal que inciden en la cantidad ofertada de córdobas en la economía.

4. Datos

En este documento se caracteriza la dinámica de la venta neta de divisas en la mesa de cambio del BCN (*mcn*). La *mcn* se define como la cantidad, en millones de dólares, que el BCN vende (o compra) a cambio de su equivalente en córdobas (dólares), a solicitud de los bancos nacionales. Cuando *mcn* es positiva, indica que el BCN vendió divisas en términos netos, mientras que, es lo contrario cuando presenta valores negativos.

El BCN vende las divisas a una comisión que es fijada por el presidente del BCN². De esta forma, las instituciones financieras cobran también una comisión al público por comprarles y/o venderles divisas, por lo que el tipo de cambio de mercado puede desviarse del tipo de cambio oficial.

En este sentido, la brecha cambiaria de venta es una variable de seguimiento clave para analizar la dinámica de la mesa de cambio del BCN. Esta mide el desalineamiento porcentual entre el tipo de cambio de venta de mercado y el tipo de cambio oficial. Cuando el esquema cambiario goza de credibilidad, las desviaciones del tipo de cambio de mercado son temporales, es decir, no se desvía sistemáticamente del tipo de cambio oficial. Adicionalmente, bajo

¹Particularmente el cuadro 4 de los indicadores monetarios que analizan los orígenes de las variaciones de la base monetaria.

²Ley N° 732, Arto. 27 Num. 9:

(...) Es atribución del Presidente del BCN “aprobar las tarifas que el Banco establezca por los servicios que preste al Gobierno, a los bancos e instituciones financieras y al público en general (...)”

condiciones normales, la brecha cambiaria de venta fluctúa entre el cero y el porcentaje de comisión cobrado por el BCN por la venta de divisas. En condiciones atípicas, la brecha cambiaria de venta se puede ubicar por encima de dicha comisión, sin embargo, si el esquema cambiario es creíble, la brecha cambiaria retorna dentro de dicho umbral.

Las otras variables empleadas en este documento fueron seleccionadas a partir de estudios relacionados y la guía de programación financiera del BCN. De acuerdo con [Banco Central de Nicaragua \(2020b\)](#), el mercado cambiario depende de la interacción del mercado monetario de activos y pasivos en córdobas y del de los denominados en dólares. Así, un grupo de las variables utilizadas se relaciona con la demanda y oferta de divisas de la economía, mientras que, el otro grupo se asocia a la demanda y oferta de córdobas. En la Tabla 1 se describen estas variables, así como su transformación y el signo esperado en el análisis de regresión.

Los datos empleados tienen una periodicidad mensual, desde enero de 2002 hasta abril de 2023, por lo que se cuenta con un total de 256 observaciones para la estimación de los modelos. La serie de reportos y depósitos monetarios netos (*drn*) inicia en mayo de 2018, fecha en la que se introdujeron por primera vez como un instrumento más de política monetaria del BCN, con el objetivo de preservar la estabilidad macrofinanciera de Nicaragua ([Banco Central de Nicaragua \(2018\)](#), [Banco Central de Nicaragua \(2019\)](#)). Previo a dicha fecha se asume un valor de cero para esta variable.

TABLA 1: Variables consideradas en el estudio

Nombre	Descripción	Transformación	Signo Esperado
mcn	Venta neta de divisas en la mesa de cambio del BCN	z	n.a.
bv	Brecha cambiaria de venta	z	+
sfn	Venta de divisas del Sistema Financiero Nacional	z	+
x	Variación de las exportaciones (mercancías)	z	-
m	Variación de las importaciones (mercancías)	z	+
rem	Variación de las remesas familiares	z	-
letras	Colocación neta de Letras del BCN (1 hasta 360 días)	z	+
gc	Crédito neto del Gobierno en el BCN	z	+
emi	Variación de la emisión monetaria	z	-
drn	Colocación neta por depósitos y reportos monetarios	z	+
cpolitica	Dummy asociada a la crisis socio-política	nivel	+
covid	Dummy asociada a la pandemia de COVID-19	nivel	+

Fuente: Elaboración propia.

Un aspecto para tener en cuenta es que los potenciales desequilibrios que surgen en el mercado monetario que resultan en la compra o venta de divisas, obedecen a los cambios relativos de la demanda monetaria y la oferta monetaria, tanto en dólares como en córdobas. Es por esta razón que los flujos de las variables presentadas en la Tabla 1 son las variables relevantes para explicar la dinámica de la mesa de cambio.

Es importante mencionar que el uso de logaritmos en el análisis de regresión es deseable debido a que facilitan la interpretación de los coeficientes, reducen la incidencia de valores extremos, entre otros beneficios; no obstante, debido a que las variables consideradas son flujos, esta transformación no es factible. Por esta razón se optó por estandarizar todas las variables. En este caso, se emplea esta transformación con el objetivo de re-escalar los datos, fijándolos a todos en unidades estándar³ (z-scores), permitiendo su comparabilidad. En este caso, los parámetros estimados corresponden a coeficientes beta.

Los signos esperados de las variables explicativas se fundamentan en la incidencia que cada una de las variables tiene sobre la oferta y demanda relativa de córdobas y dólares. Esto es ampliamente reportado y analizado en los informes anuales del BCN.

Por ejemplo, entre más alta sea la brecha cambiaria, la demanda de dólares en la economía es mayor y, por tanto, la posibilidad de que se active la mesa de cambio es superior, manteniendo los demás factores constantes. Adicionalmente, en el caso de las exportaciones, y las remesas, si éstas aumentan también lo hace la oferta de divisas en la economía, por lo que, *ceteris paribus*, reducirían la posibilidad de que se active la mesa de cambio; y lo contrario ocurre con las importaciones.

³Cada variable se transforma de la siguiente manera:

$$z_i = \frac{X_{i,t} - \bar{X}_i}{\sigma_i}$$

donde \bar{X}_i es el promedio de la variable i y σ_i es su desviación estándar.

5. Metodología

En el estudio se emplean dos metodologías para la identificación y cuantificación de los factores internos y externos: modelos GARCH y árboles de decisión. Se utilizan ambos enfoques ya que éstos son complementarios. En este sentido, el primero es un enfoque paramétrico y lineal, que modela de forma simultánea la media y la varianza de la mesa de cambio. Este enfoque permite inferir la magnitud y el sentido con el que los diversos factores inciden sobre la mesa de cambio. Este enfoque depende de una serie de supuestos relacionados a los residuos del modelo y a su distribución.

Por lo tanto, se utilizan los árboles de decisión como estrategia de modelación complementaria, ya que es un enfoque no paramétrico, no lineal y que requiere de menos supuestos, particularmente relativos a la distribución de los datos. Este segundo enfoque se basa en la segmentación de la mesa de cambio en compras o ventas netas en dependencia de un conjunto de atributos capturados por los factores internos y externos. Esta metodología no requiere de supuestos distribucionales, a diferencia del primero.

A continuación, se explica cada metodología a detalle.

5.1. Modelos GARCH

El análisis presentado en este documento se realiza mediante dos clases de modelos. En la primera parte del análisis se estudian los factores internos y externos que inciden sobre la dinámica de la mesa de cambio por medio de modelos GARCH. El objetivo de este análisis es ilustrar, de forma segregada, la importancia de los factores macroeconómicos más relevantes. En una segunda parte, se realiza un análisis agregado, modelando ambas clases de factores.

Con el objetivo de obtener un modelo parsimonioso en esta segunda fase y, de esta forma, facilitar el proceso de estimación del modelo, se utilizan los valores agregados de los factores internos y externos, con el objetivo de obtener una medida aproximada del flujo neto de divisas y la posición neta de expansión o contracción de córdobas en la economía. Esto permitirá distinguir la incidencia de los factores internos y externos.

La descripción de la metodología, que sigue a continuación, está basada en [Enders \(2014\)](#); la discusión que se presenta a continuación parte del modelo

más básico, un modelo ARMA, el que se representa por medio de la siguiente ecuación:

$$mcn_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^p \alpha_i mcn_{t-i} + \sum_{i=0}^q \beta_i \epsilon_{t-i} \quad (1)$$

donde ϵ_t es un proceso ruido blanco, normalmente distribuido, con media cero y varianza constante (σ^2), y en donde β_0 se supone que es igual a 1. El modelo descrito en (1) puede generalizarse a un modelo ARDL, el cual incluye los impactos de otros factores macroeconómicos (z_t), ya sean estos internos o externos, es decir:

$$mcn_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^p \alpha_i mcn_{t-i} + \sum_{i=0}^k \phi_{i+1} z_{t-i} + \sum_{i=0}^q \beta_i \epsilon_{t-i} \quad (2)$$

Donde z_t es un único factor macroeconómico. Naturalmente, esta expresión se puede extender para incluir más variables explicativas. Los supuestos asociados a ϵ_t se mantienen idénticos al del caso de la ecuación (1).

Cabe destacar que, en algunas situaciones, el supuesto de varianza constante no es apropiado, ya que estas variables, de índole financiero, pueden mostrar clústeres de volatilidad, de modo que se podrían presentar residuos heterocedásticos. Adicionalmente, modelos aplicados a mercados financieros tienden a reportar residuos cuya distribución se caracteriza por tener colas anchas (al registrar eventos extremos con mayor frecuencia). Para considerar ambas posibilidades, la ecuación (2) es complementada con una ecuación para la varianza de los residuos, lo cual se hace a través de modelos GARCH. Así, un modelo GARCH está conformado por dos ecuaciones; la primera es la representación de la media condicional de los datos, ecuación (2), y la segunda, una ecuación para la varianza de los residuos, esta es:

$$\epsilon_t = \nu_t \sqrt{h_t} \quad (3)$$

donde $\nu_t \sim N(0, 1)$ es un proceso ruido blanco y $h_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^m \gamma_i \epsilon_{t-i} + \sum_{i=1}^n \theta_i h_{t-i}$. Tanto m como n son seleccionados de acuerdo con la significancia estadística de los coeficientes y criterios de información de Akaike y Schwarz. Asimismo, se analizan las propiedades de los residuos del modelo (cuidando que ya no haya presencia de heterocedasticidad ni autocorrelación). Adicionalmente, en los casos en que se amerita, se relaja el supuesto de la distribución de ϵ_t . En general, se consideran 3 posibles distribuciones para los residuos: distribución normal, la distribución

t-student y la distribución de errores generalizadas (GED), estas dos últimas son distribuciones de colas anchas⁴.

Uno de los aspectos para tener en cuenta en estas estimaciones es que las series a utilizar sean estacionarias. Esta propiedad es consistente con el supuesto de $\lim_{h \rightarrow \infty} \frac{\partial mc_{t+h}}{\partial z_t} = 0$, es decir, cambios en las variables explicativas no tienen efectos permanentes sobre la variable endógena. En este sentido, se realizaron pruebas de raíz unitaria a las series empleadas, encontrando que todas son $I(0)$.

5.2. Árboles de decisión

Debido a que pueden existir potenciales no-linealidades en la relación de la mesa de cambio con las variables explicativas, se empleó el algoritmo de árboles de decisión como método alternativo para evaluar la importancia de los diferentes factores macroeconómicos.

Los árboles de decisión tienen múltiples ventajas frente a los algoritmos econométricos clásicos. Entre estas ventajas se encuentra la interpretabilidad, la versatilidad, requieren de poco procesamiento de los datos, pueden manejar de forma adecuada características irrelevantes o redundantes, pueden encontrar relaciones no lineales, son poco sensibles a valores atípicos y, en general, al ser un enfoque no paramétrico, son robustos a supuestos distribucionales de los datos (Sheppard 2017).

A continuación, se emplea Pedregosa et al. (2011) para explicar a detalle el algoritmo detrás de los árboles de decisión:

Dado un vector de atributos $\mathbf{x}_i \in \mathbb{R}^n$, $i = 1, \dots, I$ y un vector de resultados (clasificación) $\mathbf{y} \in \mathbb{R}^1$, un árbol de decisión particiona el espacio dimensional de forma recursiva, de modo que las muestras con clasificaciones similares puedan ser agrupadas.

Sean los datos en un nodo m , tal que pueden ser representados como Q_m con n_m muestras. Un atributo j , que es candidato para segmentar los datos

⁴Si bien se realizaron las estimaciones bajo los 3 supuestos distribucionales, no se reportan aquellos relativos al supuesto de distribución normal. En este sentido, si bien el supuesto de normalidad es un punto de partida para el análisis, luego de estimar los modelos bajo diferentes especificaciones, y realizar las pruebas pertinentes, el supuesto de normalidad resultó no ser apropiado.

puede representarse como $\theta = (j, t_m)$, donde t_m es un umbral que determina la forma de segmentación de los datos en las “ramas” que van hacia el lado izquierdo $Q_m^{\text{izq}}(\theta)$ o hacia el lado derecho $Q_m^{\text{der}}(\theta)$, de modo que:

$$Q_m^{\text{izq}}(\theta) = \{(\mathbf{x}, y) \mid x_j\} \leq t_m \quad (4)$$

$$Q_m^{\text{der}}(\theta) = Q_m \setminus Q_m^{\text{izq}}(\theta) \quad (5)$$

Donde el operador “\” indica que es el complemento de la ecuación (4). La calidad de la segmentación se realiza con base en una función de pérdida $H(\cdot)$. Para el caso de este estudio, se utilizó la medida de entropía de Shannon, la cual está dada por:

$$H(Q_m) = - \sum_k p_{mk} \log(p_{mk})$$

Donde p_{mk} es la proporción de casos en Q_m que pertenecen a la categoría k . Esta función mide la cantidad promedio de información necesaria para describir la categoría en un conjunto de datos. A menor entropía, los casos son más similares entre sí y, por lo tanto, la incertidumbre en la clasificación de acuerdo con las diferentes categorías es menor.

En este sentido, el árbol de decisión reduce la entropía de los datos dividiéndolos en subconjuntos más homogéneos, para realizar una mejor clasificación. En otras palabras, el árbol de decisión permitirá clasificar las compras o ventas netas de divisas con base en los atributos caracterizados por medio de los diferentes factores internos y externos. Adicionalmente, permitirá identificar umbrales que gatillen la compra o venta de divisas con base en niveles de las variables más relevantes.

Así, el problema de optimización que resuelve un árbol de decisión puede plantearse como:

$$\theta^* = \arg \min_{\theta} G(Q_m, \theta) \quad (6)$$

Donde

$$G(Q_m, \theta) = \frac{n_m^{\text{izq}}}{n_m} H(Q_m^{\text{izq}}(\theta)) + \frac{n_m^{\text{der}}}{n_m} H(Q_m^{\text{der}}(\theta)) \quad (7)$$

El proceso de optimización se realiza de forma recursiva para ambos subconjuntos de datos, hasta que la máxima profundidad del árbol es

alcanzada, es decir: $n_m < \text{min_muestras}$ o $n_m = 1$.

Es importante destacar que una de las desventajas de los árboles de decisión es su tendencia hacia el sobreajuste (overfitting). Es por esta razón que se ajustaron los hiperparámetros del modelo para asegurar métricas adecuadas de predicción fuera de muestra del árbol de decisión.

En este sentido, Sheppard (2017) y Pedregosa et al. (2011) sugieren utilizar un procedimiento adicional denominado *prunning* o poda del árbol de decisión. Este hiperparámetro se selecciona de forma que se prevenga el sobreajuste del modelo y éste pueda ser generalizable sobre datos que el modelo no conoce.

Para el caso de este estudio, se utilizó una grilla de puntos para seleccionar el parámetro de poda que garantizara el R^2 fuera de muestra más elevado posible.

Precisamente, para la estimación del árbol de decisión se efectuó el siguiente procedimiento:

1. Se dividieron los datos en muestra de entrenamiento y de prueba.
2. El árbol de decisión se estimó con los datos de entrenamiento, empleando una grilla de puntos con diferentes valores para la poda del árbol de decisión.
3. Se calcula la predicción fuera de muestra de cada uno de estos modelos y se compara con los datos de prueba.
4. Se calculan métricas de habilidad predictiva fuera de muestra.
5. Se selecciona aquel valor del hiperparámetro que garantice la mejor habilidad predictiva fuera de muestra (esto es indicativo de un mayor poder de generalización del árbol de decisión).
6. Se reestima el árbol de decisión usando el hiperparámetro de *prunning* seleccionado en el paso anterior.

6. Resultados

En esta sección se presentan los resultados de las estimaciones de los modelos GARCH, considerando los factores internos, los factores externos y ambos

factores combinados. Adicionalmente, se presentan los resultados de los árboles de decisión estimados.

6.1. Factores internos

Los factores internos determinan las variaciones de la demanda y la oferta de la moneda nacional, por lo que tienen incidencia en la dinámica del tipo de cambio de mercado. Ante excesos de oferta monetaria, el tipo de cambio de mercado registra presiones hacia la depreciación, es decir, el córdoba se debilita frente al dólar a un ritmo superior al dictado por la tasa de deslizamiento cambiario. En cambio, cuando hay excesos de demanda, el córdoba se fortalece en términos relativos al dólar y/o se debilita a un menor ritmo respecto al deslizamiento cambiario.

En ambos casos, se generan presiones sobre la mesa de cambio del BCN, lo que se explica por las diferencias relativas entre la demanda y la oferta monetaria en córdobas. Así, cuando prevalece una demanda relativamente más alta que la oferta monetaria, el BCN tenderá a comprar divisas e inyectar córdobas. Por su parte, cuando prevalece una oferta más alta que la demanda, el BCN tenderá a contraer la oferta de córdobas, vendiendo divisas al sistema financiero.

En la Tabla 2 se presentan las estimaciones de los factores determinantes de la mesa de cambio del BCN desde la perspectiva de las variables internas. En total se estimaron 6 especificaciones diferentes, con el objetivo de brindar conclusiones robustas a cambios en el supuesto de distribución de los residuos y los tamaños de la muestra. Precisamente, se utilizan 3 cortes muestrales, la muestra completa (2002-2023), una muestra entre 2002-2017, para evaluar cómo cambian los estimadores previos a la crisis sociopolítica, y una muestra entre 2010-2023, para analizar cambios en los parámetros por la omisión de la crisis financiera internacional de 2008-2009.

En términos generales, todas las variables presentan los signos esperados y son estadísticamente significativas para explicar la dinámica de las ventas netas de divisas. Adicionalmente, los efectos que sugieren los modelos están en línea con el modelo de Mundell-Fleming, ya que Nicaragua es una economía pequeña y abierta, con un régimen cambiario relativamente rígido respecto a otros países. Aumentos en la oferta monetaria (*ceteris paribus*) causan una desacumulación de reservas internacionales debido a la venta de dólares a través de la mesa de cambio del BCN. Por su parte, aumentos en

TABLA 2: Determinantes internos de la mesa de cambio del BCN

Muestra Distribución	2002M1:2023M4		2002M1:2017M12		2010M1:2023M4	
	<i>t-student</i>	<i>GED</i>	<i>t-student</i>	<i>GED</i>	<i>t-student</i>	<i>GED</i>
Venta neta de divisas (lag1)	0.219 *** [0.069]	0.1976 *** [0.0212]	0.1125 [0.0724]	0.0903 [0.0601]	0.2837 *** [0.0943]	0.2591 [0.7041]
Brecha de venta	0.386 *** [0.0771]	0.4364 *** [0.0325]	0.4225 *** [0.0981]	0.4217 *** [0.0996]	0.3462 *** [0.1082]	0.3754 [0.2671]
Brecha de venta (lag1)	-0.2843 *** [0.0562]	-0.3069 *** [0.0499]	-0.2648 *** [0.0625]	-0.2532 *** [0.0511]	-0.2502 *** [0.0915]	-0.2777 *** [0.1058]
Mesa de cambio del SFN	-0.0029 [0.0448]	-0.022 ** [0.0112]	-0.0515 [0.0588]	-0.05 [0.0804]	0.0374 [0.0623]	0.0271 [0.1602]
Uso de depósitos del GC	0.2852 *** [0.056]	0.2752 *** [0.0373]	0.294 *** [0.0736]	0.2845 [0.46]	0.2142 *** [0.074]	0.2394 [0.2724]
Emisión Monetaria	-0.4078 *** [0.0816]	-0.4036 *** [0.0124]	-0.4173 *** [0.1009]	-0.4636 [0.2822]	-0.354 *** [0.0869]	-0.3716 [0.2745]
Letras del BCN	0.291 *** [0.071]	0.2999 *** [0.0277]	0.3366 *** [0.0729]	0.3468 [0.2597]	0.2081 ** [0.093]	0.2317 [0.2958]
Depósitos y reportos netos	0.2773 *** [0.081]	0.2741 *** [0.0311]			0.2462 *** [0.0884]	0.2565 [0.6743]
Dum(2018)	0.9234 *** [0.2896]	1.0303 ** [0.4875]			0.7951 * [0.4116]	0.9449 [1.1177]
Dum(Covid)	-0.1579 [0.141]	-0.179 *** [0.0399]			-0.1036 [0.2176]	-0.1219 [2.2805]
Dum Estacional (M2)	0.2945 ** [0.1273]	0.2971 ** [0.15]	0.4406 *** [0.1511]	0.5057 [0.4523]	0.1286 [0.2126]	0.1064 [4.2843]
Dum. Estacional (M4)	-0.3644 *** [0.139]	-0.3518 *** [0.0417]	-0.3673 *** [0.1157]	-0.3835 ** [0.1652]	-0.6237 [0.4545]	-0.7081 [0.9802]
Dum. Estacional (M11)	0.2578 * [0.1421]	0.2829 [0.3843]	0.2117 [0.1407]	0.2499 [0.3158]	0.3339 * [0.1908]	0.3967 [1.3359]

*. **. *** indican significancia estadística al 10 %, 5 % y 1 %, respectivamente.

Errores estándar robustos entre corchetes []

Nota: Ecuación de la media. Variable dependiente es el valor z de la venta neta de divisas del BCN.

Fuente: Elaboración propia con base en datos del BCN.

la demanda monetaria (*ceteris paribus*) generan compras netas de divisas por medio de este mecanismo, y, por ende, resultan en acumulación de reservas internacionales.

En términos particulares, ya que los modelos tienen un componente autorregresivo, se modela un efecto de persistencia en el comportamiento de la venta neta de divisas del BCN, el cual es estadísticamente significativo al 1 %. Esto es válido para la muestra completa bajo ambas especificaciones distribucionales para los residuos, y para la muestra más actualizada. Entre 2002 y 2017, la persistencia de la mesa de cambio no es estadísticamente significativa.

La persistencia indica que si en un mes particular el BCN vendió (en el neto) divisas, en el mes siguiente venderá también divisas, aunque en una menor proporción (*ceteris paribus*). La estimación bajo la muestra completa

sugiere una persistencia entre 0.22 y 0.20, para los residuos t-student y GED, respectivamente. En otras palabras, si la venta neta de divisas aumenta en una desviación estándar en el mes previo, en el mes actual se puede esperar una venta de divisas equivalente a dichas cuantías en términos de desviaciones estándar.

Para precisar estas estimaciones, una desviación estándar de la venta neta de divisas equivale a una venta neta de 35.2 millones de dólares, por lo que el coeficiente de persistencia sugeriría una venta neta entre 7.0 y 7.7 millones de dólares.

Adicionalmente, la estimación por submuestras sugiere una incidencia de la ocurrencia de la crisis sociopolítica sobre la persistencia de las ventas netas de divisas. En este sentido, la estimación del modelo usando la muestra comprendida entre 2002-2017 se obtiene una persistencia entre 0.09 y 0.11 desviaciones estándar (residuos GED y t-student, respectivamente). Sin embargo, al utilizar la muestra entre 2010-2023, el estimador de persistencia aumenta a 0.28, con una significancia estadística del 1 % (residuos t-student).

La brecha cambiaria de venta es estadísticamente significativa al 1 % bajo las 6 diferentes especificaciones, y tiene el signo esperado. Alzas en la brecha cambiaria de venta son consistentes con ventas netas de divisas a través de la mesa de cambio, ya que indican o un exceso de oferta monetaria en córdobas o bien un exceso de demanda de dólares. Es importante destacar que la brecha cambiaria tiene un efecto dinámico sobre la mesa de cambio, ya que, de acuerdo con las estimaciones, el nivel de la brecha es relevante en dos meses consecutivos para la evolución de la mesa de cambio.

Al considerar la muestra completa, ante un aumento de un punto porcentual de la brecha cambiaria de venta se puede esperar una venta neta de divisas entre 0.35 y 0.44 desviaciones estándar (aproximadamente entre 12.2 y 15.3 millones de dólares). En términos de la robustez de estos resultados, la magnitud del efecto de la brecha cambiaria permanece estable entre submuestras. Así, en la muestra 2004-2017 se estima un aumento entre 0.40 y 0.45 desviaciones estándar por cada aumento de 1 punto porcentual en la brecha cambiaria. Por su parte, en la muestra comprendida entre 2010 y 2020, el modelo con residuos GED sugiere un aumento de 0.32 desviaciones estándar.

Por su parte, el uso de depósitos del gobierno tiene una alta relevancia.

Cinco de las seis estimaciones realizadas coinciden en que es una variable estadísticamente significativa al 1% en propiciar ventas netas de divisas. Su impacto se estima entre 0.28 y 0.29 en la muestra completa, manteniéndose relativamente estable entre submuestras.

Por su parte, la redención neta de Letras del BCN también incide en una magnitud similar al uso de recursos del gobierno, al igual que los depósitos y reportos monetarios netos. Que las magnitudes de estas variables sean similares sugieren que tanto la política monetaria como la política fiscal pueden generar presiones para que la mesa de cambio del BCN se active, generando impactos similares.

Es por esta razón que la coordinación entre la política monetaria y la política fiscal en el país es crucial para evitar pérdidas inesperadas de reservas internacionales. En este sentido, expansiones monetarias generadas por el uso neto de recursos del gobierno deben ser acompañadas por captaciones netas de recursos del BCN por medio de sus diferentes instrumentos monetarios.

En otro orden, la emisión monetaria es la variable que mostró los coeficientes más elevados a lo largo de las diferentes muestras y supuestos distribucionales de los residuos. Cuando aumenta la demanda de la moneda nacional, el BCN tiende a comprar divisas. Precisamente, un aumento de 1 desviación estándar en la emisión monetaria generará una compra neta de divisas por medio de la mesa de cambio entre 0.41 y 0.40, equivalente a aproximadamente 14 millones de dólares en compras de divisas.

En los modelos también se consideraron variables *dummy* que capturaran eventos atípicos como los ocurridos en 2018 o la pandemia de COVID-19. En el caso de los eventos sociopolíticos, generó un incremento discreto en la venta neta de divisas, explicado por un aumento relativo de la demanda de dólares en la economía. A diferencia de este evento, de acuerdo con las estimaciones, la pandemia no generó presiones estadísticamente significativas sobre la mesa de cambio (solamente una estimación resultó estadísticamente significativa).

Cabe destacar que los modelos tienen una bondad de ajuste adecuada, y los efectos GARCH estimados son estadísticamente significativos. En la Tabla 3 se presentan los resultados de la ecuación de la varianza de los factores internos.

TABLA 3: Ecuación de la varianza de los factores internos

Muestra Distribución	2002M1:2023M4		2002M1:2017M12		2010M1:2023M4	
	<i>t-student</i>	<i>GED</i>	<i>t-student</i>	<i>GED</i>	<i>t-student</i>	<i>GED</i>
Alpha 0	0.0604 ** [0.0249]	0.0589 ** [0.027]	0.0401 [0.0267]	0.0462 [0.0289]	0.0892 [0.0591]	0.0847 [0.2591]
Gamma	0.3237 * [0.1784]	0.363 *** [0.1384]	0.1602 [0.1191]	0.1517 [0.0996]	0.4195 * [0.2393]	0.3619 [0.9752]
Theta	0.5474 *** [0.1669]	0.4896 *** [0.1607]	0.6416 *** [0.2108]	0.5969 *** [0.2178]	0.4262 ** [0.1779]	0.4405 [0.4402]
Parámetro distribucional	4.0238 *** [0.9654]	1.1524 *** [0.1292]	4.9292 ** [2.0916]	1.2099 *** [0.3144]	4.2754 ** [1.7465]	1.1791 *** [0.2536]
Indicadores						
R cuadrado	0.552	0.5614	0.4291	0.4287	0.6027	0.5985
Log-likelihood	0.7028	0.6911	0.5171	0.5171	0.7543	0.7529
BIC	172.3997	172.4825	97.3015	96.6439	121.4392	121.9958
Obs	255	255	191	191	160	160

Fuente: Elaboración propia.

Los valores de gamma (γ) son estadísticamente significativos en las estimaciones usando la muestra completa. En este sentido, la incidencia de los residuos 1 período atrás tiene una incidencia entre 0.32 y 0.36 sobre la volatilidad presente; en otras palabras, los choques de 1 mes atrás pesan sobre la volatilidad de la mesa de cambio presente. Por su parte, theta (θ) es estadísticamente significativo en la mayoría de las especificaciones, sugiriendo que la volatilidad es relativamente persistente, rondando entre 0.49 y 0.55 en la muestra completa.

6.2. Factores externos

La demanda y la oferta de divisas del país también pueden causar eventos de intervención a través de la mesa de cambio. En la Tabla 4 se muestra la estimación de los factores externos y su impacto sobre la venta neta de divisas del BCN.

La estimación de los factores externos sugiere que la oferta y la demanda de divisas de la economía son factores determinantes de las intervenciones cambiarias del BCN. Así, cuando la oferta de divisas aumenta por medio del crecimiento de las exportaciones, mayor entrada de remesas o préstamos al sector público no financiero y/o al BCN, se reducen las ventas netas de divisas, tendiendo hacia la compra neta de divisas.

En este sentido, por cada aumento de 1 desviación estándar en el flujo de las exportaciones, la venta neta de divisas a través de la mesa de cambio se reduce entre -0.36 y -0.35 desviaciones estándar. Los préstamos recibidos

tienen un impacto menor en magnitud, pero estadísticamente significativos. Las remesas por su parte, la evidencia encontrada no es concluyente. Por un lado, para la estimación de la muestra completa se obtienen los signos esperados, con un impacto entre -0.08 y -0.07 desviaciones estándar. No obstante, para las 2 submuestras las estimaciones sugieren efectos positivos sobre la mesa de cambio, contrario a lo esperado.

Este resultado puede deberse a diferentes causas. Una de ellas podría estar asociada al hecho de que en ambas submuestras la economía nicaragüense sufrió tres eventos disruptivos de diferentes naturalezas, y todas ellas incidieron de forma diferente sobre las remesas.

TABLA 4: Determinantes externos de la mesa de cambio del BCN

Muestra Distribución	2002M1:2023M4		2002M1:2017M12		2010M1:2023M4	
	<i>t-student</i>	<i>GED</i>	<i>t-student</i>	<i>GED</i>	<i>t-student</i>	<i>GED</i>
Venta neta de divisas (lag1)	0.0328 [0.076]	0.0336 [0.0806]	0.1126 [0.0865]	0.083 *** [0.0013]	0.0268 [0.0628]	0.1923 *** [0.0013]
Brecha de venta	0.4351 *** [0.0804]	0.4322 *** [0.0893]	0.5251 *** [0.0774]	0.5448 *** [0.0039]	0.412 *** [0.0991]	0.358 *** [0.004]
Brecha de venta (lag1)	-0.3015 *** [0.0659]	-0.2974 *** [0.0745]	-0.3577 *** [0.0806]	-0.3233 *** [0.0012]	-0.213 *** [0.0712]	-0.2273 *** [0.0021]
Mesa de cambio del SFN	0.0185 [0.0569]	0.0122 [0.0753]	-0.0025 [0.0609]	-0.0289 *** [6e-04]	0.0818 [0.0511]	0.1272 *** [0.0011]
Exportaciones	-0.3458 ** [0.1585]	-0.3555 * [0.1823]	-0.319 *** [0.1153]	-0.3242 *** [0.0035]	-0.3026 [0.2121]	-0.146 *** [0.0021]
Importaciones	0.1392 [0.1224]	0.1472 [0.1388]	0.1532 [0.0989]	0.1999 *** [0.0012]	0.1158 [0.1058]	0.0194 *** [0.0016]
Remesas	-0.0844 [0.1089]	-0.0752 [0.1103]	0.1279 [0.1365]	0.2345 *** [0.0023]	0.0738 [0.1775]	0.1844 *** [0.0022]
Préstamos al SPNF y BCN	-0.0786 *** [0.0162]	-0.0811 *** [0.0187]	0.0236 [0.0485]	0.0449 *** [7e-04]	-0.0767 *** [0.0229]	-0.0849 *** [0.0017]
Servicio de deuda del SPNF y BCN	0.0085 [0.0679]	0.0075 [0.0694]	-0.1306 * [0.0738]	-0.1843 *** [0.0019]	-0.027 [0.0744]	-0.0662 *** [8e-04]
Dum(2018)	0.9905 *** [0.1784]	0.9913 *** [0.1881]			2.6028 *** [0.3056]	1.5168 *** [0.1571]
Dum(Covid)	-0.0779 [0.1568]	-0.0594 [0.1978]			-0.1264 [0.1051]	-0.0998 *** [0.0161]
Dum Estacional (M2)	0.4326 [0.2859]	0.3927 [0.3994]	0.4628 *** [0.1353]	0.4226 *** [0.003]	0.1676 [0.1157]	0.0352 * [0.0199]
Dum. Estacional (M4)	-0.6068 *** [0.1948]	-0.6195 ** [0.2433]	-0.534 *** [0.2055]	-0.4624 *** [0.0099]	-0.3147 [0.2731]	-0.5473 *** [0.0099]
Dum. Estacional (M11)	-0.2483 ** [0.1087]	-0.2564 ** [0.118]	-0.1656 [0.134]	-0.235 *** [0.0038]	-0.1333 [0.1082]	-0.0035 [0.0029]

*, **, *** indican significancia estadística al 10 %, 5 % y 1 %, respectivamente.

Errores estándar robustos entre corchetes []

Fuente: Elaboración propia con base en datos del BCN.

Precisamente, cabe la posibilidad de que en alguno de estos tres eventos disruptivos (crisis financiera global, crisis sociopolítica de 2018 y la crisis del COVID-19) la sensibilidad de la mesa de cambio a las remesas haya cambiado.

Por ejemplo, la crisis financiera global de 2008 y 2009 tuvo un efecto negativo sobre las remesas, debido al mayor desempleo que aquejó a la economía mundial. Esta crisis fue transversal en diferentes sectores económicos y afectó a diferentes grupos demográficos por igual, incluido el empleo hispano en Estados Unidos. En este caso, es posible que la relación mesa de cambio – remesas se haya debilitado, sugiriendo una no-linealidad en la relación que en las especificaciones presentadas no es capturada.

En cuanto a la crisis de 2018 y el 2020, sus efectos sobre el comportamiento de las remesas ocurren en una franja de tiempo relativamente corta y ambos eventos con efectos contrarios. Por un lado, los eventos de 2018, que son de índole interno, propiciaron un aumento posterior del flujo de remesas. Esto, nuevamente, puede sugerir que exista una no-linealidad en la relación, en la que posterior a los eventos del 2018 la relación mesa de cambio – remesas se fortalece.

Por su parte, los eventos del 2020 tuvieron el efecto contrario. Debido a las cuarentenas obligatorias a nivel mundial, el desempleo en la mayoría de las economías alcanzó niveles históricamente altos, incidiendo también en el flujo de las remesas.

Es importante destacar que, debido a situaciones como las previamente descrita, es aconsejable utilizar métodos que sean robustos a estas no linealidades. Una forma de abordarlo es empleando árboles de decisión, método que se emplea en la sección 6.4.

Por su parte, las importaciones, según los modelos GARCH, son el principal factor que tiende a generar ventas netas de divisas a través de la mesa de cambio, aunque su importancia se estimó como inferior respecto al de las exportaciones.

En la Tabla 5 se presentan los resultados para la ecuación de la varianza de los factores externos.

TABLA 5: Ecuación de la varianza de los factores externos

Muestra Distribución	2002M1:2023M4		2002M1:2017M12		2010M1:2023M4	
	<i>t-student</i>	<i>GED</i>	<i>t-student</i>	<i>GED</i>	<i>t-student</i>	<i>GED</i>
Alpha 0	0.0791 [0.0532]	0.0828 [0.057]	0.0009 [0.003]	0.0018 [0.0895]	0.0575 [0.0586]	0.0013 [0.0147]
Gamma	0.8445 *** [0.3073]	0.8652 *** [0.293]	0 [0.0093]	0.0116 [0.1877]	0 [0.0797]	0.0747 [0.0701]
Theta	0.0614 [0.1593]	0.0396 [0.2274]	0.999 *** [0.0045]	0.9845 * [0.5817]	0.9789 *** [0.0491]	0.9072 *** [0.1664]
Parámetro distribucional	13.1998 [18.711]	1.6293 *** [0.5192]	3.3357 *** [0.9052]	0.7651 [0.536]	2.1 *** [0.0057]	0.7307 *** [0.1536]
Indicadores						
R cuadrado	0.6357	0.6375	0.4425	0.454	0.6707	0.6301
Log-likelihood	0.5802	0.5804	0.5658	0.5458	0.5778	0.6243
BIC	126.3134	126.2167	76.9521	76.1836	108.0440	111.3862
Obs	196	196	144	144	148	148

Fuente: Elaboración propia.

En el caso de la ecuación de la varianza, la estimación de la muestra completa sugiere que los residuos rezagados tienen una alta incidencia sobre la volatilidad contemporánea, sin embargo, este resultado no se sostiene para las submuestras. En el caso de las submuestras, es la persistencia de la volatilidad la que juega un rol más importante.

6.3. Interacción entre factores internos y externos

Debido a que tanto el equilibrio monetario en dólares y en córdobas pueden ser relevantes para explicar la dinámica de la mesa de cambio del BCN, se optó por presentar estimaciones en las que ambos factores interactuaran.

En este caso se utilizaron medidas agregadas de los factores internos y externos para tener una especificación parsimoniosa. En otras palabras, se utilizó la expansión/contracción neta de moneda nacional (suma de todas las variables que componen a los factores internos), así como la entrada/salida neta de divisas (la suma de todas las variables que componen los factores externos). Las variables se definieron de forma que un incremento de los factores internos fuese consistente con un aumento de la oferta de liquidez en moneda nacional; mientras que, los factores externos se definieron de forma que un aumento sea consistente con una mayor demanda de la moneda extranjera.

Se debe puntualizar que los factores externos es una medida proxy de la entrada/salida neta de divisas, ya que se excluyen otras fuentes de divisas que pueden ser muy relevantes, como la inversión extranjera directa o los

ingresos por turismo ⁵.

En la Tabla 6 se muestran las estimaciones incorporando ambos tipos de factores. La mejor especificación encontrada sigue sugiriendo que la brecha cambiaria de venta es un factor determinante de las intervenciones cambiarias del BCN. En este sentido, por cada aumento de 1 desviación estándar de la brecha cambiaria, la venta neta de divisas aumenta en 0.35 desviaciones estándar.

Adicionalmente, los factores internos son estadísticamente significativos al 1 %, indicando que las expansiones monetarias se traducen en ventas netas de divisas del BCN. En este sentido, los resultados sugieren que la política monetaria se debe conducir guardando concordancia con la demanda de córdobas.

Por su parte, los factores externos son también estadísticamente significativos. Aumentos en la demanda de divisas resultan en intervenciones cambiarias. Cabe destacar que, considerando la suma de los coeficientes⁶ de los factores internos versus la suma de los coeficientes de los factores externos, las estimaciones sugieren una mayor importancia de los factores externos para explicar las intervenciones cambiarias del BCN. En este sentido, la capacidad del país de continuar generando entradas de divisas es muy importante para la estabilidad del régimen cambiario. Una oferta adecuada de dólares, tal y como se ha observado a lo largo de 2022 y 2023, es consistente con una brecha cambiaria de venta relativamente baja e intervenciones cambiarias para la adquisición de dólares.

En la medida que las importaciones se dinamicen, la demanda de dólares de la economía aumentará y, con ello, habrá mayores presiones sobre la mesa de cambio. Es por lo tanto muy importante para el BCN dar un seguimiento cercano a indicadores de alta frecuencia como la brecha cambiaria, para conocer el estado actual de la demanda relativa de divisas y la demanda relativa de córdobas.

⁵Se optó por excluirlas ya que la información está solo con corte trimestral.

⁶En un modelo con estructura ARDL los coeficientes estimados corresponden a sensibilidades de corto plazo, mientras que la suma se refiere al impacto acumulado. En este caso, es importante destacar que los factores internos tienen una misma naturaleza, que es la de expansión o contracción de la liquidez en córdobas, al igual que la de los factores externos, que es la de expandir o contraer la liquidez en dólares.

TABLA 6: Determinantes de las intervenciones cambiarias del BCN

Muestra Distribución	2002M1:2023M4		2002M1:2017M12		2010M1:2023M4	
	<i>t</i> -student	GED	<i>t</i> -student	GED	<i>t</i> -student	GED
Mesa de cambio (lag1)	0.0237 [0.1755]	0.0526 *** [5e-04]	-0.1469 [0.1296]	-0.0102 *** [2e-04]	0.0741 [0.0868]	0.0556 *** [0.0056]
Brecha de venta	0.2783 * [0.164]	0.3494 *** [0.0014]	0.418 *** [0.111]	0.3845 *** [0.0042]	0.2626 *** [0.0867]	0.2506 *** [0.0043]
Factores internos	0.0197 [0.0247]	0.0351 *** [4e-04]	-0.0035 [0.0378]	0.0143 *** [3e-04]	0.0291 [0.019]	0.0086 *** [2e-04]
Factores internos (lag 3)	0.0589 ** [0.0239]	0.0679 *** [5e-04]	0.0579 * [0.0322]	0.0787 *** [0.001]	0.0689 *** [0.0183]	0.0637 *** [4e-04]
Factores externos	0.0932 *** [0.0328]	0.0372 *** [7e-04]	0.0094 [0.0485]	-0.0025 *** [1e-04]	0.0867 *** [0.0258]	0.0825 *** [0.0022]
Factores externos (lag 3)	0.0216 [0.0265]	0.0093 *** [3e-04]	0.0467 [0.0501]	2e-04 *** [0]	0.0129 [0.0343]	0.0096 *** [5e-04]
Dum(2018)	0.7934 [0.8366]	1.9467 *** [0.0104]			2.1967 *** [0.3911]	2.3739 *** [0.0433]
Dum(Covid)	-0.0722 [0.1526]	-0.1506 *** [0.0027]			-0.0963 [0.1466]	-0.173 *** [0.0023]
Dum Estacional (M2)	0.3622 *** [0.1398]	0.4468 *** [0.0075]	0.5604 *** [0.2074]	0.5091 *** [0.0043]	0.2902 [0.2097]	0.1625 *** [0.0098]
Dum. Estacional (M4)	-0.803 *** [0.2696]	-0.7173 *** [0.0077]	-0.6464 *** [0.1821]	-0.6834 *** [0.008]	-0.8092 * [0.4438]	-0.7785 *** [0.0056]
Dum. Estacional (M11)	-0.2408 *** [0.0817]	-0.1443 *** [0.0043]	-0.1855 * [0.1073]	-0.1655 * [0.0861]	-0.2302 *** [0.0817]	-0.3148 *** [0.0066]

*, **, *** indican significancia estadística al 10%, 5% y 1%, respectivamente.

Errores estándar robustos entre corchetes []

Fuente: Elaboración propia con base en datos del BCN.

6.4. Análisis de robustez: Árboles de decisión

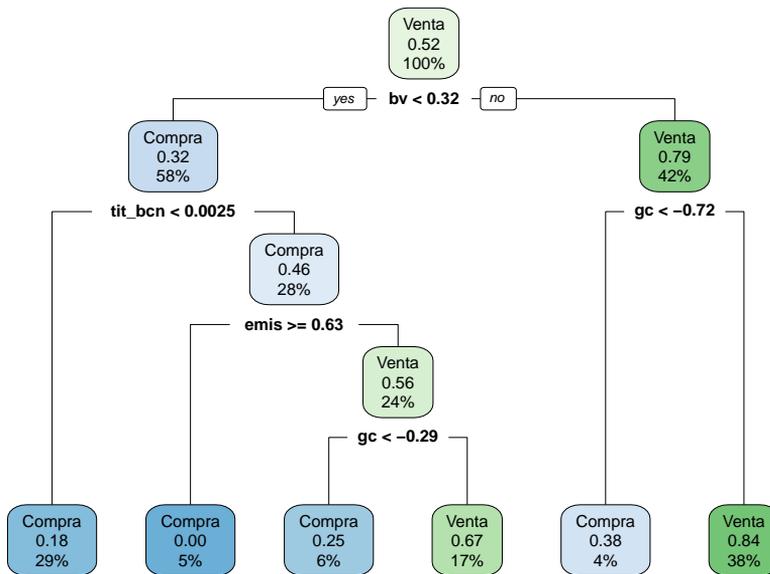
Debido a que las metodologías previamente empleadas son de carácter paramétrico, pueden ser sensibles a no linealidades, valores atípicos y a los supuestos de distribución de los residuos. Por tal motivo, se optó por realizar estimaciones a partir de árboles de decisión, que es una técnica no paramétrica, capaz de modelar relaciones no lineales entre las variables. El árbol de decisión de los factores internos se presenta en la Figura 1.

Los resultados sugieren que la probabilidad de registrar ventas de divisas es ligeramente superior a la de registrar compras (52%). Es importante destacar que el árbol de decisión indica que la variable más importante para indicar la activación de la mesa de cambio es la brecha cambiaria, ya que es la variable que determina el primer nodo, es decir, la primera bifurcación. Es por esta razón que la brecha cambiaria es un indicador de alta relevancia para la conducción de la política monetaria y cambiaria del BCN.

A continuación, para llegar a la rama izquierda del árbol, la brecha cambiaria de venta debe ser inferior a 0.32 desviaciones estándar. En esta rama, la probabilidad de compra neta de divisas es de 0.32%, con el 58% de los casos cayendo en esta rama.

Siguiendo en la misma rama izquierda, el siguiente nodo es la colocación neta de títulos del BCN. El nodo indica que cuando la desviación estándar de las colocaciones netas del BCN es inferior a 0.0025, es decir, el BCN mantiene una posición contractiva, la probabilidad de que se realicen compras de divisas es de 0.18 %, con el 29 % de los casos cayendo en este nodo (baja sobre la subrama izquierda).

FIGURA 1: Árbol de decisión de factores internos



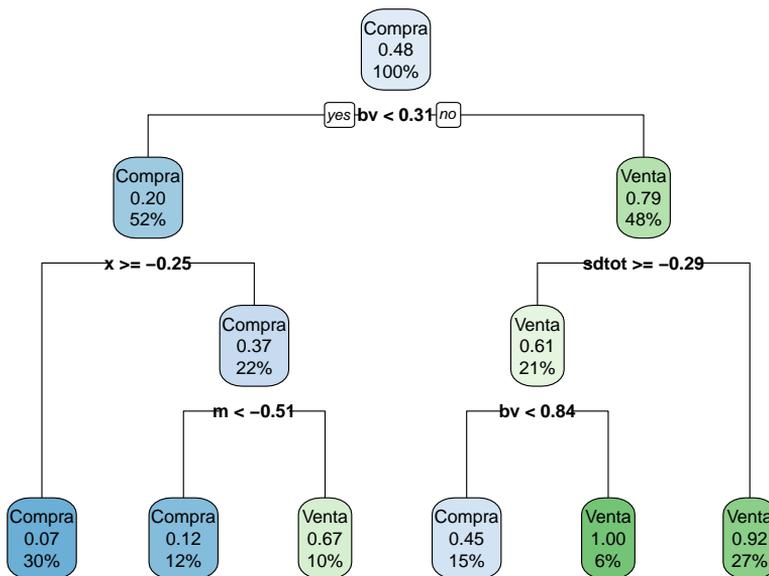
Fuente: Elaboración propia.

Si consideramos una posición expansiva de parte del BCN (subrama derecha), la probabilidad de realizar compras de divisas es del 0.46 % (comprende el 28 % de los casos restantes). En este caso, si la demanda de córdobas es inferior a 0.63 desviaciones estándar, la probabilidad de venta de divisas aumenta a 0.56, con el 24 % de los casos cayendo en esta subrama. En este punto, los traslados netos de recursos del Gobierno Central son los que finalmente determinan si se realiza o no ventas de divisas. Cuando los traslados presentan una desviación estándar inferior a 0.29, la probabilidad de compra es mayor. Cuando el Gobierno Central traslada recursos por debajo de 0.29 desviaciones estándar, o utiliza recursos, la probabilidad de

la venta de divisas es 0.67.

Regresando al primer nodo, en el caso que la brecha cambiaria de venta es superior a 0.32 desviaciones estándar, la probabilidad de venta de divisas es de 0.79, con el 42 % de los casos cayendo en esta rama. En estos casos, la variable que más importa son los traslados que el gobierno realiza hacia el BCN. Si los traslados son equivalentes a 0.72 desviaciones estándar, en la probabilidad de comprar divisas al público será de 0.38 %, con el 4 % de los casos cayendo en esta subrama. Mientras que, si el gobierno traslada menos del equivalente a la 0.72 desviaciones estándar, la probabilidad de vender divisas es del 0.84, con el 38 % de los casos restantes cayendo en esta subrama.

FIGURA 2: Árbol de decisión de factores externos



Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, considerando el árbol de decisión de los factores externos, presentados en la Figura (2), el caso en el que la brecha cambiaria de venta es inferior a 0.31 desviaciones estándar, la probabilidad de comprar divisas es de 0.20, con el 52 % de los casos concentrados en esta rama (izquierda). En este sentido, cuando las exportaciones superan las -0.25 desviaciones

estándar, la probabilidad de comprar divisas es de 0.07 (30 % de los casos restantes), mientras que, si es inferior, la probabilidad de comprar es de 0.37, en dependencia de la dinámica que presenten las importaciones.

Si las importaciones son inferiores a una desviación estándar de -0.51, la probabilidad de comprar divisas es de 0.12 (12 % de los casos restantes), mientras que, si es superior, es decir, se muestran más dinámicas, la probabilidad de vender divisas será de 0.67, con el 10 % de los casos restantes concentrados en esa subrama.

Por su parte, y regresando al primer nodo, si la brecha cambiaria es superior a 0.31 desviaciones estándar, la probabilidad de que se registren ventas de divisas es de 0.79, con el 48 % de los casos en esta rama. En este punto, la probabilidad de vender o no divisas dependerá en mayor medida de los servicios de deuda externa que se estén realizando. Si las condiciones implican realizar pagos de deuda externa superiores al equivalente de 0.29 desviaciones estándar, la probabilidad de vender divisas es de 0.61. En este sentido, la probabilidad de que el BCN realice intervenciones por medio de la venta de divisas es exacerbado por incrementos en el servicio de deuda externa.

Finalmente, se estimó un árbol de decisión empleando tanto los factores internos como los externos. No obstante, esta estimación arrojó un árbol de decisión igual al de la Figura 2. Esto sugiere que los factores externos son, en orden de importancia, más relevantes para explicar la dinámica de la mesa de cambio respecto a los factores internos.

7. Conclusiones

En este documento se aporta evidencia acerca de los factores macroeconómicos que inciden en las intervenciones cambiarias del BCN. Mediante una amplia batería de modelos paramétricos y no paramétricos se brindó evidencia de la importancia en términos estadísticos y la magnitud con la que inciden los factores externos y domésticos sobre la mesa de cambio del BCN.

Los hallazgos indican que los factores externos ligados a la oferta y demanda de divisas son clave para explicar la activación de la mesa de cambio del BCN. Las exportaciones tienden a tener una mayor relevancia, pero también pesa el servicio de deuda y las importaciones, tal y como

lo indica el análisis a través de árboles de decisión. En la medida que se reactiven estas últimas, es posible que la demanda de divisas también incremente y con ello, se pueda observar un cambio en la dinámica de la mesa de cambio, la cual ha comprado divisas en términos netos en los últimos años.

Asimismo, los factores internos también importan y suelen presionar hacia la venta neta de divisas. Esto tiene implicaciones para las políticas monetaria y fiscal, resaltando la necesidad de una coordinación efectiva entre ambas para prevenir presiones innecesarias en la mesa de cambio, propiciando de esta forma estabilidad de las reservas internacionales.

Esta investigación puede servir como punto de partida para estudiar la dinámica del mercado cambiario. Variables como la brecha cambiaria merecen un estudio detallado, ya que ésta es un factor clave en la activación de la mesa de cambio. Por ejemplo, es importante conocer la magnitud del impacto de las reducciones del deslizamiento sobre la brecha cambiaria de venta, tanto en su nivel como en su volatilidad. Adicionalmente, esquemas de proyecciones de alta frecuencia de los factores macroeconómicos relevantes para la mesa de cambio pueden ayudar a mejorar la administración de este mecanismo de intervención y, de esta forma, liberar recursos líquidos (que no ganan intereses) para que puedan ser invertidos en el exterior.

Finalmente, el mercado cambiario es crucial para la estabilidad macroeconómica y de precios de Nicaragua. Por lo tanto, es muy importante continuar profundizando en el estudio del esquema cambiario, sus perspectivas y los factores relevantes que inciden en su dinámica. Si bien la tasa de deslizamiento cambiario se ha fijado en un cero por ciento, la demanda y la oferta relativa de córdobas y dólares continuarán incidiendo sobre el tipo de cambio de mercado. El rol del BCN a través de su esquema de política monetaria, y su coordinación con la política fiscal, es ahora más relevante para la estabilidad del régimen cambiario y, por ende, para la estabilidad macroeconómica de Nicaragua.

Referencias

- Banco Central de Nicaragua (2017), *Informe Anual*.
- Banco Central de Nicaragua (2018), *Informe Anual*.
- Banco Central de Nicaragua (2019), *Informe Anual*.
- Banco Central de Nicaragua (2020a), *Informe Anual*.
- Banco Central de Nicaragua (2020b), *Política Monetaria y Cambiaria del Banco Central de Nicaragua*.
- Banco Central de Nicaragua (2021), *Informe Anual*.
- Banco Central de Nicaragua (2022), *Informe Anual*.
- Enders, W. (2014), *Applied Econometric Time Series*, Wiley.
- Hansen, E. & Morales, M. (2021), ‘When does the central bank intervene the foreign exchange market? estimating a time-varying threshold intervention function’, *International Review of Finance* **21**, 688–698.
- Karacadag, M. C. & Guimarães-Filho, R. (2004), The empirics of foreign exchange intervention in emerging markets: The cases of Mexico and Turkey, Technical report, IMF Working Papers, International Monetary Fund.
URL: <https://ideas.repec.org/p/imf/imfwpa/2004-123.html>
- Malloy, M. M. (2013), Factors influencing emerging market central banks’ decision to intervene in foreign exchange markets, Technical report, IMF Working Papers, International Monetary Fund.
URL: <https://ideas.repec.org/p/imf/imfwpa/2013-070.html>
- Patel, N. & Cavillino, P. (2019), Fx intervention: goals, strategies and tactics, in B. for International Settlements, ed., ‘Reserve management and FX intervention’, Vol. 104, Bank for International Settlements, pp. 25–44.
URL: <https://ideas.repec.org/h/bis/bisbpc/104-02.html>
- Pedregosa, F., Varoquaux, G., Gramfort, A., Michel, V., Thirion, B., Grisel, O. & Duchesnay, E. (2011), ‘Scikit-learn: Machine learning in python’, *Journal of Machine Learning Research* **12**, 2825–2830.

Sheppard, C. (2017), *Tree-based Machine Learning Algorithms: Decision Trees, Random Forests, and Boosting*, CreateSpace Independent Publishing Platform.

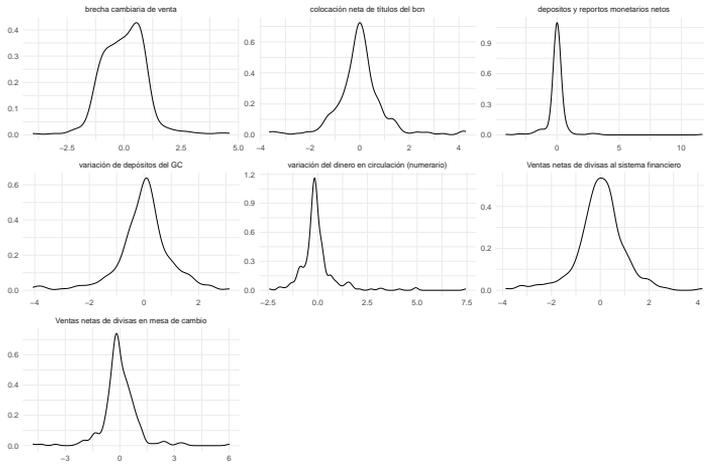
URL: <https://books.google.com.ni/books?id=TBRWtAEACAAJ>

Treminio, J. (2014), Factores macroeconómicos que afectan el traspaso cambiario a precios, Technical Report DT 048, Documentos de Trabajo.

Treminio, J. (2021), Reducciones del deslizamiento cambiario y la inflación doméstica en nicaragua, Technical Report DT 080, Documento de Trabajo.

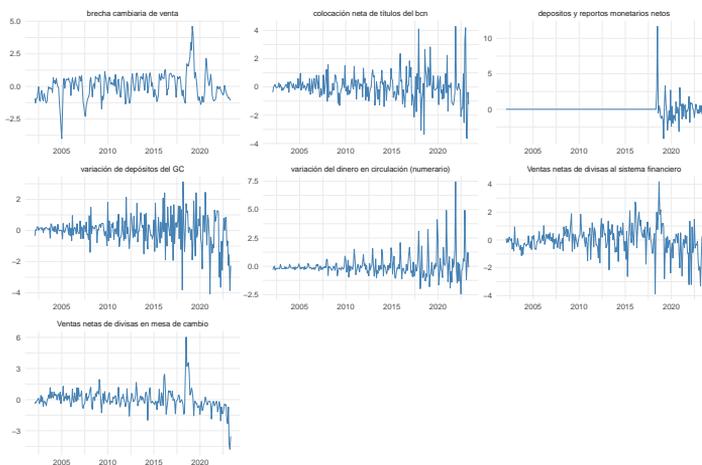
A. Anexos

FIGURA A1: Densidades de los factores internos
(valores estandarizados)



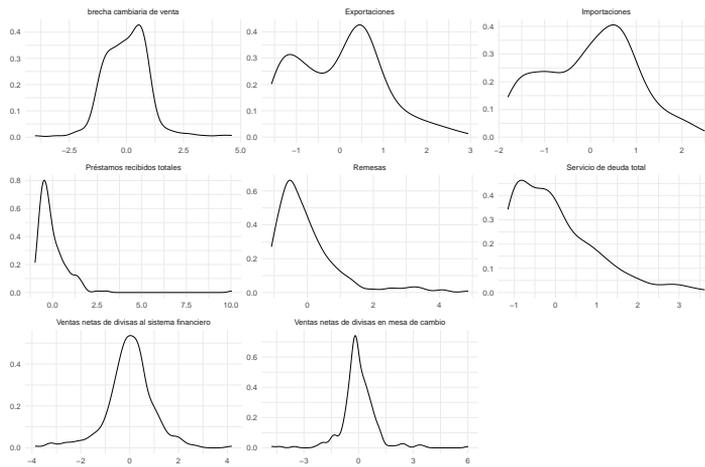
Fuente: Elaboración propia con base en datos del BCN.

FIGURA A2: Evolución temporal de los factores internos
(millones de córdobas y porcentaje)



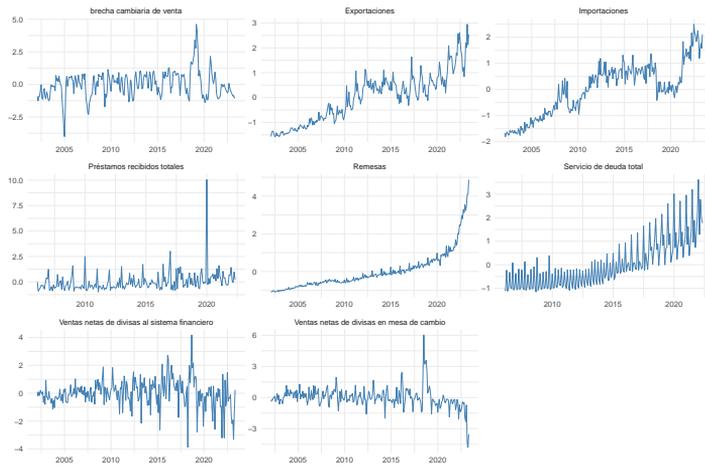
Fuente: Elaboración propia con base en datos del BCN.

FIGURA A3: Densidades de los factores externos
(desviaciones estándar)



Fuente: Elaboración propia con base en datos del BCN.

FIGURA A4: Evolución temporal de los factores externos
(millones de córdobas y porcentaje)



Fuente: Elaboración propia con base en datos del BCN.

