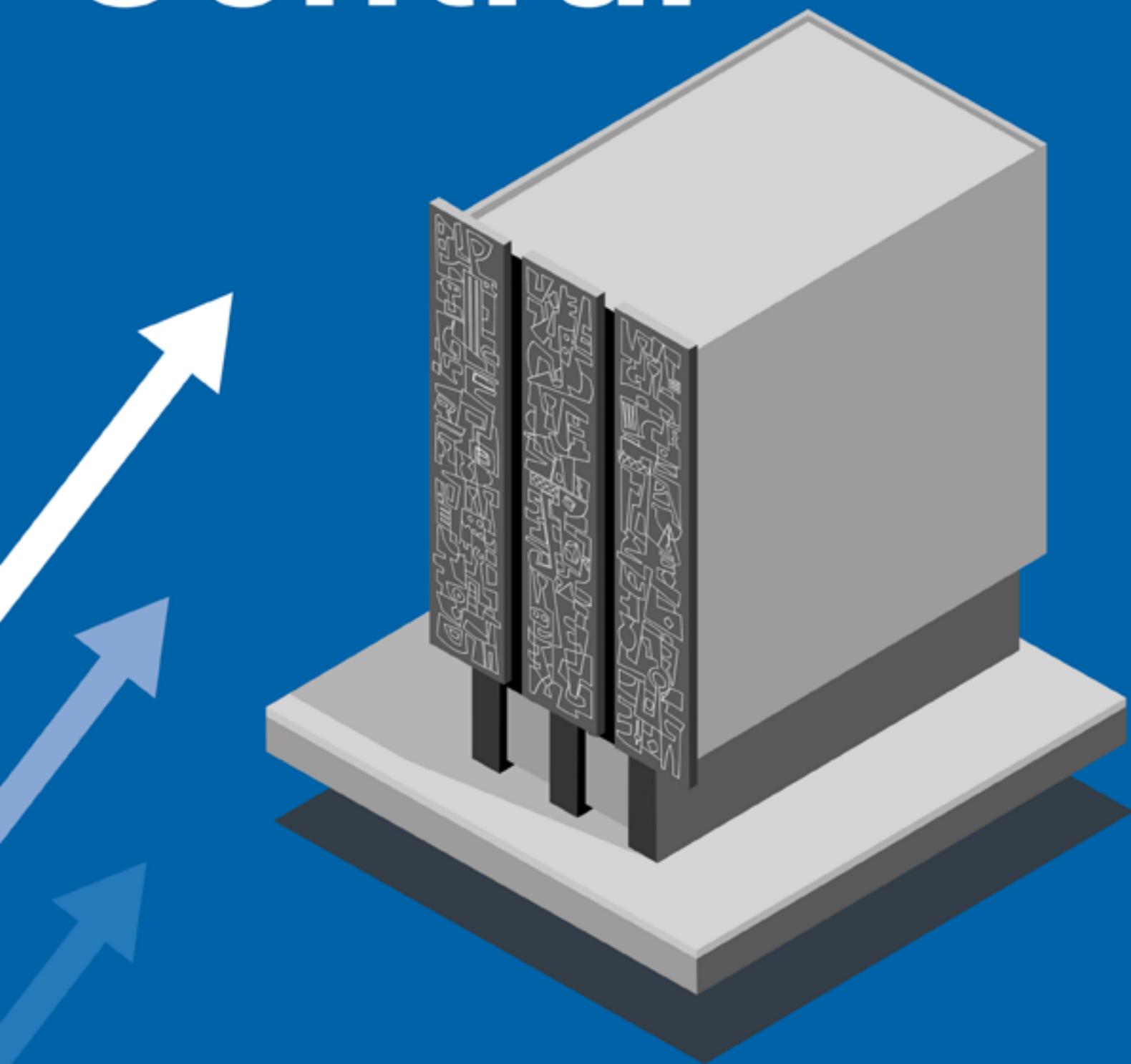
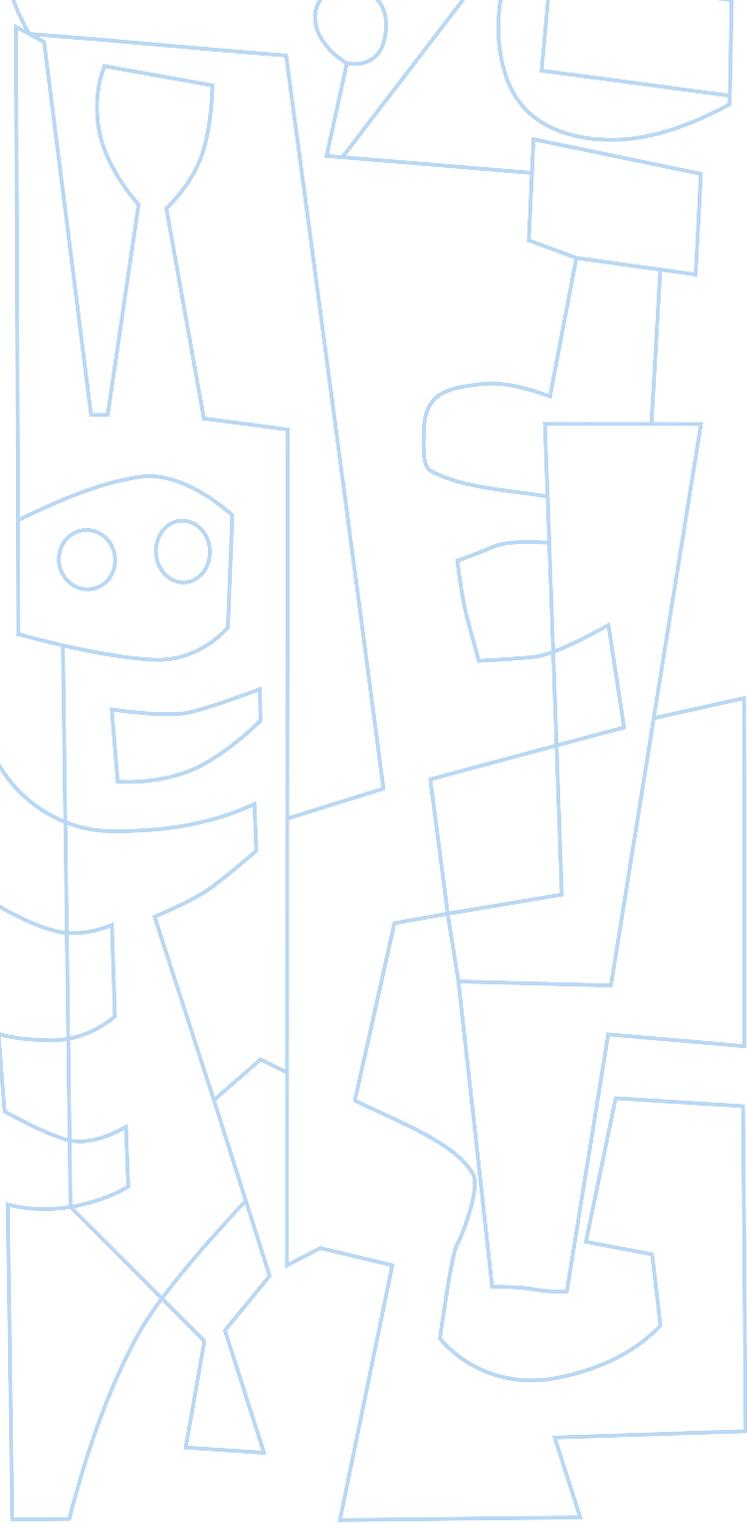


Banca Central





Banco de Guatemala

7a. avenida, 22-01, zona 1, Guatemala, CA

Código postal: 01001

Teléfono: PBX(502) 2429 6000 / 2485 6000 /
2390 6000

Fax: (502) 2429 6086 / 2485 6041

Web: www.banguat.gob.gt

Swift: BAGUGTGC

Banca Central

No. 85
(enero–junio 2023)

CONSEJO EDITORIAL

Director

Johny Rubelcy Gramajo Marroquín

Consejeros

Jorge Vinicio Cáceres Dávila

Leonel Moreno Mérida

Herberth Solórzano Somoza

Juan Carlos Castañeda Fuentes

Coordinación

Ronald Vinicio Ruiz Alonzo

Producción

Leonel Enrique Dubón Quiñonez

Diagramación

María Paulina Tercero González

Servicios secretariales

Ligia Hernández

Edición

Juan Francisco Sagüí Argueta

Impresión

Taller Nacional de Grabados en Acero

Banca Central es una publicación semestral, divulgativa del pensamiento institucional del Banco de Guatemala. Debido a que es una Revista de amplio criterio, también está abierta a ideas no necesariamente coincidentes con las del Banco.

Los colaboradores de la Revista son entera y exclusivamente responsables por sus opiniones y, por consiguiente, estas no reflejan la posición oficial del Banco, a menos que ello se haga constar expresamente.

Es libre la reproducción de los artículos, gráficas y cifras que figuren en la Revista, siempre y cuando se mencione la fuente.

Toda correspondencia deberá dirigirse a: Revista Banca Central, Banco de Guatemala, 7ª. avenida, 22-01, zona 1. Código Postal No. 01001.

ÍNDICE

Presentación 3

Estacionariedad de la inflación en Guatemala: evidencia a partir de pruebas de raíz unitaria 5

José Javier Monroy Taracena

Inteligencia artificial y la implementación de *Machine Learning* para el análisis de series de tiempo, la inflación en Guatemala 35

Kevin Cristopher Juventino Alvarado Maldonado

Componente común del IPC: una medida alternativa de inflación subyacente para Guatemala 51

Juan Manuel Jiménez Cruz

El mercado secundario para instrumentos financieros del sector público en Guatemala 73

Juan Carlos Castañeda F.
José Roany Toc Bac

Secciones permanentes

Junta Monetaria 115

Autoridades y funcionarios superiores del Banco de Guatemala 116

Red nacional de Bibliotecas del Banco de Guatemala 117



PRESENTACIÓN

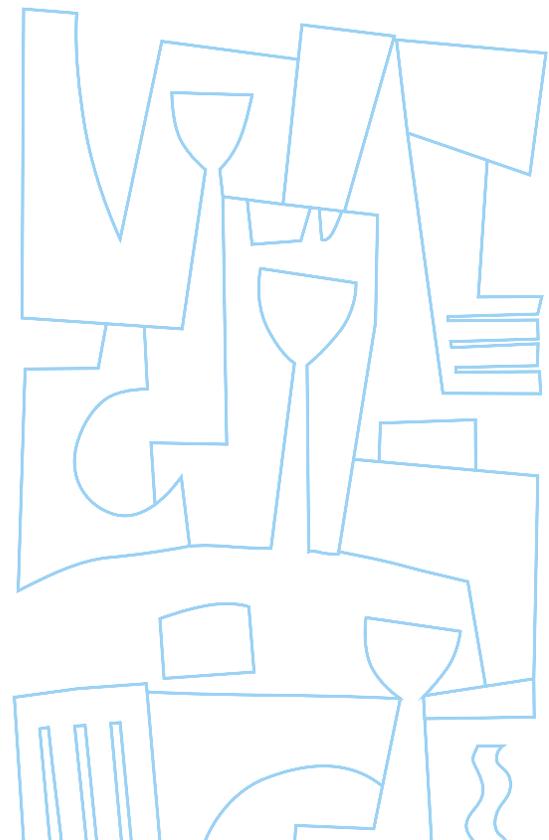
La edición enero-junio 2023 de la revista Banca Central, publicación semestral del Banco de Guatemala, ofrece los trabajos especializados de analistas que laboran en el banco central guatemalteco como un aporte para estudiantes, docentes e investigadores de las ciencias económicas, tanto nacionales como internacionales.

La primera investigación se denomina *Estacionariedad de la inflación en Guatemala: evidencia a partir de pruebas de raíz unitaria*, del autor **José Javier Monroy Taracena**, en la cual analiza el éxito del esquema de metas explícitas de inflación (EMEI) en Guatemala, en cuanto a la capacidad del Banco de Guatemala para alcanzar la meta anunciada y mantener la inflación alrededor de la misma. Monroy postula, a partir de autores citados en su trabajo, que si un banco central es exitoso en su compromiso con la estabilidad de precios, entonces las desviaciones de la inflación observada, respecto a la meta, deben ser una serie estacionaria. Su estudio emplea pruebas de raíz unitaria convencionales y una prueba que toma en consideración un quiebre estructural en los datos. Su documento, sostiene el autor, se basa en el análisis expuesto por (Turkay & Sencer Atasoy, 2019) y añade que la contribución de su investigación consiste en una metodología para evaluar la persistencia de los desvíos positivos y negativos de la meta, afirmando que este es el primer estudio de su tipo en Guatemala.

El trabajo *Inteligencia artificial y la implementación de Machine Learning para el análisis de series de tiempo, la inflación en Guatemala*, de **Kevin Cristopher Juventino Alvarado Maldonado**, explica el *Machine Learning* como identidad de la inteligencia artificial y cómo esta puede ser implementada en el análisis de series de tiempo del ámbito económico y financiero para mejorar la estimación de modelos y la efectividad de sus pronósticos en esta investigación, tomando como base la inflación del país objeto del análisis. En el estudio se realiza la comparación entre los modelos econométricos ARIMA, Sarima y Sarimax, y los modelos de *Machine Learning Linear Regression, Random Forest y Long Short Term Memory*. Alvarado sostiene que los pronósticos pueden impactar grandemente en las expectativas y que estas pueden tener considerables implicaciones económicas, por lo cual es muy importante poder generar pronósticos certeros, donde en la actualidad los métodos más aceptados por la comunidad para obtener pronósticos son los métodos econométricos, y añade que es esencial discutir la relevancia que tienen los métodos de *Machine Learning* para el análisis de las series de tiempo y sus implicaciones en el ámbito económico y econométrico, donde la adopción de estas ha sido muy lenta y ha encontrado resistencia, en parte la misma se debe a la complejidad para entender e implementar estos algoritmos, pero a lo largo de la investigación se explica de manera simplificada la esencia de cada método y se provee a los lectores con la implementación en código de *Python* en la presentación de un *Jupyter Notebook*.

En la investigación *Componente común del IPC: una medida alternativa de inflación subyacente para Guatemala*, su autor **Juan Manuel Jiménez Cruz** presenta una propuesta de medida alternativa para la inflación subyacente del país de estudio, considerando que la mayoría de los bancos centrales tienen como objetivo fundamental la estabilidad en el nivel general de precios, bajo la premisa que es el mejor aporte que la política monetaria puede brindar al logro del crecimiento económico sostenible. La medida de inflación subyacente propuesta por el autor emplea un modelo factorial basado en el análisis de componentes principales con el fin de extraer un componente común que explique las variaciones en los precios de todas las divisiones del gasto del IPC y no se vea afectado por fluctuaciones específicas de las divisiones del gasto.

En el documento *El mercado secundario para instrumentos financieros del sector público en Guatemala*, de los autores **Juan Carlos Castañeda F. y José Roany Toc Bac** abordan, de manera descriptiva, la evolución del mercado secundario de instrumentos financieros del sector público de Guatemala, con la finalidad de proveer elementos para evaluar el entorno que dicho mercado secundario brinda para el funcionamiento del mecanismo de transmisión monetaria en la economía guatemalteca. Añaden que con una estructura de plazos orientada al corto plazo en el mercado de reportos y con montos poco significativos en el mercado de compra-venta definitiva de instrumentos, las condiciones de desarrollo del referido mercado secundario son todavía incipientes, lo cual se hace evidente al comparar indicadores de liquidez de dicho mercado financiero con los indicadores correspondiente de algunas economías seleccionadas. Su investigación documenta la evolución y desarrollo del mercado secundario para instrumentos financieros públicos, conformados por Bonos del Tesoro del Gobierno de Guatemala y depósitos a plazo constituidos en el Banco de Guatemala.





Estacionariedad de la inflación en Guatemala: evidencia a partir de pruebas de raíz unitaria

José Javier Monroy Taracena

Resumen

El presente estudio analiza el éxito del esquema de metas explícitas de inflación (EMEI) en Guatemala, en términos de la capacidad del Banco de Guatemala para alcanzar la meta anunciada y mantener la inflación alrededor de ella. Siguiendo a (Svensson, 1997) y (Mishkin, 2009) se postula que si un banco central *inflation targeter* es exitoso en su compromiso con la estabilidad de precios, entonces, las desviaciones de la inflación observada respecto a la meta deben ser una serie estacionaria. Se emplean pruebas de raíz unitaria convencionales y una prueba que toma en consideración un quiebre estructural en los datos. El documento se basa en el análisis expuesto por (Turkay & Sencer Atasoy, 2019). La contribución del presente estudio consiste en una metodología para evaluar la persistencia de los desvíos positivos y negativos de la meta. Este es el primer estudio de su tipo en Guatemala. Con significancia estadística, los resultados de todas las pruebas de raíz unitaria muestran presencia de estacionariedad, y proveen evidencia en favor del éxito del EMEI en Guatemala. Estos hallazgos complementan los de otros métodos previamente empleados para la evaluación del régimen (Castañeda Fuentes y otros, 2021), (Pérez Macal, 2021) y (Avendaño Estrada & Orellana Camargo, 2020) en el país. Los resultados tienen importantes consecuencias sobre la credibilidad del Banco de Guatemala, la generación de pronósticos de inflación, el anclaje de las expectativas, el costo de la política monetaria, entre otros.

Abstract

This study analyzes the success of inflation targeting in Guatemala in terms of Banco de Guatemala's ability to achieve the announced target and keep the inflation rate around it. Following (Svensson, 1997) and (Mishkin, 2009), this study posits that if an inflation-targeting central bank is successful in its commitment to price stability, deviations of inflation from the target should be a stationary series. The paper employs both conventional unit root tests and one that considers a structural break in the data. This document is based on the analysis exposed by (Turkay & Sencer Atasoy, 2019). The study's contribution to the literature consists of a methodology to evaluate the persistence of the deviations, both positive and negative, from the target. This is the first paper of its kind in Guatemala. With statistical significance, the results of all the unit root tests show presence of stationarity and further provide evidence of the frameworks' success in Guatemala. These findings supplement those from other methods previously employed to evaluate inflation targeting (Castañeda Fuentes y otros, 2021), (Pérez Macal, 2021) and (Avendaño Estrada & Orellana Camargo, 2020) in the country. The results have important consequences on Banco de Guatemala's credibility, inflation forecasts, anchoring of inflation expectations, the cost of monetary policy, among others.

Planteamiento del problema

La evaluación del régimen de política monetaria de un banco central es una tarea relevante. La efectividad del esquema de metas explícitas de inflación¹ (EMEI) en Guatemala ha sido explorada previamente por (Avendaño Estrada & Orellana Camargo, 2020), (Pérez Macal, 2021) y (Castañeda Fuentes y otros, 2021). Estas investigaciones examinan, respectivamente, la credibilidad de la autoridad monetaria, el anclaje de las expectativas y el desempeño de la economía; todas a partir de la implementación del EMEI. En general, los resultados de los estudios son favorables para el *inflation targeting* en el corto y mediano plazo en el país.

La estacionariedad de la inflación, por otro lado, representa una metodología que evalúa la efectividad del *inflation targeting* en términos del compromiso del banco central con la estabilidad de precios. Este tipo de análisis establece que, si un banco central *inflation targeter* es exitoso en su misión de mantener la inflación dentro del rango meta, las desviaciones de la inflación respecto de la meta deben ser una serie estacionaria (Svensson, 1997). Esta es la hipótesis del presente estudio.

El estudio de (Culver & Papell, 1997) es uno de los primeros en la materia. Este documento, si bien investiga el fenómeno de la estacionariedad, no lo hace bajo el contexto de países con *inflation targeting*. Sus resultados son mixtos, y pueden argumentar estacionariedad solo bajo ciertas condiciones. El estudio de (Turkey & Sencer Atasoy, 2019), en contraste, evalúa la estacionariedad para las series de distintos países que han adoptado el *inflation targeting*. Este trabajo emplea la misma hipótesis que el presente documento. Sus resultados indican, en general, éxito del *inflation targeting* tanto para economías desarrolladas como emergentes.

Para el caso de Guatemala, la estacionariedad de la inflación es un tema aún inexplorado. Con cerca de 18 años desde la implementación del EMEI, se tiene los suficientes datos para llevar a cabo el análisis. Los resultados de este tipo de metodología son relevantes para la credibilidad del banco central, los pronósticos de la inflación, el costo de la política monetaria, entre otros. Por ello, se estima oportuno examinar la estacionariedad de las desviaciones de la inflación en Guatemala, a partir de la implementación del régimen.²

El presente documento realiza dos pruebas de raíz unitaria convencionales y una prueba que considera la presencia de un quiebre estructural. Además, aporta a la literatura una metodología para evaluar la persistencia de las desviaciones positivas y negativas respecto de la meta. Con alta significancia estadística, se encuentra presencia de estacionariedad en todas las pruebas. Asimismo, se evidencia que, en promedio, los desvíos positivos de la meta son iguales a los negativos.

El documento contribuye a los esfuerzos por evaluar el marco de política monetaria del Banco de Guatemala, complementando estudios del mismo tema elaborados por otros autores del país. Los resultados no pretenden dar una respuesta única ni definitiva para la evaluación del EMEI en Guatemala; representan hallazgos suplementarios que pueden ser utilizados para futuros estudios de temas afines.

¹ A partir de este punto, los términos «EMEI», «metas de inflación» e «*inflation targeting*» serán empleados indistintamente para referirse al esquema de metas explícitas de inflación.

² Según (Junta Monetaria, 2004), la adopción formal del EMEI en Guatemala ocurre el 1 de enero de 2005.

Revisión literaria

Rol del banco central

El presente apartado elabora sobre las ideas expuestas en (Mishkin, 2009), donde se argumenta que los bancos centrales modernos deben regirse por los siguientes siete principios para alcanzar resultados exitosos en la conducción de su política monetaria:

- Promover la estabilidad de precios
- Evitar el problema de la inconsistencia temporal
- Reconocer el aspecto *forward looking* de la política monetaria
- Cumplir con la rendición de cuentas
- Considerar las fluctuaciones del producto, así como las de los precios
- Reconocer la asociación entre las recesiones y la inestabilidad financiera
- Mantener una alineación con la política fiscal

La estabilidad de precios (i.e. una inflación baja y estable) es beneficiosa para la economía, pues reduce la incertidumbre sobre los precios relativos y el nivel de precios futuro, lo cual facilita la toma de decisiones para los individuos (v.g. les permite elaborar contratos o planificar sus decisiones de consumo futuro). Una inflación baja y estable incrementa la eficiencia económica, el número de recursos productivos empleados y en última instancia, promueve el crecimiento económico. El objetivo primordial de largo plazo de la política monetaria debe ser la estabilidad en el nivel de precios.

El problema de la inconsistencia temporal hace referencia a los incentivos del hacedor de política para perseguir objetivos de empleo o producto de corto plazo (sacando provecho de la relación negativa de ambas variables con la inflación de corto plazo) a costa de resultados adversos en el largo plazo. Si un banco central busca perseguir objetivos cortoplacistas a través de una política monetaria expansiva, se encontrará con que los agentes ya habrán incorporado estas posibles acciones en sus expectativas, de tal manera que ni el producto ni el empleo incrementarán en el largo plazo, sino únicamente la inflación.

La característica *forward looking* de la política monetaria proviene del hecho que existen considerables rezagos entre la implementación de las acciones de política y la obtención de resultados sobre el producto (o empleo) y la inflación. El banco central debe tener en cuenta la importancia de las expectativas de los agentes y actuar preventivamente.

Los bancos centrales deben otorgar importancia a las fluctuaciones del producto, así como a las de los precios. Esto no viola el objetivo primordial de la autoridad monetaria, pues este es establecido como «primordial» en el largo plazo, y no el corto. El grado de importancia que el banco central le otorgue a las variaciones del producto depende de la velocidad con la cual se regrese a la estabilidad de precios.

A diferencia de lo que sucede con otras variables económicas (v.g. PIB, déficit fiscal), la estabilidad de precios carece de una definición formal. Para solventar este problema, es necesario adoptar lo que se conoce como un «ancla nominal» explícita, que ate la definición de estabilidad de precios a una variable numérica verificable. Algunos tipos de anclas nominales son: un tipo de cambio fijo, una meta de agregado monetario, un nivel de índice de precios determinado o una meta de tasa de inflación.

Nótese que en todos los casos se está hablando de una variable nominal. Cabe preguntarse por qué si las variables reales son siempre mejores indicadores del desempeño económico (v.g. desempleo, PIB real), un banco central debería centrar su atención sobre una variable nominal. La razón es que las variables naturales o potenciales son inobservables. Por ejemplo, como el producto potencial no es observable, un banco central desconoce si perseguir un objetivo del 3% para la tasa de crecimiento del PIB real es una meta factible, inalcanzable o trivial (Mankiw, 2014).

(Mishkin, 2009) define la independencia de metas como la habilidad del banco central para establecer por cuenta propia las metas hacia las cuáles encaminar su política monetaria. La independencia de instrumentos hace referencia a la habilidad que tiene el banco central de escoger e implementar las herramientas que considere necesarias para alcanzar dichas metas. En principio, puede pensarse que un banco central debe ser independiente en metas e instrumentos. Podría sugerirse el nombramiento de banqueros centrales altamente conservadores, que ponderasen la estabilidad de precios por sobre las variaciones en el producto. Esto resultaría en una baja inflación, pero a cambio de una mayor (a la tolerada por el público) variabilidad de la producción.

Lo anterior es inviable por dos razones. En primer lugar, porque el banco central impondría sobre la economía preferencias distintas a las del público, lo cual resulta antidemocrático. En segundo lugar, porque sería visto como un banco central que persigue objetivos distintos a los deseados por los agentes, causando la erosión del apoyo público con el tiempo.

Las metas de un banco central deben estar determinadas por el gobierno electo del país (i.e. el banco central debe ser dependiente en cuanto a sus objetivos). Asimismo, el gobierno debe establecer el compromiso con el ancla nominal explícita. No obstante, los bancos centrales cuentan con prestigio y experiencia en su materia, por ello, los gobiernos sacan siempre más provecho al consultar el establecimiento de las metas con los propios bancos centrales.

Existen al menos dos razones por las cuales no puede sugerirse la dependencia para el caso de los instrumentos (Mishkin, 2009). En primer lugar, la capacidad de elegir sus propias herramientas de política monetaria aísla aún más al banco central de presiones políticas que busquen explotar la relación de corto plazo entre inflación y producto. En segundo lugar, esta independencia hace que el banco central sea más *forward looking*, ya que se ve obligado a incorporar largos rezagos entre las acciones de política monetaria sobre la inflación, en la utilización de sus instrumentos.

La rendición de cuentas consiste en la exigencia de reportes o comparecencias periódicas ante el gobierno (generalmente el poder legislativo), por parte del gobernador o presidente del banco central. El ancla nominal explícita discutida anteriormente juega un papel clave en la rendición de cuentas. Sin un ancla nominal, el criterio bajo el cual el banco central debe ser juzgado resulta nebuloso, lo cual dificultaría hacerle responsable por las decisiones de política tomadas.

La transparencia y la credibilidad de un banco central reducen la incertidumbre acerca de la política monetaria, las tasas de interés y la inflación, lo cual facilita la planificación de los agentes privados. Esto también incentiva el debate público acerca de las acciones de política monetaria y aclara lo que el banco central puede y debe alcanzar en la economía. A medida que un banco central puede demostrar su compromiso con una inflación baja y estable, las expectativas de inflación de los agentes comienzan a disminuir.

La construcción del apoyo público y la credibilidad del banco central tienen la ventaja de poderse llevar a cabo aún en ausencia de una legislación formal. El éxito sostenido de la política monetaria, en términos del cumplimiento con métricas debida y previamente definidas, resulta ser una manera. A su vez, si los agentes perciben el compromiso del banco central con la estabilidad de precios, la ejecución de la política monetaria se ve suavizada.

Régimen de agregados monetarios

La presente sección elabora sobre las ideas expuestas por (Mishkin, 2009) en cuanto a las características, ventajas y desventajas del régimen de agregados monetarios³ como marco de política de un banco central. Se expone la forma de operar de los bancos centrales previo a la adopción del *inflation targeting*, para comprender cómo y por qué se hizo la transición hacia él.

El fundamento para la adopción de un régimen de agregados monetarios se basa en algunos de los argumentos desarrollados del apartado anterior: el hecho de que la política monetaria expansiva no puede explotar la relación entre inflación y producto en el largo plazo; el que una inflación baja y estable promueve el crecimiento económico; y el que un ancla nominal explícita acarrea ventajas tanto para la economía como para el propio banco central.

Los anteriores argumentos apoyan la idea propuesta por los monetaristas de que los bancos centrales deben enfocarse en controlar la tasa de crecimiento de un agregado monetario. Esta corriente comenzó a ser adoptada a mediados de la década de 1970 por varios países industrializados. La Tabla 2.1 expone algunos de estos casos.

Tabla 2.1

Esquemas de agregados monetarios para algunos países industrializados

País	Año de adopción	Agregado meta
Estados Unidos	1975	M2
Reino Unido	1976	M3
Canadá	1975	M1
Alemania	1974	Dinero del banco central
Suiza	1974	M1
Japón	1978	M2

Nota. Elaboración propia con base en (Mishkin, 2009).

Un régimen de *monetary targeting* requiere de tres elementos. En primer lugar, el agregado elegido como meta debe ser confiable en cuanto a la información que contiene de la economía. En segundo lugar, debe haber un anuncio de la meta del agregado monetario a mediano plazo. En tercero, debe haber un mecanismo de rendición de cuentas que ayude a evitar extensas o sistemáticas desviaciones de la meta.

Pueden mencionarse dos ventajas del régimen de agregados monetarios. Primero, permite anclar las expectativas y reducir la inflación. Esto sucede debido a que los valores de los agregados monetarios son reportados en el muy corto plazo (generalmente algunas semanas), lo cual admite que puedan enviar señales casi inmediatas al público sobre la posición de la política monetaria. Segundo, y relacionado con lo anterior, este esquema fomenta una casi instantánea rendición de cuentas por parte de la autoridad monetaria.

Sin embargo, ambas ventajas descansan sobre un supuesto clave: debe haber una fuerte relación entre la inflación y el agregado meta. Si hay cambios fuertes en la velocidad del dinero, esta relación se torna débil, lo cual provoca que acertar a la meta de crecimiento del agregado no produzca los resultados deseados sobre la inflación. Este hecho por sí solo consiste una violación al primer y tercer elementos necesarios para la implementación del *monetary targeting*. Salvo contadas excepciones, el esquema de agregados monetarios fue incapaz de proveer una buena ancla nominal o de anclar las expectativas.

El tiempo de operación del esquema de agregados monetarios fue relativamente corto. Para principios de la década de 1980, Estados Unidos, Reino Unido y Canadá lo habían abandonado formalmente. Suiza (aunque se considera que lo implementó con cierto grado de éxito) lo hizo en 1999 (Mishkin, 2009).

³ A partir de este punto, los términos «régimen de agregados monetarios», «agregados monetarios» y «*monetary targeting*» serán empleados indistintamente.

En el caso de los primeros tres países, se atribuye el abandono del régimen a dos factores. En primer lugar, porque ninguno de los países lo implementó seriamente (v.g. tenían múltiples agregados meta, cambiaban la base del agregado o no anunciaban las metas con la misma regularidad). En segundo lugar, debido a la creciente inestabilidad entre la inflación y el agregado meta, causada, entre otros, por las innovaciones financieras.

A pesar del aparente fracaso del *monetary targeting* en las economías desarrolladas, estas no percibieron episodios de inestabilidad monetaria significativa durante las décadas de 1980 y 1990, como sí ocurrió en América Latina. En 1989, la inflación promedio para la región fue de 400% (Mishkin, 2009). Para Guatemala, la tasa de inflación más elevada se dio en 1990, con un valor de 59.81% (Banco de Guatemala, s.f.).

Guatemala se regía bajo un esquema de tipo de cambio fijo antes de 1989. En ese año se adopta el régimen

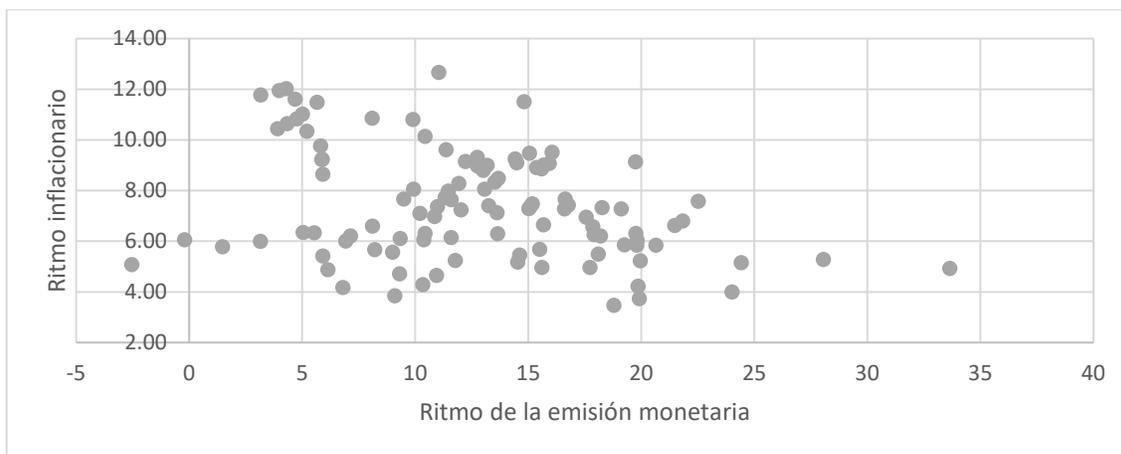
de agregados monetarios,⁴ el cual mantiene hasta finales de 2004.⁵ El agregado meta establecido fue la emisión monetaria (Castañeda Fuentes y otros, 2021).

En Guatemala, las metas de crecimiento del agregado objetivo eran calculadas con base en el crecimiento esperado anual de la economía, el aumento esperado de la velocidad de dicho agregado y la meta anual de inflación. Entre los factores que causaron el deterioro de la relación entre la emisión monetaria y la inflación puede mencionarse al establecimiento del sistema de tipo de cambio flexible y las innovaciones financieras (Castañeda Fuentes y otros, 2021).

La Figura 2.1 muestra la relación entre la inflación y el crecimiento de la emisión monetaria hacia el final del régimen de agregados monetarios en Guatemala.⁶ La nube de puntos resulta bastante dispersa y no denota ninguna correspondencia claramente positiva o negativa. Esto habría resultado en el incumplimiento del supuesto clave para la operatividad del régimen.

Figura 2.1

Emisión monetaria e inflación en Guatemala, de 1996 a 2004



Nota. Elaboración propia con base en (Banco de Guatemala, s.f.) y (Banco de Guatemala, s.f.). Ambas series están expresadas en porcentajes. Su frecuencia es mensual y van desde enero de 1996 hasta diciembre de 2004. El ritmo de la emisión monetaria es calculado como la variación porcentual entre el mismo mes de dos años consecutivos, en congruencia con el cálculo del ritmo inflacionario.

⁴ Según menciona (Mishkin, 2009), ningún banco central de América Latina, incluyendo al Banco de Guatemala, podía afirmar que verdaderamente practicaba el *monetary targeting*. Esto se debe a que únicamente cumplían con el primero de los tres elementos necesarios para la implementación del régimen (usar la información contenida en un agregado monetario para conducir su política monetaria). En su lugar, debe considerarse a estos marcos de política como métodos por los cuales los bancos centrales hacían referencias tanteadas para los agregados monetarios, mientras mantenían cierto grado de discrecionalidad e independencia.

⁵ El período 2000–2005 corresponde a la fase de transición hacia el EMEI (Castañeda Fuentes y otros, 2021).

⁶ La información de la emisión monetaria previo a 1995 no se encuentra disponible en la página oficial del Banco de Guatemala. El ritmo inflacionario mensual tiene únicamente información a partir del año 1996.

Una notable excepción al descalabro del *monetary targeting* resulta ser el caso de Alemania, donde el esquema de agregados monetarios tuvo un éxito considerable. Esto se debió, entre otros, a que el agregado meta no seguía una regla estricta de crecimiento constante, ni era el objetivo exclusivo de la política monetaria. La autoridad alemana permitió crecimientos del agregado por fuera de sus metas y luego corregía los *under* y *overshootings*. Asimismo, no ignoraba por completo objetivos cambiarios o de producción.

Dado que incluso Alemania (posiblemente el mejor *monetary targeter*) fallaba en su objetivo de crecimiento del agregado monetario en cerca del cincuenta por ciento de las veces (Mishkin, 2009), el efímero éxito del esquema debe ser visto más como un avance en términos de la transparencia, comunicación y rendición de cuentas del banco central; características que luego serían atributos esenciales de los esquemas de metas de inflación.

Régimen de metas de inflación

El relativo fracaso del esquema expuesto en el apartado anterior promovió la búsqueda de un ancla nominal mejor. Esto resultó en el desarrollo de los esquemas de metas de inflación en la década de 1990. Como su nombre lo sugiere, este régimen consiste en anuncios de rangos meta para la tasa de inflación por parte de la autoridad monetaria, a uno o más horizontes. También requiere el reconocimiento explícito de que el objetivo primordial de la política monetaria es una inflación baja y estable (Mishkin, 2009).

El *inflation targeting* evolucionó a partir del *monetary targeting* incorporando algunos de los mejores elementos de este último, a saber: el compromiso del banco central con una inflación baja y estable como el objetivo primordial de largo plazo de la política monetaria; la transparencia y comunicación con el público acerca de los objetivos de la política monetaria, y las formas en las que se planean alcanzar; y la rendición de cuentas en cuanto al cumplimiento con la meta de inflación.

El régimen de metas de inflación difiere del de agregados monetarios en dos aspectos clave. En primer lugar, se sustituye la meta de crecimiento del agregado monetario por una meta de tasa de inflación. Esta meta tiene un límite superior e inferior, de tal manera que no se trata de un valor puntual, sino de un rango centrado en dicho valor. En segundo lugar, emplea el uso de una estrategia de información inclusiva, con un reducido papel para los objetivos intermedios.

El suelo del rango meta debe ser considerado igual de vinculante que el techo. El banco central ha de reconocer que los *undershoots* son igual de costosos que los *overshoots*. Si la autoridad monetaria es percibida como obsesionada con una baja inflación (sacrificando la estabilidad del producto), el apoyo del público puede erosionarse. El banco central debe reaccionar simétricamente ante choques positivos y negativos, es decir, debe tener preferencias simétricas.

En 1990, Nueva Zelanda fue el primer país en adoptar el EMEI. Según (Jahan, 2017), en 2017 un total de 38 países había adoptado el esquema,⁷ entre ellos 8 pertenecientes a Latinoamérica. Guatemala adoptó formalmente el régimen en 2005 (Junta Monetaria, 2004), después de un período de transición de cinco años.

El EMEI tiene al menos tres ventajas sobre un régimen de agregados monetarios (Mishkin, 2009). En primer lugar, no depende de una relación estable entre los agregados monetarios y la inflación. Así, incluso cambios drásticos en la velocidad del dinero son irrelevantes para la política monetaria. Segundo, produce una mejor configuración para la política monetaria debido a que incorpora más información de la economía, y no solo aquella asociada al agregado monetario. Tercero, la meta de inflación resulta ser una variable más fácil de entender y rastrear por parte del público (i.e. los agentes experimentan de primera mano cambios en los precios, no así los cambios en la cantidad de dinero en circulación). Además, un esquema de metas de inflación requiere que el banco central cumpla con todos los principios expuestos al inicio de esta revisión literaria.

⁷ Los países se categorizan como *inflation targeters* según la base de datos del AREAER del FMI (Jahan, 2017).

(Mishkin, 2009) afirma que, en la práctica, la implementación de este régimen ha causado mejoras en el desempeño económico de los países, siendo algunas de ellas las siguientes:

- El valor, la volatilidad y la persistencia de la inflación han disminuido.
- La volatilidad del producto ha disminuido o se ha mantenido.
- El efecto traspaso ha sido atenuado.
- Las expectativas de inflación de largo plazo tienden a modificarse en menor medida ante choques en la inflación observada.

La Tabla 2.2 muestra el proceso de consolidación del EMEI en Guatemala y la convergencia hacia la meta de inflación de mediano plazo (a partir de 2013) de $4\% \pm 1$ punto porcentual (Castañeda Fuentes y otros, 2021).⁸

Tabla 2.2

Metas de inflación en Guatemala, de 2005 a 2022

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	MMP
2004	4%-6%	4%-6%							
2005		6%±1pp	5%±1pp						
2006			5%±1pp	4.5%±1pp					
2007				5.5%±1pp	5.5%±1pp				
2008					5.5%±1pp	5%±1pp			4%±1pp
2009						5%±1pp	5%±1pp		4%±1pp
2010							5%±1pp	4.5%±1pp	4%±1pp
2011								4.5%±1pp	4%±1pp
2012									4%±1pp
...									4%±1pp
2022									4%±1pp

Nota. Adaptado de (Avendaño Estrada & Orellana Camargo, 2020) e incorporando información de (Junta Monetaria, 2012) y (Junta Monetaria, 2021). Las celdas en blanco significan que no se estableció ninguna meta de inflación para ese período (arriba de la diagonal), o bien, que el período ya había transcurrido (debajo de la diagonal). «MMP» hace referencia a la meta de mediano plazo. La forma de leer las filas de la Tabla 2.2 sería la siguiente: en la Resolución de Junta Monetaria de diciembre del año 2004, se estableció una meta de inflación de entre el 4% y el 6% para el 2005, entre el 4% y el 6% para el 2006, y no se estableció meta de mediano plazo; y así sucesivamente.

⁸ Esta tabla resulta clave para la construcción de la muestra del presente estudio, a mostrar en los siguientes apartados.

Las medidas legislativas instauradas en el proceso de transición hacia el EMEI en Guatemala fueron, entre otras, la emisión de la Ley de Libre Negociación de Divisas, las reformas a la Ley Orgánica del Banco de Guatemala, y a la Ley Monetaria. Asimismo, se comenzó a publicar resúmenes de las decisiones de política monetaria y reportes de evaluación macroeconómica (ambas por parte de la Junta Monetaria). En adición, se ampliaron las bases de datos públicas en el sitio web oficial del Banco de Guatemala (Castañeda Fuentes y otros, 2021).

Para llevar a cabo la política monetaria bajo el nuevo régimen, el Banco de Guatemala estableció los siguientes instrumentos: la tasa de interés líder de política monetaria (TILPM), las operaciones de estabilización monetaria (OEM) y el encaje bancario (Castañeda Fuentes y otros, 2021).

Hasta el momento se ha interpretado al término *inflation targeting* como referente a la tasa de inflación. En efecto, esto es lo que un régimen de metas de inflación trata de establecer. No obstante, debe recordarse que la tasa de inflación es el crecimiento porcentual interanual de un índice de precios, por lo cual vale la pena preguntarse por qué no, en su lugar, establecer como objetivo el nivel de propio índice.

Aunque existen algunos puntos en favor de un *price-level targeting*, su adopción presenta ciertas desventajas. Primero, un objetivo de nivel de precios requeriría que los *undershoots* y *overshoots* de la meta fuesen revertidos. Esto causaría una mayor volatilidad en el producto y en la propia política monetaria. Segundo, conllevaría a episodios más frecuentes de deflación, lo que a su vez acarrearía caídas en la producción y un potencial desplome hacia cero de las tasas de interés.

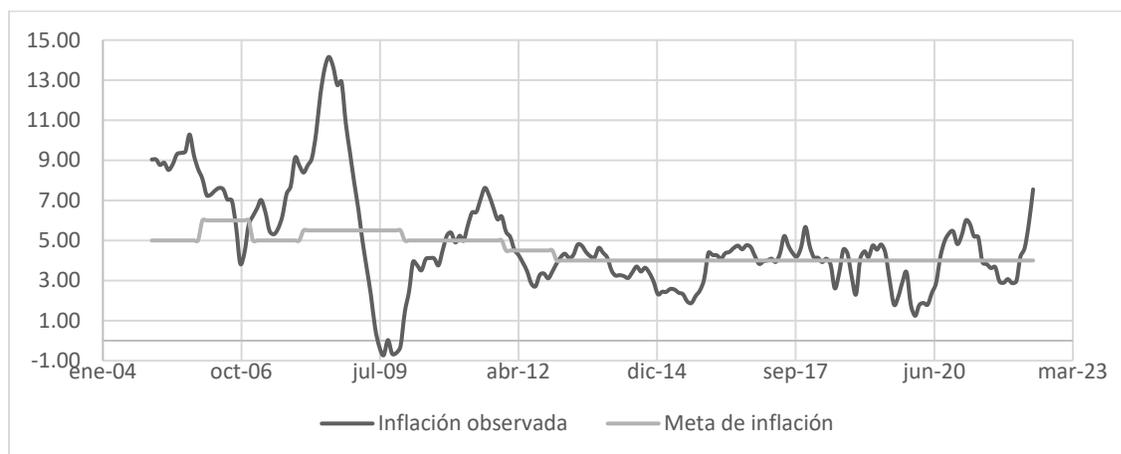
(Mishkin, 2009) establece que, con una meta de inflación, los desvíos de la tasa de inflación no son revertidos por el banco central. Esto implica que la inflación es un proceso estacionario, $I(0)$, mientras que el nivel de precios, uno con raíz unitaria, $I(1)$. Bajo un *price-level targeting*, la incertidumbre del nivel de precios futuro aumenta conforme incrementa el horizonte del pronóstico. Esta idea es expuesta también por (Svensson, 1997), cuando el autor menciona que el *inflation targeting* implica un desplazamiento de la base del índice de precios.



La anterior afirmación teórica representa la motivación principal para la realización del presente estudio.⁹ A priori, la Figura 2.2 ilustra que la aseveración de los autores se mantiene para Guatemala. Sin embargo, para dar una respuesta concreta, se necesita un análisis estadístico formal. De esto trata el resto del documento.

Figura 2.2

Inflación y metas de inflación en Guatemala, de 2005 a 2022



Nota. Elaboración propia con base en (Banco de Guatemala, s.f.) y (Avendaño Estrada & Orellana Camargo, 2020). Los datos están expresados en porcentajes, tienen frecuencia mensual y van desde enero de 2005 a junio de 2022.

Evaluación de las metas de inflación

En el presente y último apartado de la revisión literaria se describe brevemente la metodología y los resultados de algunos estudios empíricos relevantes para la presente investigación. Primero, se exponen dos estudios considerados como pioneros en la materia. Luego, un documento que evalúa el *inflation targeting* de forma internacional. Después, tres documentos que han evaluado el EMEI (bajo distintos enfoques) para el caso de Guatemala. Por último, la referencia empírica principal del presente estudio.

(Culver & Papell, 1997) se interesan por la existencia de una raíz unitaria en la tasa de inflación de trece países pertenecientes a la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). La motivación de este estudio¹⁰ no es la de evaluar la efectividad de los regímenes de metas de inflación, sino de indagar sobre las implicaciones económicas¹¹ del hecho que la inflación fuese un proceso estacionario o uno de raíz unitaria. El documento emplea modelos de quiebres de tendencia secuenciales y de datos de panel.

⁹ La presente investigación no evalúa la estacionariedad de la inflación propiamente, sino la estacionariedad de las desviaciones de la inflación observada respecto de la meta. Esto es realizado en congruencia con el estudio de (Turkey & Sencer Atasoy, 2019).

¹⁰ Esto es razonable, pues el estudio es de 1997 y muchos de los países industrializados que en él se analizan tenían solo algunos años de haber implementado el régimen. Por ejemplo, Canadá tenía 6; Reino Unido, 5; y Finlandia, 4 (Mishkin, 2009).

¹¹ Por ejemplo, las implicaciones sobre la aplicación de modelos que asumen rigidez de precios o sobre la relación entre las tasas nominales y reales.

La muestra del estudio va desde 1957 a 1994. Los autores emplean distintas pruebas, entre las que se pueden mencionar la Dickey-Fuller aumentada (ADF, por sus siglas en inglés), la Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin (KPSS) y la prueba de Perrón (P) para estacionariedad en presencia de un quiebre estructural. Los resultados de los análisis individuales arrojan estacionariedad en la inflación de solo cuatro países,¹² lo que indica que existe una raíz unitaria para la mayoría de los países de la muestra.

Los modelos de quiebre estructural tampoco proveen mucha evidencia en favor de la estacionariedad, pues solo se rechaza la nula para tres países.¹³ Los autores proceden a armar paneles de distintos tamaños, desde uno con los trece países originales de la muestra, hasta paneles más pequeños de solo tres integrantes. Para estos casos encuentran que es posible rechazar de forma consistente la hipótesis de raíz unitaria. Esto implica que el no rechazo de la nula (i.e. la existencia de estacionariedad) es susceptible a las variaciones de los datos de corte transversal.

El trabajo de (Cook, 2009) es planteado como una continuación de la evidencia expuesta por (Culver & Papell, 1997). El autor reconoce que los resultados del estudio previo son mixtos, pues, aunque se obtuvo evidencia de estacionariedad, fue muy escasa para el caso del análisis univariado y muy sensible a la variación de corte transversal para el caso de las pruebas de panel. Así (Cook, 2009) reexamina la metodología del estudio previo, pero incorporando la heterocedasticidad condicional en las series de inflación.

El autor emplea un procedimiento que consiste en eliminar tendencias, usar máxima verosimilitud y realizar la estimación de un modelo *GARCH*(1,1). El documento encuentra, en contraste con los autores previamente descritos, fuerte evidencia de estacionariedad en once de los trece países¹⁴ de la muestra. Los argumentos de este estudio anulan a los hallazgos para el caso univariado de (Culver & Papell, 1997), y al mismo tiempo, dan soporte los resultados obtenidos mediante el análisis de panel.

El estudio de (Gregoriou & Kontonikas, 2005) se desarrolla ya en el contexto de las metas de inflación. Los autores examinan las propiedades de las series de inflación para siete países¹⁵ que adoptaron el *inflation targeting* en la década de 1990. La hipótesis de este estudio es la misma que la de (Turkay & Sencer Atasoy, 2019) y la de la presente investigación.

El estudio se diferencia de previos documentos al incorporar un mecanismo de reversión a la media no lineal para la inflación.¹⁶ La hipótesis de investigación propone que mientras mayor es la desviación de la inflación, mayor es la velocidad de ajuste del banco central (i.e. tiene una respuesta más fuerte a la inflación, mientras esta se halla más alejada de la meta). El estudio emplea la prueba ADF, según la cual (con la excepción de Chile), se muestra evidencia significativa de una raíz unitaria en las series de todos los países.

Los autores argumentan que la anterior conclusión puede deberse a que los bancos centrales no reaccionan tan agresivamente a desviaciones de la inflación cercanas al rango meta. Esto causa que la serie siga un proceso de caminata aleatoria en períodos cercanos a la meta, pero que en general, pueda ser estacionaria. El estudio captura este fenómeno mediante un modelo autorregresivo con transición de suavizamiento exponencial (ESTAR, por sus siglas en inglés). Una vez aplicada la prueba de raíz unitaria no lineal, se encuentra que las desviaciones de la inflación son estacionarias a todos los niveles de significancia.

Dados sus hallazgos empíricos, los autores sugieren que el poder de las pruebas de raíz unitarias convencionales es relativamente bajo. Esto tiene sentido a la luz de los resultados inicialmente obtenidos por (Culver & Papell, 1997) y luego reexaminados por (Cook, 2009).

¹² Para Japón se rechaza al 1%, mientras que para Francia, Noruega y Países Bajos se rechaza al 5%. Para Bélgica y Reino Unido se rechaza al 10%, por lo cual los autores consideran que la evidencia es débil en el caso de estos últimos dos países.

¹³ Y débilmente se rechaza para otros tres (Francia, Bélgica y Reino Unido).

¹⁴ Los países para los cuales la evidencia de estacionariedad se considera débil son Japón y Luxemburgo.

¹⁵ En este caso, la muestra contiene a cinco países pertenecientes a la OCDE, pero también incluye a dos no miembros, con altas inflaciones (Chile e Israel).

¹⁶ Los autores proponen que, aunque las desviaciones de la inflación respecto de la meta pueden exhibir un período con presencia de raíz unitaria, en general, la serie puede ser estacionaria.

En el ámbito guatemalteco, la efectividad de las metas de inflación ya ha sido evaluada con anterioridad, aunque mediante enfoques distintos al de la estacionariedad de la inflación. Específicamente, se ha examinado la efectividad del EMEI sobre la credibilidad del Banco de Guatemala, el anclaje de las expectativas de analistas privados y el desempeño de variables macroeconómicas clave.

El estudio de (Avendaño Estrada & Orellana Camargo, 2020) evalúa el EMEI en términos de la credibilidad de la meta de inflación del Banco de Guatemala, abarcando el período 2005–2019. Con base en la Encuesta de Expectativas Económicas al Panel de Analistas Privados (EEE), primero construyen funciones basadas en las desviaciones de las expectativas de inflación y la meta, denominadas como índices de credibilidad. Luego, evalúan si las expectativas de inflación responden ante el comportamiento de la inflación observada.

El resultado principal resulta positivo para el EMEI: la meta de inflación del Banco de Guatemala es creíble, y su credibilidad ha incrementado desde la adopción del régimen. Las expectativas se ven influenciadas por la inflación observada (i.e. responden ante la nueva información disponible). Además, las expectativas a plazos mayores muestran un mayor anclaje que las de plazos más cortos. No obstante, los autores encuentran que la credibilidad es imperfecta (pues ha variado a lo largo del tiempo), por lo cual la autoridad monetaria aún tiene el desafío de continuar mejorándola.

El documento de (Pérez Macal, 2021) evalúa la efectividad del régimen en términos de las expectativas de inflación de los analistas privados. El trabajo estudia si las expectativas están ancladas a la meta de inflación. Esto es relevante debido a que el Banco de Guatemala basa su regla de política monetaria en dichas expectativas.

La muestra del estudio tiene frecuencia mensual y finaliza en 2020. Como método, los autores modelan el proceso generador de expectativas mediante factores latentes. Luego, realizan pronósticos de los valores más observables de las expectativas, dados los datos que poseen. Después, estos pronósticos se incorporan a un modelo dinámico de expectativas con cambio de régimen. Por último, se estima un modelo neokeynesiano que analiza las preferencias del Banco de Guatemala.

El principal resultado del documento es que las expectativas de inflación a largo plazo no están ancladas al rango meta. No obstante, se evidencia que cambios en la TILPM afectan a las expectativas de corto y mediano plazo, por lo cual se argumenta que la falta de anclaje de las expectativas es más debido a una errónea metodología de ajuste de expectativas sesgadas por parte de los analistas, que a una desalineada conducción de política monetaria por parte del Banco de Guatemala.

(Castañeda Fuentes y otros, 2021) analizan la implementación del EMEI sobre la economía guatemalteca. El estudio tiene cuatro enfoques. El primero analiza el impacto del EMEI sobre variables macroeconómicas relevantes del país.¹⁷ El segundo, tercero y cuarto examinan la persistencia inflacionaria, la reacción del banco central y los choques de política monetaria, respectivamente. El análisis es dividido en dos períodos: uno pre-EMEI, que abarca de 1991 a 2004, y uno EMEI, que va de 2005 a 2017. Todos los enfoques buscan evidencia de cambios estructurales a raíz de la implementación del régimen.

En el primer enfoque se realiza un análisis estadístico comparativo de la media y la desviación estándar de las mencionadas variables macro. El segundo enfoque realiza una estimación de la persistencia inflacionaria mediante ventanas móviles. El tercer enfoque emplea reglas de Taylor alternativas para analizar la reacción de la política monetaria ante desvíos de la inflación respecto de la meta. El cuarto enfoque estima un modelo VAR para evaluar los efectos de choques monetarios sobre la inflación y el crecimiento económico.

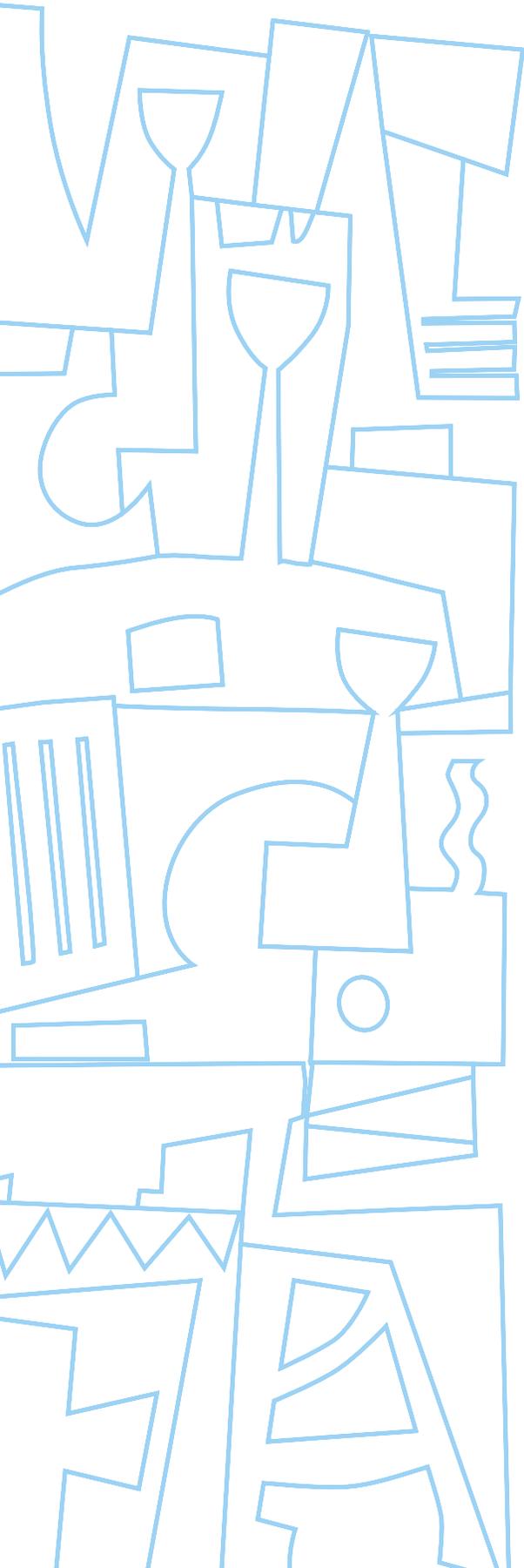
(Castañeda Fuentes y otros, 2021) mencionan que un método alternativo para la evaluación del EMEI consiste en comparar la inflación observada con la meta, a partir de la implementación del régimen en el país. Los autores descartan esta metodología, pues argumentan que excluye del análisis factores relevantes para la estabilidad macroeconómica.

El método que los autores descartan es uno muy similar al de la estacionariedad de la inflación, llevado a cabo por (Gregoriou & Kontonikas, 2005) y (Turkay & Sencer Atasoy, 2019), y propuesto en el presente documento. En efecto, un análisis de este tipo se basa exclusivamente en la serie de la inflación y puede abandonar información relevante para poder justificar correctamente la efectividad del régimen.

Debido a lo anterior, es necesario hacer una distinción clave: la presente investigación (así como los dos documentos mencionados) evalúa la efectividad del EMEI en términos de la capacidad del Banco de Guatemala para mantener la inflación alrededor de la meta anunciada. Por otro lado, el documento de (Castañeda Fuentes y otros, 2021) examina la efectividad que el régimen ha tenido sobre el desempeño de la economía, a través de las variables catalogadas como relevantes. Esta es la razón por la cual el presente documento se plantea como un análisis suplementario, que contribuye a los distintos métodos de evaluación del marco de política del Banco de Guatemala, pero que no pretende dar una respuesta única ni definitiva sobre su efectividad.

(Castañeda Fuentes y otros, 2021) hallan, para su primer enfoque, diferencias estadísticamente significativas en la media y la desviación estándar de las expectativas de inflación, el tipo de cambio y la TILPM. Para la inflación solo se encuentra evidencia en favor de la diferencia de medias. En el segundo enfoque se encuentra que el parámetro que mide la persistencia inflacionaria tiene un comportamiento decreciente, lo que indica una reducción de dicha persistencia en el tiempo. El tercer enfoque sugiere cierta preferencia por una regla *forward looking* en el corto plazo por parte de la autoridad monetaria. El cuarto enfoque encuentra un cambio significativo en las respuestas de la inflación ante innovaciones de política monetaria. La conclusión general es una efectividad mayor observable del EMEI respecto al de agregados monetarios, en el corto y mediano plazo.

¹⁷ A saber: la inflación interanual, las expectativas de inflación a 12 meses, el crecimiento económico, el tipo de cambio nominal y la tasa de interés líder de política monetaria.



El estudio de (Turkay & Sencer Atasoy, 2019) representa la referencia empírica principal del presente documento. Los autores examinan la estacionariedad de las desviaciones de la inflación respecto de su meta para 24 países, de los cuales 10 son considerados como avanzados y 14 como en vías de desarrollo. La muestra va desde la adopción del régimen hasta 2016, para cada país. La hipótesis del estudio propone que una implementación exitosa del *inflation targeting* implica que las desviaciones de la inflación respecto de la meta deben ser estacionarias. Si esto se cumple, se concluye que la autoridad monetaria es exitosa en su misión de mantener la inflación cercana a la meta.

Los autores emplean tres metodologías. Primero, realizan las pruebas convencionales univariadas de raíz unitaria, a saber, la prueba ADF y la de Phillips-Perron (PP). Segundo, conducen la prueba Lee-Strazichich de raíz unitaria en presencia de dos quiebres estructurales. Tercero, realizan la prueba Maddala-Wu de raíz unitaria mediante panel, donde construyen tres paneles: uno solo con países desarrollados, otro solo con países en vías de desarrollo y uno con todos los países de la muestra.

En las pruebas convencionales encuentran estacionariedad para 18 países, con resultados similares entre ambas. En la prueba con quiebres estructurales, hallan estacionariedad para 22 países, con muchos de los quiebres fechados durante la Crisis Financiera Global (CFG) de 2008–2009. Esto resalta la importancia de tomar en cuenta los efectos de acontecimientos históricos sobre las series. En la prueba de panel, hallan fuerte significancia estadística en los 3 paneles. Todo esto lleva a concluir que, a nivel mundial, los países han sido capaces de mantener la inflación alrededor de la meta anunciada, por lo cual los bancos centrales han sido exitosos en la implementación del *inflation targeting*.

Los autores indican que sus resultados deben ser interpretados con cuidado por dos motivos. Primero, porque aún con presencia de estacionariedad, las series de la inflación pueden tener desvíos persistentemente positivos o negativos. En segundo, porque puede haber factores cíclicos o institucionales que afecten el éxito del régimen, no considerados en el análisis.

Método

Datos

El presente documento lleva a cabo un análisis econométrico de series de tiempo y es realizado para el caso de Guatemala exclusivamente. Se efectúan, no obstante, comparaciones visuales con algunos países de Latinoamérica que, según (Jahan, 2017), han adoptado formalmente el EMEI.

La Tabla 2.2 muestra que Guatemala adopta el EMEI a partir de 2005, pero tiene un proceso de convergencia a su meta de mediano plazo durante ocho años (2005–2012). En diciembre del año 2012 el Banco de Guatemala abandona las metas de corto plazo en favor de una meta de mediano plazo de $4\% \pm 1$ punto porcentual, a ser perseguida a partir de 2013. La meta de mediano plazo no ha cambiado desde entonces. La muestra comienza en enero de 2005 y termina en junio de 2022, comprendiendo un total de 210 observaciones cuya frecuencia es mensual.

Modelo

En congruencia con (Turkay & Sencer Atasoy, 2019), se define a la serie de las desviaciones de la inflación¹⁸ respecto de la meta según (3.1):

$$d_t = \pi_t - \pi_t^* \quad (3.1)$$

Donde π_t es la tasa de inflación observada y π_t^* es la meta de inflación del Banco de Guatemala. Nótese que la meta de inflación no es constante. Esto es debido al proceso de convergencia mostrado en la Tabla 2.2. Según la especificación de (3.1), se producen *overshoots* cuando d_t es positiva y *undershoots* cuando es negativa.

Hasta el momento se ha elaborado sobre el concepto de estacionariedad sin haberlo definido formalmente. De acuerdo con (Enders, 2015), una serie estacionaria¹⁹ tiene media y varianza constante para todo t y $t-s$, tales que:

$$E(d_t) = E(d_{t-s}) = \mu \quad (3.2)$$

$$\text{var}(d_t) = \text{var}(d_{t-s}) = \sigma_d^2 \quad (3.3)$$

$$\text{cov}(d_t, d_{t-s}) = \text{cov}(d_{t-j}, d_{t-j-s}) = \gamma_s \quad (3.4)$$

Donde μ, σ_d^2 y γ_s son constantes.

¹⁸ La tasa de inflación se mide como la variación porcentual interanual del IPC (conocida también como ritmo inflacionario).

¹⁹ Formalmente, el nombre de este tipo de procesos estocásticos es «covarianza-estacionario», «débilmente estacionario» o «estacionario de segundo orden». No obstante, y en línea con (Enders, 2015), el presente documento usa el término «estacionario» para referirse indistintamente a los mencionados conceptos.

Las propiedades de un proceso estacionario no dependen del momento en el que la serie sea observada. En general, una serie estacionaria carece de un patrón predecible, cuyas observaciones muestran un gráfico relativamente horizontal y de varianza constante (Hyndman & Athanasopoulos, 2018).

La Figura 3.1 ilustra las desviaciones de la inflación respecto de la meta para Guatemala (i.e. la serie d_t). La Figura 3.2 muestra la misma información para los *inflation targeters* de Latinoamérica.

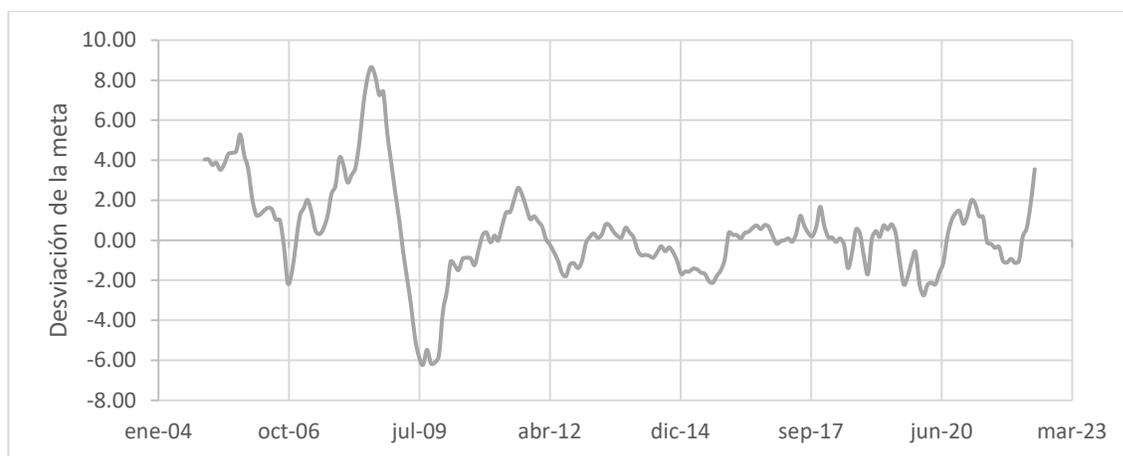
Según se observa para Guatemala, los desvíos en general siguen un proceso de reversión a la media. Sin embargo, existen períodos con grandes desviaciones.

Por ejemplo, en octubre de 2005; en julio de 2008 y agosto de 2009, probablemente debido a la Crisis Financiera Global (CFG); en agosto de 2011; entre septiembre de 2019 y febrero de 2020, posiblemente a causa de la pandemia del Covid-19; en febrero de 2021, como consecuencia de la política monetaria expansiva para combatir los efectos de la pandemia; y en los últimos tres meses de la muestra, a raíz del conflicto entre Rusia y Ucrania, y el encarecimiento de los precios de algunos granos básicos.

No obstante, parece no haber señales de *undershoots* y *overshoots* persistentes, es decir, los desvíos no parecen estar sistemáticamente por arriba o por debajo de la meta.

Figura 3.1

Desviación de la inflación en Guatemala, de 2005 a 2022

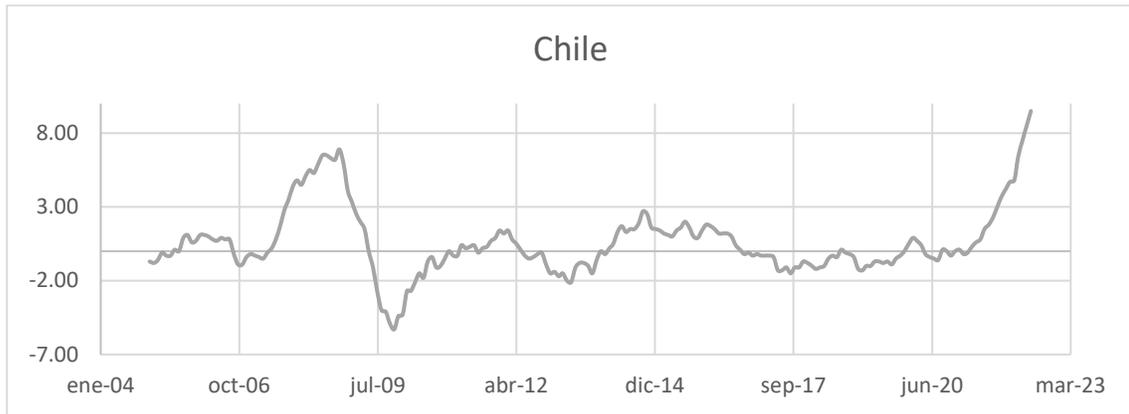


Nota. Elaboración propia con base en (Banco de Guatemala, s.f.) y (Avendaño Estrada & Orellana Camargo, 2020). Las cifras están en porcentajes y con frecuencia mensual, desde enero 2005 hasta junio 2022.

Las desviaciones de todos los países de Latinoamérica parecen también seguir un proceso de reversión a la media. No obstante, resaltan el caso de México y Colombia donde hay persistencia en los desvíos positivos. Parece que México tiene la mayor volatilidad de las cuatro series. Perú y Chile tienen comportamientos similares. Guatemala, Chile y Perú comparten el salto y reversión pronunciados de la CFG. Todos los gráficos exhiben una fuerte subida hacia el final de la serie, posiblemente debido a los mismos motivos del conflicto bélico mencionado.

Figura 3.2

Desviaciones de la inflación para algunos países de Latinoamérica, de 2005 a 2022





Nota. Elaboración propia con base en (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, s.f.), (Banco Central De Reserva Del Perú, s.f.), (Banco de la República, s.f.), (Banco Central de Chile, s.f.) y (Jahan, 2017). Las metas de cada país (empleadas para obtener las desviaciones) fueron las establecidas al momento de la adopción del régimen.

Pruebas

Aunque parece haber indicios de estacionariedad para el caso de Guatemala, es necesario llevar a cabo un análisis estadístico formal para comprobar dicha propiedad. Para ello, se realizan las pruebas convencionales de raíz unitaria: la prueba aumentada de Dickey-Fuller (ADF) y la prueba de Phillips-Perron (PP). En ambos casos la hipótesis nula es la presencia de una raíz unitaria, por lo que rechazar la nula indica estacionariedad.

Debido a los acontecimientos económicos mencionados, no puede descartarse la presencia de quiebres estructurales en las series. Por ello, en adición a las pruebas convencionales, ADF y PP, el presente estudio lleva a cabo una prueba de raíz unitaria en presencia de un quiebre estructural: la prueba de Perron (P).

El procedimiento inicial de las pruebas Dickey-Fuller (DF) busca encontrar si $a_1 = 1$ en el modelo $d_t = a_1 d_{t-1} + \varepsilon_t$. Si se le resta d_{t-1} a esta ecuación, se reorganizan los términos y se define $\gamma = a_1 - 1$, es fácil ver que probar la hipótesis de que $a_1 = 1$ es lo mismo que probar que $\gamma = 0$; este es el parámetro de interés de las pruebas DF.

La metodología DF considera los siguientes tres tipos de regresiones para identificar la presencia de una raíz unitaria:

$$\Delta d_t = \gamma d_{t-1} + \varepsilon_t \quad (3.5)$$

$$\Delta d_t = a_0 + \gamma d_{t-1} + \varepsilon_t \quad (3.6)$$

$$\Delta d_t = a_0 + \gamma d_{t-1} + a_2 t + \varepsilon_t \quad (3.7)$$

La diferencia entre las tres ecuaciones tiene ver con la presencia de los componentes a_0 y a_2t . (3.5) hace referencia a un proceso de caminata aleatoria puro, (3.6) añade un intercepto y (3.7) incluye tanto un intercepto como una tendencia lineal en el tiempo. En todos los casos se busca que $\gamma = 0$. Si esto se cumple, la serie tiene una raíz unitaria. La Figura 3.1 muestra poca motivación para incluir el factor de tendencia en el tiempo en el presente ejercicio, por ello, se estiman solo regresiones tipo (3.5) y (3.6).

Las pruebas ADF (3.8–3.10) representan el caso general de (3.5–3.7), ya que incorporan p rezagos de la variable de interés:

$$\Delta d_t = \gamma d_{t-1} + \sum_{i=2}^p \beta_i \Delta d_{t-i+1} + \varepsilon_t \quad (3.8)$$

$$\Delta d_t = a_0 + \gamma d_{t-1} + \sum_{i=2}^p \beta_i \Delta d_{t-i+1} + \varepsilon_t \quad (3.9)$$

$$\Delta d_t = a_0 + \gamma d_{t-1} + a_2 t + \sum_{i=2}^p \beta_i \Delta d_{t-i+1} + \varepsilon_t \quad (3.10)$$

La metodología de las pruebas DF es la misma, no importando cuál de las tres regresiones se estime, o si se trata del caso de un rezago o del general. No obstante, los valores críticos de los estadísticos-t sí dependen de si se incluye o no a los términos a_0 y a_2t , y del tamaño de la muestra. Además, las pruebas DF incorporan tres estadísticos-F ($\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$) para evaluar la significancia conjunta de los coeficientes. La Tabla 3.1 resume las características de las pruebas DF.

Tabla 3.1

Resumen de las pruebas DF

Modelo	Hipótesis	Estadístico de prueba
$\Delta d_t = \gamma d_{t-1} + \varepsilon_t$	$\gamma = 0$	τ_τ
$\Delta d_t = a_0 + \gamma d_{t-1} + \varepsilon_t$	$\gamma = 0$	τ_μ
	$\gamma = a_0 = 0$	φ_1
$\Delta d_t = a_0 + \gamma d_{t-1} + a_2 t + \varepsilon_t$	$\gamma = 0$	τ_τ
	$\gamma = a_2 = 0$	φ_3
	$\gamma = a_2 = a_0 = 0$	φ_2

Nota. Adaptado de (Enders, 2015).

La prueba PP resulta ser una alternativa considerable a la ADF. La diferencia de la prueba PP y la ADF es que la primera realiza una corrección no paramétrica del estadístico-t, lo que la hace robusta ante heterocedasticidad y autocorrelación (Turkay & Sencer Atasoy, 2019).

Dado que no se conoce el proceso generador de datos, el verdadero orden del proceso autorregresivo es desconocido en las pruebas ADF. Eso conlleva al problema de escoger la cantidad de rezagos apropiados (Enders, 2015). La prueba PP, en contraposición, no requiere una especificación de la cantidad de rezagos (Susmel, 2015). Para esta prueba se descarta también el factor de tendencia en el tiempo al momento de estimar las regresiones.

Debido a los acontecimientos históricos ocurridos en los cerca de 18 años de la muestra, es posible que existan quiebres estructurales²⁰ en la serie, imposibles de capturar por las pruebas convencionales ADF y PP. En el caso de las pruebas DF, la presencia de quiebres estructurales sesga los estadísticos-t hacia el no rechazo de la raíz unitaria. En otras palabras, los valores estimados de a_1 (véase [3.5]) pueden estar sesgados hacia la unidad. Este sesgo se hace más pronunciado conforme mayor es la magnitud del quiebre (Enders, 2015).

Si existe un quiebre, la serie puede ser estacionaria en cada uno de los subperíodos, por lo cual cabe preguntarse qué pasa si simplemente se divide la muestra en dos y se realizan pruebas DF o PP en cada submuestra. Aunque intuitivo, este procedimiento no es recomendable por dos razones.

En primer lugar, se pierden grados de libertad en cada una de las regresiones. En segundo, y más importante, no se sabe con certeza en qué momento ocurre el quiebre (Enders, 2015). Para la muestra del presente estudio, este momento podría ser, por ejemplo, julio de 2008, agosto de 2009, septiembre de 2019, febrero de 2020 o febrero de 2021. Por ello, es preferible realizar una sola prueba sobre toda la muestra; tal es el caso de la prueba de estacionariedad en presencia de quiebre estructural de Perron (P).

La prueba P evalúa la existencia de una raíz unitaria en presencia de un cambio estructural en el momento $t = \tau + 1$. La hipótesis nula plantea un único salto en el nivel de un proceso estacionario, mientras que la alternativa plantea un único cambio en el intercepto de un proceso estacionario en tendencia.²¹ Formalmente, la nula y la alternativa son, respectivamente:

$$d_t = a_0 + d_{t-1} + \mu_1 D_P + \varepsilon_t \quad (3.12)$$

$$d_t = a_0 + a_2 t + \mu_2 D_L + \varepsilon_t \quad (3.13)$$

El método de la prueba P consiste en determinar si la serie en cuestión es mejor modelada con (3.12) o (3.13). La hipótesis nula es, nuevamente, la existencia de una raíz unitaria, $a_1 = 1$. La metodología es lo suficientemente general en el sentido que puede evaluar para un único cambio en el intercepto o para un único cambio en, tanto la tendencia como el intercepto. Para el caso de Guatemala, no hay motivación visual para pensar en un cambio en la tendencia, sino solo en el intercepto.

La última prueba por realizar es desarrollada a partir del principal estudio de referencia. En las conclusiones de su documento, (Turkay & Sencer Atasoy, 2019) mencionan que, adicional a la estacionariedad de la inflación, debe tomarse en cuenta la persistencia de las desviaciones.²² Una serie puede tener desvíos persistentemente positivos o negativos, y aun así ser estacionaria.

La persistencia de las desviaciones tiene que ver con la credibilidad del banco central. Según menciona (Mishkin, 2009), las preferencias de un banco central *inflation targeter* deben ser simétricas. Este debe reaccionar en la misma magnitud ante choques positivos o negativos. La falta de interés por los *undershoots* puede provocar, por ejemplo, pronunciadas caídas en el producto o episodios de deflación. Preferencias asimétricas de este tipo causan que el banco central sea percibido como uno que busca siempre la inflación más baja posible, con lo cual puede llegar a perder el apoyo del público.

²⁰ Visualmente, un quiebre estructural es una situación en donde se produce un único cambio en la media de lo que, de lo contrario, sería una serie estacionaria (Enders, 2015).

²¹ Un proceso «estacionario en tendencia» o «*trend stationary*» tiene la forma $d_t = d_0 + a_0 t + A(L)\varepsilon_t$. Esto implica que la serie oscila a su valor de tendencia en la cantidad $A(L)\varepsilon_t$. Como este último término es un proceso estacionario, la serie presenta únicamente desviaciones temporales respecto de su tendencia.

²² Los autores no llevan a cabo un procedimiento estadístico para comprobar dicha propiedad. En su lugar, la plantean como una recomendación para futuros estudios del tema. Esto es lo que precisamente realiza la presente investigación.

Se propone analizar la persistencia de las desviaciones de la inflación mediante una diferencia de medias. Esta es la contribución que el presente estudio hace a la literatura. Se definen los estadísticos:

$$\mu_P = \frac{1}{P} \sum_{i=1}^P d_t \quad \forall d_t > 0 \quad (3.14)$$

$$\mu_N = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |d_t| \quad \forall d_t < 0 \quad (3.15)$$

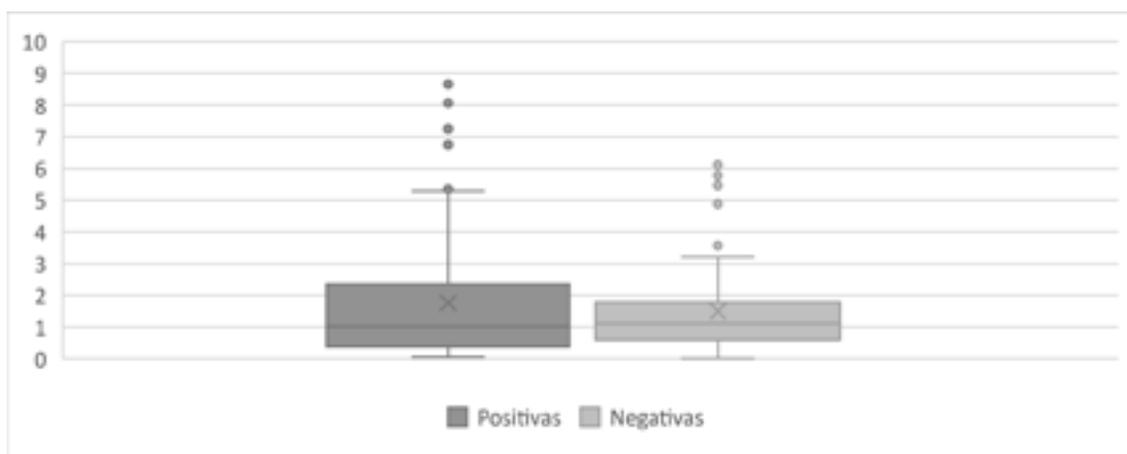
Donde P es el total de desviaciones positivas, N es el total de desviaciones negativas, μ_P es el promedio de las desviaciones positivas de la inflación observada respecto de la meta, y μ_N el promedio del valor absoluto de las desviaciones negativas de la inflación observada respecto de la meta.

La hipótesis nula indica que $\mu_P - \mu_N = 0$. Lo que se busca es el no rechazo la nula. Si no se rechaza la hipótesis nula, se concluye que no existe una diferencia estadísticamente significativa entre el promedio de los *overshoots* y los *undershoots*, lo cual es un indicativo de que el Banco de Guatemala se preocupa tanto por desvíos positivos como negativos.

La Figura 3.3 muestra una comparación entre las distribuciones de los dos tipos de desvíos. Las medias tienen valores similares, lo cual sugiere que la diferencia de medias puede no ser estadísticamente significativa. Resalta también que la dispersión de los desvíos positivos es mayor que la de los negativos. Resulta necesario realizar una prueba estadística formal, que en este caso es una prueba de hipótesis de diferencia de medias.

Figura 3.3

Distribuciones de los desvíos positivos y negativos de la inflación



Nota. La serie de las desviaciones positivas tiene un total de 120 observaciones, mientras que la de las negativas, 89 observaciones.

Raíz unitaria convencional

Resultados

La presente sección muestra los resultados de todas las pruebas mencionadas con anterioridad. Primero, se exponen los correspondientes a las pruebas de raíz unitaria, tanto las convencionales como la que toma en consideración un quiebre estructural. Luego, se muestran los hallazgos de la metodología propuesta por el presente documento, es decir, la significancia entre la diferencia de las medias de los desvíos.

La Tabla 4.1 contiene los resultados de las pruebas de raíz unitaria estándar, ADF y PP. Se evidencia que la serie de las desviaciones es estacionaria al 5% para ambas pruebas. En ninguno de los casos el coeficiente del intercepto resulta estadísticamente significativo.²³

La prueba PP muestra mayor evidencia en contra de la hipótesis nula que la ADF, tanto para la versión sin intercepto ni tendencia, como para la que incluye al intercepto. Esto resalta las propiedades de la prueba PP discutidas con anterioridad. Además, es congruente con los resultados de (Turkay & Sencer Atasoy, 2019), quienes encuentran aumentos en la significancia de los estadísticos-t de las pruebas PP, respecto de las ADF, en tres de los cinco países latinoamericanos de su muestra.²⁴

Tabla 4.1

Resultados de las pruebas de raíz unitaria convencionales para d_t

	ADF		PP	
	Sin intercepto ni tendencia	Con intercepto	Sin intercepto ni tendencia	Con intercepto
Estadístico-t	-2.5383**	-2.5919*	-3.2363***	-3.2667**
Coefficiente intercepto	NA	0.0217	NA	0.0144

Nota. ***, ** y * indican significancia estadística al 1%, 5% y 10%, respectivamente. Ningún asterisco indica ausencia de significancia. «NA» significa «no aplica».

Raíz unitaria en presencia de quiebre estructural

Los resultados de las pruebas ADF y PP, aunque resultan favorables para la hipótesis de investigación, no toman en cuenta posibles quiebres estructurales en la serie. La muestra abarca varios acontecimientos económicos relevantes, entre los cuales resaltan la CFG y la pandemia del Covid-19. Estos choques podrían causar desviaciones considerables de la inflación respecto a la meta, por lo cual, los resultados de las pruebas convencionales podrían ser engañosos.

La prueba P examina la existencia de una raíz unitaria en presencia de un solo quiebre estructural. Bajo este enfoque, las desviaciones de la inflación respecto de la meta también resultan ser estacionarias al 5%. El quiebre estructural se da cerca del inicio de la CFG. Esto resalta la importancia de emplear pruebas de raíz unitaria robustas para quiebres estructurales, como mencionan (Turkay & Sencer Atasoy, 2019).

²³De esta forma, los resultados para las versiones que incluyen el intercepto son descartados en la elaboración de las conclusiones del presente documento.

²⁴Esto es en relación con la versión de las pruebas donde se incluye el intercepto. Los países con los que se encuentra congruencia son Chile, Colombia y Perú. México y Brasil mantienen sus niveles de significancia en ambas pruebas.

La metodología empleada por (Turkay & Sencer Atasoy, 2019) es un tanto distinta, pues permite la evaluación de dos quiebres estructurales. No obstante, la fecha en la que ocurre el quiebre de la presente investigación es congruente con las fechas de los quiebres de los países latinoamericanos del estudio de referencia. Para Brasil, Chile, Colombia, México y Perú, al menos uno de estos dos quiebres ocurre entre 2007 y 2008.²⁵

Tabla 4.2

Resultados de la prueba de raíz unitaria en presencia de quiebre estructural para d_t

Período del quiebre	Especificación de tendencia	Especificación del quiebre	Número de rezagos	Estadístico-t
2008M10	Intercepto	Intercepto	13	-4.8187**

Nota. ***, ** y * indican significancia estadística al 1%, 5% y 10%, respectivamente. Ningún asterisco indica ausencia de significancia. «NA» significa «no aplica».

Diferencia de medias de los desvíos de la meta

Según mencionan (Turkay & Sencer Atasoy, 2019), adicional a la estacionariedad de las desviaciones de la inflación, es necesario verificar que los *undershoots* y *overshoots* de la meta no sean persistentemente positivos o negativos. El análisis visual de la Figura 2.2 muestra que, para el caso de Guatemala, parece no haber persistencia en cualquiera de las direcciones. Esto contrasta con la inspección visual de México y Colombia, en la Figura 2.3, donde parece que hay *overshoots* persistentes.

La Tabla 4.5 muestra los resultados del método propuesto en el presente documento para comprobar la hipótesis de que, en promedio, los desvíos positivos

son iguales a los negativos. Con un valor-p muy por encima de los niveles de significancia convencionales, no existe suficiente evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula. Puede afirmarse que, en promedio, las desviaciones positivas no son distintas que las negativas. Esto confirma la intuición inicial de la Figura 3.3 y materializa las recomendaciones de (Turkay & Sencer Atasoy, 2019).

En el contexto del análisis de estacionariedad, este hallazgo resulta positivo para el comportamiento de la serie y la implementación del *inflation targeting*, y es un indicador de que el Banco de Guatemala tiene preferencias simétricas.

Tabla 4.5

Resultados de la prueba de hipótesis para la diferencia de medias entre los desvíos positivos y negativos

Estadístico-t	Grados de libertad	Valor-p	Alternativa	Media de los desvíos positivos	Media de los desvíos negativos
1.1094	206.94	0.2686	Verdadera diferencia de medias no es igual a cero.	1.762583	1.502022

Nota. La prueba es realizada a dos colas y con un nivel de confianza del 95%. Se asume que las varianzas no son iguales y que los grupos no están emparejados (son independientes).

²⁵ Los quiebres ocurren en 2007M1, 2007M5, 2007M9, 2008M3 y 2007M12, respectivamente.

Conclusiones

Para el caso de Guatemala, puede comprobarse la presencia de estacionariedad en la serie de las desviaciones, tanto en pruebas estándar de raíz unitaria, como en una prueba que considera la presencia de un quiebre estructural. Se postuló que una implementación exitosa del EMEI requiere que las desviaciones de la inflación respecto de la meta sean una serie estacionaria, luego, se concluye que el Banco de Guatemala es exitoso en la implementación del EMEI en el país.

La estacionariedad en la serie implica que las desviaciones de la inflación han sido temporales y pequeñas en Guatemala, lo cual indica que los choques inflacionarios no han tenido un efecto permanente en la dinámica de formación de precios en el país; el Banco de Guatemala mantiene su compromiso con la estabilidad de precios. Esto tiene la capacidad de incrementar la confianza de los agentes económicos, añade credibilidad a las acciones del Banco de Guatemala y puede servir como un mecanismo para el anclaje de las expectativas.²⁶

Además de la estacionariedad, se observa que las desviaciones de la inflación, por encima o debajo de la meta, han sido, en promedio, estadísticamente no distintas entre sí. Esto implica que los desvíos de la meta anunciada no han sido persistentemente positivos o negativos, lo cual sugiere que las preferencias del Banco de Guatemala han sido, efectivamente, simétricas. Este hallazgo representa la contribución del presente estudio a la literatura y es la materialización de una de las recomendaciones del documento principal de referencia.

El estudio de (Castañeda Fuentes y otros, 2021) concluye la efectividad del EMEI sobre la media, la volatilidad y la persistencia de la inflación, así como sobre el tipo de cambio, la TILPM, entre otras. El estudio de (Avendaño Estrada & Orellana Camargo, 2020) concluye que la credibilidad de la meta de inflación del Banco de Guatemala ha incrementado significativamente desde la adopción del EMEI.²⁷ (Pérez Macal, 2021) concluye que, bajo el EMEI, la inflación esperada a largo plazo no está anclada al rango meta, pues encuentra que las expectativas de los analistas poseen sesgo y ruido.²⁸ El presente estudio, por su

parte, concluye la efectividad del Banco de Guatemala en términos de mantener la inflación cercana a la meta, una vez adoptado el EMEI. La investigación contribuye a los mecanismos de evaluación del marco de política monetaria del país y proporciona evidencia adicional en favor de la elección del régimen.

De los tres acontecimientos económicos más relevantes ocurridos en el período de la muestra del estudio,²⁹ resalta que el quiebre estructural haya sido fechado cerca de un mes posterior a la caída del banco de inversión estadounidense Lehman Brothers,³⁰ durante la CFG. Aunque no se realiza un estudio de causalidad entre este evento y la inflación guatemalteca,³¹ el hecho evidencia el impacto que acontecimientos financieros externos pueden tener sobre la inflación en Guatemala y consiste un hallazgo que debe tomarse en cuenta para futuras investigaciones. Además, esto sugiere que la pandemia no se vio reflejada en la estabilidad de las metas de inflación. El choque negativo externo del Covid-19 fue atendido con tal efectividad, por parte de la autoridad monetaria (Banco de Guatemala, s.f.), que sus efectos se disiparon con rapidez y no produjo un quiebre en la serie de la inflación.³²

²⁶ Según (Avendaño Estrada & Orellana Camargo, 2020), las expectativas de inflación son afectadas por la inflación observada. La estacionariedad implica que el Banco de Guatemala ha mantenido la inflación histórica alrededor de la meta. Luego, la verificación del compromiso con la estabilidad de precios podría coadyuvar al anclaje de las expectativas de los agentes.

²⁷ No obstante, los autores enfatizan que dicha credibilidad sigue siendo imperfecta y que el Banco de Guatemala tiene el desafío de continuar fortaleciéndola.

²⁸ Sin embargo, el autor indica que esto no sucede debido a una desalineada conducción de política por parte del Banco de Guatemala.

²⁹ Siendo dos de ellos (la pandemia del Covid-19 y el inicio del conflicto Rusia-Ucrania) choques reales y uno (la CFG) financiero.

³⁰ Según (Bernanke, 2022), Lehman Brothers se declaró en bancarrota el 15 de septiembre de 2008.

³¹ Un análisis de este tipo excede el enfoque del presente documento.

³² Esta es la razón por la cual no se controla por un quiebre estructural fechado en 2020. Se ve estabilidad de la inflación respecto de su meta, lo que permite concluir que el EMEI se ha acomodado a los choques. No obstante, futuros análisis pueden emplear metodologías de raíz unitaria en presencia de dos o más quiebres estructurales, como el estudio de (Turkay & Sencer Atasoy, 2019).

El que las desviaciones de la inflación sean una serie estacionaria implica que esta tiene favorables propiedades de pronóstico mediante la metodología Box-Jenkins. Al realizar una rápida estimación, se obtiene que las desviaciones de la inflación, en el período EMEI, son mejor ajustadas por un modelo $ARMA(3,4)$.³³ La predictibilidad de la serie de las desviaciones resulta relevante, pues puede permitir a la autoridad monetaria realizar otros tipos de pronósticos y estimaciones e incluirlas en publicaciones o reportes oficiales.

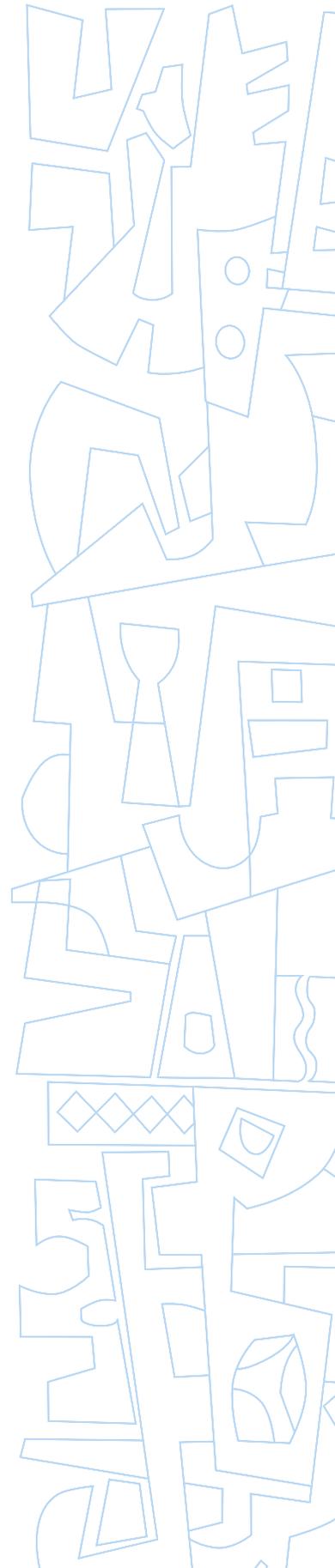
Los resultados proporcionan argumentos en contra de las críticas que establecen que muchos de los hoy *inflation targeters*, ya habían alcanzado inflaciones bajas y estables desde antes de la adopción del régimen.³⁴ Al menos para el caso de Guatemala, se evidencia que, a pesar de los choques, la estacionariedad de las desviaciones de la inflación se mantiene, lo cual indica que el esquema del Banco de Guatemala le ha permitido sostener su compromiso con una inflación baja y estable, e implica un exitoso desenvolvimiento del régimen.

(Pérez Macal, 2021) argumenta que el Banco de Guatemala ha tenido un buen desempeño en estabilizar la inflación de mediano plazo, con lo cual, concluye que la falta de anclaje de las expectativas en el largo plazo es más una consecuencia de la desinformación y el sesgo de los analistas, que de una aversión del Banco de Guatemala por ajustar la TILPM. Esto se fortifica a la luz de los presentes resultados, pues queda evidenciado que, efectivamente, el Banco de Guatemala ha mantenido su compromiso con la estabilidad de precios, por lo que el desanclaje de las expectativas debe recaer por el lado de los analistas.

La política monetaria no es un procedimiento meramente operativo para un banco central; su ejecución tiene un costo que figura dentro de los estados financieros de la autoridad monetaria. Desviaciones muy dispares o prolongadas respecto de la meta implican acciones más drásticas o dilatadas por parte del banco central, lo que a su vez hace que los costos de la política monetaria sean mayores o más volátiles. En cambio, desviaciones temporales y pequeñas respecto de la meta implican que la estacionariedad evidenciada en la inflación tiene otro beneficio para el Banco de Guatemala: un reducido costo en la ejecución de su política monetaria.

³³ Esto se realiza con la funcionalidad *Automatic ARIMA Forecasting* del paquete estadístico EViews. En ella, se permite que el software itere y seleccione el mejor modelo posible, con base en el Criterio de Información de Akaike (AIC, por sus siglas en inglés). Véase Tabla A1.

³⁴ (Mishkin, 2009) comenta dichas críticas y expone otros argumentos empíricos en contra de ellas.



Recomendaciones

La metodología expuesta tiene la ventaja de poder ser resumida en un par de pruebas de hipótesis y algunos gráficos. Por ello, se considera que un análisis de estacionariedad puede ser incluido en algunas de las publicaciones o reportes de inflación³⁵ que el Banco de Guatemala habilita al público general. Este tipo de análisis funciona como un posible mecanismo para mantener bajo control el compromiso del Banco de Guatemala en cuanto a la estabilidad de precios, y así incrementar la confianza por parte de los agentes.

Se recomienda realizar una continuación del presente análisis, de tal manera que se pueda evaluar si la estacionariedad de las desviaciones se mantiene, incrementa su significancia o la pierde.³⁶ Esto puede traducirse en un método para la evaluar la capacidad del Banco de Guatemala en términos de mantener la inflación alrededor de la meta anunciada, a través del tiempo.

El presente trabajo puede expandirse para incorporar pruebas de raíz unitaria con panel,³⁷ como las realizadas por (Turkay & Sencer Atasoy, 2019). De preferencia, esto debe llevarse a cabo con otros países *inflation targeters* latinoamericanos o con aquellos que posean estrechas relaciones comerciales con Guatemala.³⁸ No se considera prudente evaluar el desempeño de los bancos centrales de países con instituciones y dinámicas muy dispares, bajo un mismo techo.

Los favorables resultados de la presente investigación se deben, en buena parte, al grado de independencia y autonomía con la que actualmente goza el Banco de Guatemala. En un momento de crecientes presiones inflacionarias (Gándara, 2022) y con cercanía a las Elecciones Generales de 2023 (Oliva, 2022), se recomienda no ceder ante presiones políticas y no solo mantener, sino continuar promoviendo la independencia y libertad de funcionamiento actuales del Banco de Guatemala.

³⁵ Como la Presentación Dirigida a Columnistas, Periodistas, Representantes de Centros de Investigación y de Universidades.

³⁶ Aplicable también a la metodología para evaluar la persistencia de los desvíos de la inflación.

³⁷ También puede modificarse para incorporar otras pruebas de raíz unitaria, no consideradas en el presente documento.

³⁸ Para ello, es imperativo que se tome en cuenta el proceso de convergencia hacia la meta de mediano plazo (en caso de existir) de todos los países del panel, para obtener la serie de las desviaciones. Esto es mostrado por la Tabla 2.2 para el caso de Guatemala. De lo contrario, se corre el riesgo de obtener resultados engañosos.

Referencias

- Avendaño Estrada, M. L., & Orellana Camargo, J. S. (2020). ¿Es creíble la meta de inflación del Banco de Guatemala? Un análisis empírico. *Banca Central* (80), 5–30.
- Banco Central de Chile (s.f.). *Precios*. Retrieved 02 de 08 de 2022, from BCENTRAL: https://si3.bcentral.cl/Siete/ES/Siete/Cuadro/CAP_PRECIOS/MN_CAP_PRECIOS/IPC_VAR_ANUAL_HIST_NEW?cbFechaInicio=2005&cbFechaTermino=2022&cbFrecuencia=MONTHLY&cbCalculo=NONE&cbFechaBase=
- Banco Central De Reserva Del Perú (s.f.). *BCRPData*. Retrieved 02 de 08 de 2022, from BCRP: <https://estadisticas.bcrp.gob.pe/estadisticas/series/mensuales/resultados/PNO1273PM/html/2005-1/2022-6/>
- Banco de Guatemala (s.f.). *Emisión Monetaria*. Retrieved 2022, from Banco de Guatemala: <http://www.banguat.gob.gt/page/emision-monetaria>
- Banco de Guatemala (s.f.). *Inflación Total*. Retrieved 02 de 08 de 2022, from Banco de Guatemala: <http://banguat.gob.gt/page/inflacion-total>
- Banco de Guatemala (s.f.). *Respuesta de política ante el COVID-19*. Retrieved 10 de 08 de 2022, from Banco de Guatemala: <https://www.banguat.gob.gt/sites/default/files/banguat/Publica/conferencias/cbanguat748.pdf>
- Banco de Guatemala (s.f.). *Ritmo Inflacionario Anual*. Banco de Guatemala: <https://www.banguat.gob.gt/page/ritmo-inflacionario-anual>
- Banco de la República (s.f.). *Inflación total y meta*. Retrieved 02 de 08 de 2022, from BANREP: <https://www.banrep.gov.co/es/estadisticas/inflacion-total-y-meta>
- Bernanke, B. (2022). *21st Century Monetary Policy: The Federal Reserve from the Great Inflation to COVID-19*. W. W. Norton & Company.
- Castañeda Fuentes, J. C., Castillo Maldonado, C. E., Galindo González, D. N., Gutiérrez Morales, M. J., & Ortiz Cardona, E. R. (2021). Evaluación del Esquema de Metas Explícitas de Inflación (EMEI) en Guatemala. *Banca Central* (81), 5–24.
- Cook, S. (2009). A Re-Examination of the Stationarity of Inflation. *Journal of Applied Econometrics*, 24(6), 1047–1053.
- Culver, S. E., & Papell, D. H. (1997). Is There a Unit Root in the Inflation Rate? Evidence from Sequential Break and Panel Data Models. *Journal of Applied Econometrics*, 12(4), 435–444.
- Enders, W. (2015). *Applied Econometric Time Series*. Wiley.
- Gándara, N. (07 de 07 de 2022). Inflación en Guatemala sigue acelerándose y llegó a 7.55% en junio. *Bloomberg Línea*. <https://www.bloomberglinea.com/2022/07/07/inflacion-en-guatemala-sigue-acelerandose-y-llego-a-755-en-junio/>
- Gregoriou, A., & Kontonikas, A. (Octubre de 2005). *Inflation targeting and the stationarity of inflation: New results from an ESTAR unit root test*. Academia.

- Hyndman, R. J., & Athanasopoulos, G. (2018). *Forecasting: Principles and Practice*. OTexts. <https://otexts.com/fpp2/>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (s.f.). *Inflación anual*. Retrieved 02 de 08 de 2022, from INEGI: <https://www.inegi.org.mx/app/indicesdeprecios/Estructura.aspx?idEstructura=112001300030&T=%C3%8Dndices%20de%20Precios%20al%20Consumidor&ST=Inflaci%C3%B3n%20Mensual>
- Jahan, S. (2017). Inflation Targeting: Holding the Line. *Back to Basics: Economic concepts explained*, 72–73.
- Junta Monetaria (29 de 12 de 2004). *Resolución JM-160-2004*. Banco de Guatemala: <https://www.banguat.gob.gt/sites/default/files/banguat/info/politica2005/acciones.PDF>
- Junta Monetaria (26 de 12 de 2012). *Resolución JM-139-2012*. Banco de Guatemala: https://www.banguat.gob.gt/sites/default/files/banguat/Publica/Res_JM/2012/Res_JM-139-2012.pdf
- Junta Monetaria (15 de 12 de 2021). *Resolución JM-119-2021*. Banco de Guatemala: https://www.banguat.gob.gt/sites/default/files/banguat/Publica/Res_JM/2021/Res_JM-119-2021.pdf
- Mankiw, N. G. (2014). *Macroeconomía*. Antoni Bosch Editor.
- Mishkin, F. S. (2009). *Monetary Policy Strategy*. MIT Press.
- Oliva, W. (20 de 01 de 2022). TSE da fechas tentativas para elecciones generales en Guatemala 2023 (primera y segunda vuelta). *Prensa Libre*. <https://www.prenalibre.com/guatemala/politica/tse-da-fechas-tentativas-para-elecciones-generales-en-guatemala-2023-primera-y-segunda-vuelta-breaking/>
- Pérez Macal, F. (2021). La credibilidad del Banco de Guatemala de promover la estabilidad en el nivel general de precios según las expectativas de inflación de analistas privados. *Banca Central*(82), 25–50.
- Susmel, R. (08 de 2015). *Lecture 16 Unit Root Tests*. BAUER College Of Business: <https://www.bauer.uh.edu/rsusmel/phd/ec2-5.pdf>
- Svensson, L. (5–8 de 1997). *Monetary Policy and Inflation Targeting*. NBER Reporter Winter: <https://larseosvensson.se/files/papers/NBERREP2.pdf>
- Turkay, M., & Sencer Atasoy, B. (2019). Has Inflation Targeting Been Successful? Evidence From Unit Root Tests. *Investigación Económica*, 78(308), 120–139.

Anexos

Tabla A1. Estimación del modelo $ARMA(3,4)$ para la serie de los desvíos

```

Automatic ARMA Forecasting
Selected dependent variable: DESVIACION
Date: 08/03/22 Time: 20:49
Sample: 2005M01 2022M06
Included observations: 210
Forecast length: 3

Number of estimated ARMA models: 25
Number of non-converged estimations: 0
Selected ARMA model: (3,4)(0,0)
AIC value: 1.8503963099
  
```

Nota. Se selecciona el método de transformación automática, con un máximo de 2 diferenciaciones. Se establece un límite de 4 términos AR y MA. No se permiten términos AR y MA estacionales. Se establece solo al intercepto como regresora exógena. El pronóstico corresponde a los siguientes 3 períodos.

Tabla A2. Pronósticos del modelo $ARMA(3,4)$ para la serie de los desvíos

Período	Desviación pronosticada
2022M07	4.065297
2022M08	4.051511
2022M09	4.126729





Inteligencia artificial y la implementación de *Machine Learning* para el análisis de series de tiempo, la inflación en Guatemala¹

Kevin Cristopher Juventino Alvarado Maldonado

Abstract

Este trabajo explica *Machine Learning* como identidad de la inteligencia artificial, y cómo esta puede ser implementada en el análisis de series de tiempo del ámbito económico y financiero para mejorar la estimación de modelos y la efectividad de sus pronósticos en esta investigación tomando como base la inflación en Guatemala. Se realiza la comparación entre los modelos econométricos ARIMA, Sarima y Sarimax, y los modelos de *Machine Learning Linear Regression*, *Random Forest* y *Long Short Term Memory*.

¹ Trabajo presentado por Kevin Cristopher Juventino Alvarado Maldonado, asesorado por el Dr. Guillermo Díaz, para optar al título de Maestro en Economía y Finanzas Aplicadas. Guatemala, agosto de 2022. Programa de Estudios Superiores, Maestría en Economía y Finanzas Aplicadas de la Universidad Rafael Landívar, Banco de Guatemala, Centro de Estudios Monetarios Latinoamericanos (CEMLA).

Introducción

Los pronósticos pueden tener grandes impactos en las expectativas, y se sabe que estas pueden tener considerables implicaciones económicas, por lo cual es muy importante poder generar pronósticos ciertos, donde en la actualidad los métodos más aceptados por la comunidad para obtener pronósticos son los métodos econométricos, pero es importante discutir la relevancia que tienen los métodos de *Machine Learning* para el análisis de las series de tiempo y sus implicaciones en el ámbito económico y econométrico, donde la adopción de estas ha sido muy lenta y ha encontrado resistencia, en parte esta resistencia se debe a la complejidad para entender e implementar estos algoritmos, pero a lo largo de esta investigación se explica de manera simplificada la esencia de cada método y se provee al lector con la implementación en código de *Python* en la presentación de un *Jupyter Notebook*, los cuales se le recomiendan al lector visualizar en los enlaces presentes en el área de anexos para utilizar de apoyo e identificar que existen muchas herramientas en la actualidad que hacen que este proceso sea más sencillo y eficiente, donde últimamente se busca entender los beneficios de la adopción de las teorías de *Machine Learning* presentadas y la posibilidad de integrarlas a las técnicas que son más conocidas en la actualidad.

1 | Planteamiento del problema

1.1. Objetivos

Entender la lógica de *Machine Learning* como inteligencia artificial y cómo esta puede ser utilizada para mejorar el análisis de la información que se obtiene de los datos al reconocer y aprender de los patrones para finalmente mejorar la estimación de los modelos y los pronósticos que se obtienen en base al aprendizaje de la información empírica.

1.2. Justificación

Las circunstancias extraordinarias que han sucedido en los últimos años como la pandemia y la invasión de Rusia a Ucrania han tenido consecuencias en todo el mundo, generando situaciones atípicas que se pueden identificar fácilmente en los datos recopilados sobre la información de diferentes sectores de las economías, y ante la presencia de estos datos atípicos los modelos tradicionales de estimación encuentran inconvenientes para analizar los datos y poder realizar pronósticos, allí es donde entra el concepto de *Machine Learning*, el cual en esencia es un aprendizaje automático, siendo esta un tipo de inteligencia artificial que permite que las aplicaciones de *software* sean más precisas en la predicción de resultados sin estar programadas explícitamente para hacerlo. Los algoritmos de aprendizaje automático utilizan datos históricos como entrada para predecir nuevos valores de salida apoyados del conocimiento empírico que estos obtienen de la muestra de datos, con la cual se entrenan y posteriormente existe otra muestra de datos con la cual se hacen pruebas para verificar la efectividad del modelo y de su pronóstico, lo cual tiende a ser más efectivo en situaciones atípicas ya que este aprendizaje ayuda a identificar patrones incidiendo en una mayor flexibilidad para ajustarse a los datos.

2 | Revisión literaria

2.1. Definición de inteligencia artificial

El término inteligencia artificial nace en la década de 1950 cuando pioneros en las ciencias de la computación empezaron a preguntarse si las computadoras podrían “pensar” por sí mismas, y las ramificaciones de esa curiosidad aún se exploran en la actualidad.

Si bien muchas de las ideas subyacentes se consideraron en los años e incluso décadas anteriores, la inteligencia artificial como un campo de investigación se inició en 1956, cuando un joven profesor asistente de matemáticas en Dartmouth College, llamado John McCarthy, organizó un taller de verano bajo la siguiente propuesta.

“El estudio debe proceder sobre la base de la conjetura de que cada aspecto del aprendizaje o cualquier otra característica de la inteligencia puede, en principio, describirse con tanta precisión que se puede hacer una máquina para simularlo. Se intentará descubrir cómo hacer que las máquinas utilicen el lenguaje, formen abstracciones y conceptos, resuelvan tipos de problemas que ahora están reservados a los humanos y que estos se retroalimentan para mejorar. Creemos que se puede lograr un avance significativo en uno o más de estos problemas si un grupo cuidadosamente seleccionado de científicos trabajan juntos durante un verano.” (McCarthy, 1956, p. 115).

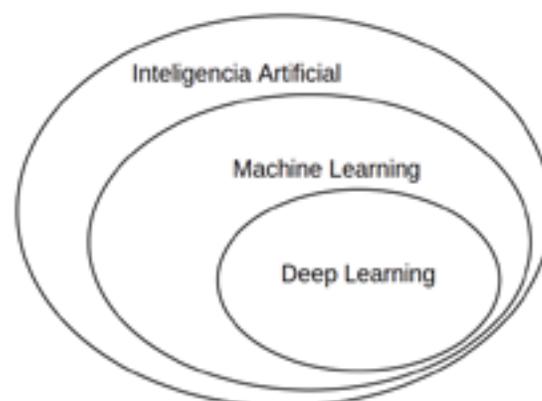
Al final del verano, el taller concluyó sin haber resuelto por completo lo que se propuso investigar. Sin embargo, contó con la asistencia de muchas personas que se convertirían en pioneros en el campo, y puso en marcha una revolución intelectual que continúa hasta el día de hoy.

El significado literal de la palabra artificial es sintético, la cual usualmente tiene la connotación negativa de ser un sustituto inferior; sin embargo, como menciona Oswald Campesato (2020), los objetos artificiales se pueden aproximar muy cercanamente a sus contrapartes, y en algunas ocasiones aún más ventajosas al no contar con los requerimientos de mantenimiento (p. 29).

En contraste es más complejo tratar de definir la palabra inteligencia, pero R. Sternberg, en un texto donde discute la conciencia humana, provee una definición interesante:

“Inteligencia es la habilidad cognitiva que posee un individuo de aprender de la experiencia, para razonar bien, y recordar información importante y para hacer frente a las demandas de la vida diaria” (R. Sternberg, p.3).

Con esa definición podríamos considerar si objetos inanimados como las computadoras pueden poseer inteligencia, y debemos identificar que el objetivo declarado de la inteligencia artificial es el poder crear sistemas de *software* y *hardware* que exhiben pensamiento comparable con el de los humanos o en otras palabras que muestren características usualmente asociadas con la inteligencia humana, por lo tanto tal vez fue Raphael el que los describió de forma más simple al decir que la inteligencia artificial es la ciencia de hacer que las máquinas hagan una actividad que requeriría inteligencia si un hombre fuera el que la realizara, pero en sí el concepto de inteligencia artificial engloba un conjunto de conocimientos y técnicas más específicas que se adecuan a ciertas características dadas ciertas circunstancias.



Nota: Creación propia utilizando la herramienta Canvas.

2.2. Definición de *Machine Learning*

Machine Learning usualmente se define como el arte y ciencia de programar computadoras para que ellas puedan aprender de los datos:

“Machine learning es el campo de estudio que da a las computadoras la capacidad de aprender sin estar explícitamente programado” (Aurélien Géron, 1959, p. 4).

Aunque *Machine Learning* comenzó a desarrollarse recientemente en la década de los noventa, se ha convertido rápidamente en el subcampo más popular y más exitoso de la inteligencia artificial, lo cual es apoyado por la disponibilidad novedosa de *hardware* más potente y conjuntos de datos más extensos.

Usualmente es descrita como el arte y la ciencia del reconocimiento de patrones, en esencia es un enfoque basado en datos con suposiciones leves sobre las relaciones estadísticas en los datos, el cual se puede abordar por una gran variedad de métodos dependiendo de las circunstancias.

Este suele considerar dos elementos centrales, un método de aprendizaje y un algoritmo que permite automatizar la mayor cantidad posible de opciones de modelado, de manera que estas no están sujetas a la discreción del agente.

Existen tantos diferentes tipos de sistemas de *Machine Learning* que es útil clasificarlos en categorías más amplias basadas en las circunstancias, como si están o no entrenados con supervisión humana (supervisado, no supervisado, semisupervisado y por refuerzo), en si pueden o no aprender a incrementar gradualmente en el desarrollo (*online* y *batch learning*), o si pueden funcionar simplemente comparando nuevos puntos de datos con puntos de datos conocidos, o poder detectar patrones en los datos de entrenamiento y construir un modelo predictivo, de manera similar a cómo los científicos lo hacen (Aprendizaje basado en instancias versus basado en modelos).

Usualmente se consideran los siguientes pasos en *Machine Learning*:

- Recolectar los datos
- Preparar esos datos
- Escoger el modelo
- Entrenamiento
- Evaluación
- Ajuste de hiperparámetros
- Predicción

2.2.1. Aprendizaje supervisado

En el aprendizaje supervisado, los datos de entrenamiento que alimentan al algoritmo incluyen las soluciones deseadas, llamadas etiquetas.

Una tarea común es tratar de predecir un valor numérico objetivo dadas ciertas características llamadas predictores, este tipo de tarea es llamada regresión y para entrenar el sistema se le necesita proveer de muchos ejemplos para que pueda aprender, incluyendo los predictores y sus etiquetas.

Algunos de los algoritmos de aprendizaje supervisado más importantes son:

- *k-Nearest Neighbors*
- Regresión Lineal
- Regresión Logística
- *Support Vector Machines*
- Árboles de decisión y Bosques Aleatorios
- Redes Neuronales
- *Long Short Term Memory (LSTM)*

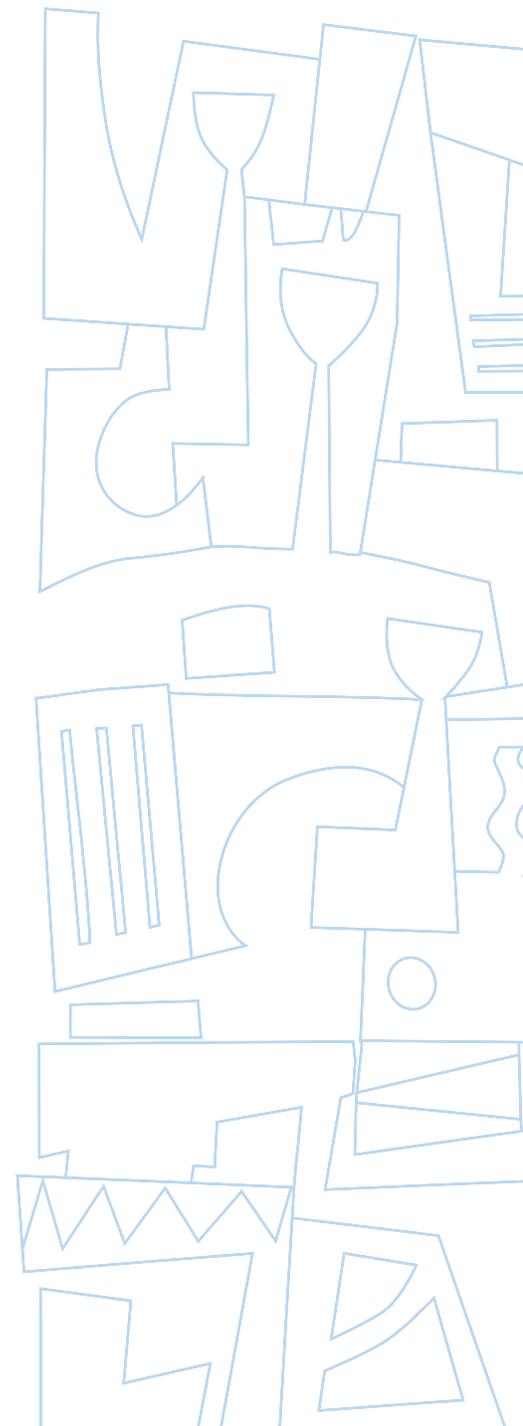
2.2.2. Aprendizaje no supervisado

En el aprendizaje no supervisado, los datos de entrenamiento que alimentan al algoritmo no incluyen las soluciones deseadas, a diferencia del aprendizaje supervisado, el sistema busca aprender sin la necesidad de un maestro que le enseñe.

Estos algoritmos descubren patrones ocultos o agrupaciones de datos sin necesidad de intervención humana. Su capacidad para descubrir similitudes y diferencias en la información lo convierte en la solución ideal para el análisis exploratorio de datos, estrategias de venta cruzada, segmentación de clientes y reconocimiento de imágenes.

Algunos de los algoritmos de aprendizaje supervisado más importantes son:

- *Clustering*
 - *K-Means*
 - *DBSCAN*
 - *Hierarchical Cluster Analysis (HCA)*
- Detección de anomalías y detección de novedades
 - *One-class SVM*
 - *Isolation Forest*
- *Visualization and dimensionality reduction*
 - *Principal Component Analysis (PCA)*
 - *Kernel PCA*
 - *Locally-Linear Embedding (LLE)*
 - *t-distributed Stochastic Neighbor Embedding (t-SNE)*



2.3. Econometría y *Machine Learning*

Los métodos econométricos hacen uso de la combinación de herramientas estadísticas y teorías económicas para estimar las variables económicas y pronosticar las variables previstas, de manera muy similar a lo que el *Machine Learning* tiene como objetivo, pero la aceptación de este último ha sido mucho más lenta para la comunidad económica comparado con la más amplia comunidad estadística, esto se atribuye en esencia al hecho que las revistas económicas enfatizan el uso de métodos con propiedades formales y comprobables por pruebas que muchos de los métodos de *Machine Learning* no entregan naturalmente, como grandes muestras de las propiedades de estimadores, incluyendo consistencia, normalidad y eficiencia, cuando el enfoque del *Machine Learning* se encuentra a menudo sobre las propiedades de trabajo de los algoritmos en situaciones específicas, con el resultado formal estipulado en donde se miden usualmente garantías de tasas de error, últimamente debe mencionarse que estos brindan menos resultados teóricos del tipo que tradicionalmente son reportados en los artículos econométricos, pero cada vez estos se están volviendo más populares por su capacidad de integrarse como herramienta a los métodos más tradicionales, lo cual también es descrito en el artículo de Guido Imbens con su esposa Susan Athey titulado “Machine Learning Methods Economists Should Know About” (Marzo del 2019), el cual recomienda ampliamente a los que estén interesados en este tema.

2.4. *Deep Learning* con Redes Neuronales

Las redes neuronales de aprendizaje profundo (*Deep Learning*), o redes neuronales artificiales, intentan imitar el cerebro humano a través de una combinación de entradas de datos, pesos y sesgos. Estos elementos trabajan juntos para reconocer, clasificar y describir con precisión los objetos dentro de los datos.

Las redes neuronales profundas en esencia consisten en múltiples capas de nodos interconectados, cada uno de los cuales se basa en la capa anterior para refinar y optimizar la predicción o categorización. Esta progresión de cálculos a través de la red se llama propagación directa. Las capas de entrada y salida de una red neuronal profunda se denominan capas visibles. La capa de entrada es donde el modelo de aprendizaje profundo ingiere los datos para su procesamiento, y la capa de salida es donde se realiza la predicción o clasificación final.

Existen varios tipos de algoritmos de redes neuronales, donde algunos de ellos pueden resultar increíblemente complejos y también cada tipo se utiliza para abordar problemas específicos o conjuntos de datos específicos, lo cual puede desmotivar a algunos para tratar de utilizarlos o aprender más sobre ellos, pero en la actualidad existen muchas herramientas que nos pueden ayudar a que la introducción y aplicación de estos sea más sencilla y amigable, como es el caso de *Python* con diferentes librerías como *Tensorflow* y *Pytorch*.

3

Metodología

3.1. Variables de análisis

La variable de enfoque en el análisis es la inflación de Guatemala en forma de serie de tiempo que comprende desde el año 2005, en el cual se implementa el esquema de metas explícitas de inflación, hasta mayo del año 2022.

Es importante entender que el pronóstico de la inflación es una tarea de alta complejidad ya que esta depende de muchos factores, por lo cual termina siendo muy complejo para ser descrito en su totalidad por los modelos, y si adicionalmente tomamos en cuenta la situación mundial actual en donde la inflación está creciendo a niveles históricos, entenderemos que el obtener predicciones exactas no es lo más sencillo.

3.2. Modelos

3.2.1. Arima

Auto Regressive Integrated Moving Average (Promedio móvil integrado autorregresivo) es un modelo de análisis estadístico que utiliza datos de series de tiempo para comprender mejor el conjunto de datos o para predecir tendencias futuras.

Se considera autorregresivo si para predecir valores futuros se basa en valores pasados, y estos también utilizan promedios móviles y rezagos para suavizar los datos de la serie de tiempo según sea necesario.

$$ARIMA(p, d, q)$$

p = orden autorregresivo

d = orden de diferenciación

q = orden media móvil

$$ARIMA(1,1,1) \rightarrow Y_t = \phi Y_{t-1} + e_t - \theta_1 e_{t-1}$$

Los modelos autorregresivos asumen implícitamente que el futuro se parecerá al pasado, donde también tenemos que tomar en cuenta que estos tienen el problema de reversión a la media, lo cual puede resultar en dificultades para realizar predicciones certeras más allá del futuro inmediato, en especial en condiciones de crisis o cambios atípicos a pesar de que en general las probabilidades estimadas de la serie de tiempo concuerdan bastante bien a las reales.

3.2.2. Sarimax

Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average with exogenous factors (Promedio móvil integrado autorregresivo con componente estacional y factores exógenos) toma de base el modelo ARIMA discutido anteriormente, pero incluyendo un componente estacional y factores exógenos como otra variable que pueda ayudar a describir a la variable en enfoque.

$$ARIMA(p, d, q) (P, D, Q)s$$

P = número de términos AR estacionales

D = número de diferencias estacionales

Q = número de términos MA estacionales

s = periodicidad de la estacionalidad

$$\phi_p(L) \phi_p^{\sim}(L^s) \Delta^d \Delta_s^D y_t = A(t) + \theta_q(L) \theta_q^{\sim}(L^s) \epsilon_t$$

Al incluir estos nuevos componentes, el modelo Sarimax solventa el problema de reversión o conversión a la media, lo que resulta en que las predicciones hechas por este modelo sean más efectivas.

3.2.3. Auto Arima

Es una función de la librería “pmdarima” en Python, este se basa en que, en el análisis de series de tiempo, un modelo correcto debería generar la probabilidad logarítmica más alta y requiere que los AIC (*Akaike Information Criterion*) y BIC (*Bayesian Information Criterion*) sean los más bajos ya que estos son estimadores del error de predicción.

Esta función toma la gama completa de posibilidades de los modelos de base Arima y comprueba cada una de las posibilidades según los parámetros de inicialización para últimamente indicar cuál de todos los modelos y parámetros consideran el mejor estimador de error de predicción.

3.2.4. Regresión Lineal

La Regresión Lineal es la técnica estadística simple comúnmente utilizada para el modelado predictivo. Dividiéndolo en lo básico, se trata de proporcionar una ecuación de variables independientes, sobre la cual se construye la variable objetivo.

$$y = \beta_0 + \beta_1 X + \varepsilon$$

La regresión lineal fue el primer tipo de análisis de regresión que se estudió rigurosamente y se usó ampliamente en aplicaciones prácticas ya que los modelos que dependen linealmente de sus parámetros desconocidos son más fáciles de ajustar que los modelos que no están relacionados linealmente con sus parámetros y porque las propiedades estadísticas de los estimadores resultantes son más fáciles de determinar.

Existen diferentes tipos de regresiones lineales, pero en su forma más básica se pueden representar matemáticamente como una línea recta, ya que la regresión lineal simple es una prueba paramétrica, lo que significa que hace ciertas suposiciones sobre los datos. Estos supuestos son:

- Independencia de las observaciones: las observaciones en el conjunto de datos se recopilaron mediante métodos de muestreo estadísticamente válidos y no existen relaciones ocultas entre las observaciones.
- Homogeneidad de varianza (homocedasticidad): el tamaño del error en nuestra predicción no cambia significativamente entre los valores de la variable independiente.
- Normalidad: Los datos siguen una distribución normal.
- La relación entre la variable independiente y dependiente es lineal: la línea de mejor ajuste a través de los puntos de datos es una línea recta (en lugar de algún tipo de factor de agrupación o una curva).

3.2.5. Random Forest

Random Forest es un algoritmo de *Machine Learning* supervisado que se usa ampliamente en problemas de clasificación y regresión. Construye árboles de decisión en diferentes muestras y toma su voto mayoritario para la clasificación y el promedio en caso de regresión.

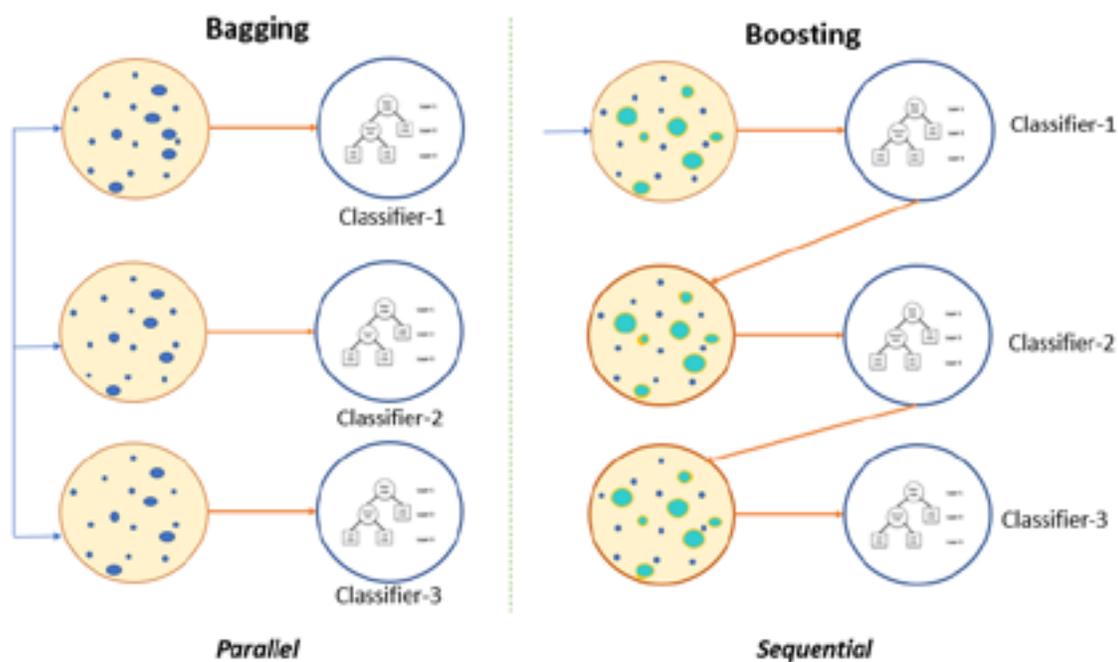
Una de las características más importantes del algoritmo de *Random Forest* es que puede manejar el conjunto de datos que contiene variables continuas como en el caso de regresiones y variables categóricas como en el caso de la clasificación, por lo cual usualmente ofrecen mejores resultados para problemas de clasificación.

Se basa en el concepto de aprendizaje conjunto, que es un proceso de combinación de múltiples clasificadores para resolver un problema complejo y mejorar el rendimiento del modelo ya que utiliza el método

Ensemble, el cual simplemente significa combinar varios modelos. Por lo tanto, se utiliza una colección de modelos para hacer predicciones en lugar de un modelo individual, esta característica resulta de gran interés por sus posibles usos en el futuro.

Ensemble cuenta con dos tipos de métodos:

1. *Bagging*: Crea un subconjunto de entrenamiento diferente a partir de datos de entrenamiento de muestra con reemplazo y el resultado final se basa en la votación por mayoría. Esta también es más conocida como la Agregación de Bootstrap, el cual es un método de aprendizaje de conjunto que se usa comúnmente para reducir la varianza dentro de un conjunto de datos ruidosos.
2. *Boosting*: Combina aprendices débiles hacia aprendices fuertes mediante la creación de modelos secuenciales de modo que el modelo final tenga la mayor precisión.



Nota: tomado de <https://www.pluralsight.com/guides/ensemble-methods:-bagging-versus-boosting>

Dado que el bosque aleatorio combina varios árboles para predecir la clase del conjunto de datos, es posible que algunos árboles de decisión puedan predecir la salida correcta, mientras que otros no. Pero juntos, todos los árboles predicen el resultado correcto. Por lo tanto, a continuación, se presentan dos suposiciones para un mejor clasificador de bosque aleatorio:

- Deben existir valores reales en la variable de característica del conjunto de datos para que el clasificador pueda predecir resultados precisos en lugar de un resultado adivinado.
- Las predicciones de cada árbol deben tener correlaciones muy bajas.

3.2.6. Long Short Term Memory

Las redes *Long Short Term Memory* usualmente conocidas como LSTM son un tipo de red neuronal recurrente capaz de aprender la dependencia del orden en problemas de predicción de secuencias, por lo cual son más que adecuados para problemas de predicción de series de tiempo.

La arquitectura de esta fue motivada por un análisis del flujo de errores en las redes neuronales recurrentes existentes, donde se encontró que los retrasos de tiempo prolongados eran inaccesibles para las arquitecturas existentes, porque el error retro propagado explota o decae exponencialmente.

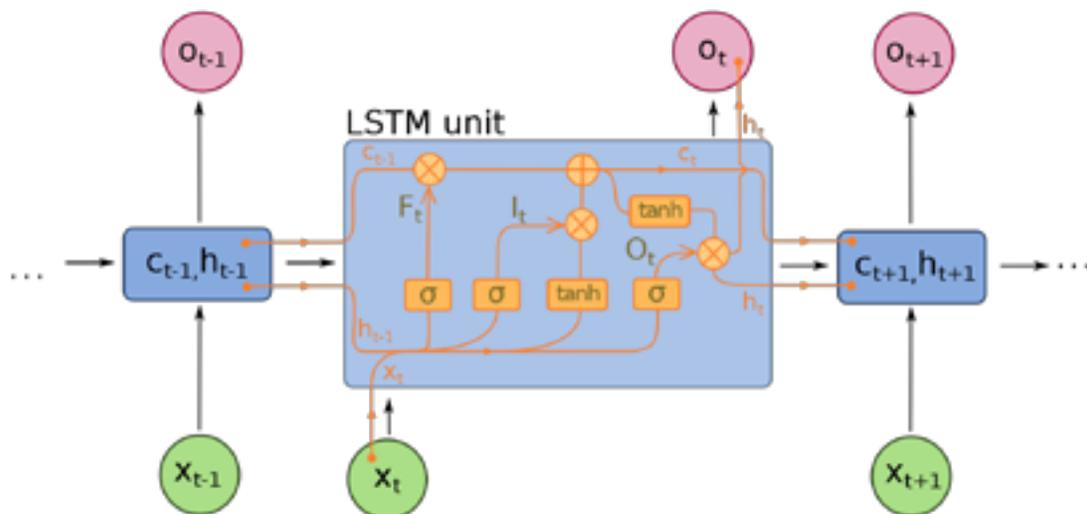
Una capa LSTM consta de un conjunto de bloques conectados de forma recurrente, conocidos como bloques de memoria donde cada uno contiene una o más celdas de memoria conectadas de forma recurrente y tres unidades multiplicativas, las puertas de entrada, salida y olvido, que proporcionan análogos continuos de operaciones de escritura, lectura y reinicio para las celdas. ...La red solo puede interactuar con las células a través de las puertas.

Puerta de olvido, la información que ya no es útil en el estado de celda se elimina con la puerta de olvido. Dos entradas x_t (entrada en el momento particular) y

h_{t-1} (salida de celda anterior) se alimentan a la puerta y se multiplican con matrices de peso seguidas de la adición de sesgo. La resultante pasa a través de una función de activación que da una salida binaria. Si para un estado de celda en particular, la salida es 0, la información se olvida y para la salida 1, la información se conserva para uso futuro.

Puerta de entrada realiza la adición de información útil al estado de la celda. Primero, la información se regula usando la función sigmoidea y filtra los valores a recordar de forma similar a la puerta de olvido usando las entradas h_{t-1} y x_t . Luego, se crea un vector utilizando la función \tanh que da una salida acotada en $(-1, 1)$, que contiene todos los valores posibles de h_{t-1} y x_t . Por último, los valores del vector y los valores regulados se multiplican para obtener la información útil.

Puerta de salida realiza la tarea de extraer información útil del estado actual de la celda para presentarla como salida. Primero, se genera un vector aplicando la función \tanh en la celda. Luego, la información se regula mediante la función sigmoidea y se filtra por los valores a recordar mediante las entradas h_{t-1} y x_t . Por último, los valores del vector y los valores regulados se multiplican para enviarse como salida y entrada a la siguiente celda.



Nota: tomado de keras

https://wszhan.github.io/2018/04/10/num_units_in_tf_lstm_rnn.html

4 | Resultados

Debido a que el programa utiliza una estructura basada en procesos de memoria a corto plazo para construir memoria a largo plazo, la unidad se denomina bloque de memoria de largo corto plazo. En el procesamiento del lenguaje natural, estos sistemas se utilizan ampliamente.

La dificultad para entrenarlos es una de sus desventajas, ya que incluso un modelo simple requiere mucho tiempo y recursos del sistema para entrenarse. Sin embargo, esto es solo una restricción de *hardware*, también hay que mencionar que la lógica de su implementación puede ser de muy alto nivel y complicado en muchos aspectos, pero existen diferentes herramientas que facilitan esta tarea.

Para iniciar la discusión de resultados se le recomienda al lector visualizar los enlaces que se encuentran en el área de anexos 1, los cuales son presentados en un formato de reporte de *Jupyter Notebook*, en donde se describe paso a paso el desarrollo y flujo de lo programado con el lenguaje de programación *Python*.

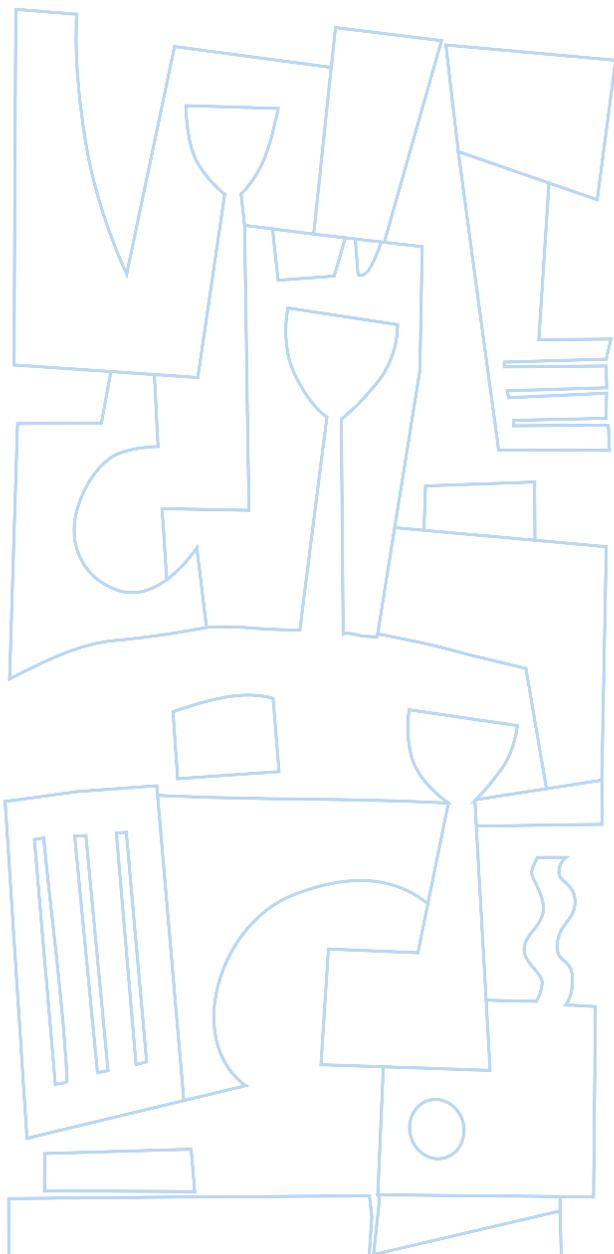
Inicialmente se procede con la carga de los datos, los cuales consisten en la serie de tiempo de la inflación interanual de Guatemala a partir del año 2005, procediendo a realizar el método econométrico tradicional donde iniciamos haciendo un análisis de la estacionariedad y autocorrelación en los datos ya que estos son una herramienta de uso común para verificar la aleatoriedad en un conjunto de datos. Esta aleatoriedad se determina calculando la autocorrelación de los valores de los datos en diferentes intervalos de tiempo.

Luego procedemos a realizar la prueba Dickey-Fuller aumentada, la cual al ser una prueba de raíz unitaria, en donde se espera obtener un número negativo, el cual fue de -5.98 , este número mientras más negativo sea indica un mayor rechazo a la hipótesis nula de que existe una raíz unitaria, comprobado por el *p-value* siendo menor que 0.05 utilizando la primera diferencia de los datos.

Al haber verificado lo anterior se procede a realizar la prueba KPSS (Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin) para determinar estacionariedad y se obtuvo un *p-value* de $0,1$ y considerando que este valor no es inferior a $.05$, no podemos rechazar la hipótesis nula de la prueba KPSS indicando que esto significa que podemos asumir que la serie de tiempo es estacionaria en tendencia utilizando la primera diferencia de los datos.

Posteriormente se realizaron más pruebas para encontrar el orden de diferenciación óptimo, para que el lector pueda utilizar el código de estos métodos para apoyarse en el momento que deseara replicar el análisis con datos diferentes.

Con todo lo anterior realizado se procede a la creación de los modelos econométricos, siendo estos tres para posteriormente ser comparados con modelos de *Machine Learning*, donde se verifica qué tan bien se ajusta cada modelo a los datos para reconocer los



patrones que describen los datos y para poder realizar predicciones más certeras sobre la inflación, y considerando la naturaleza del componente estocástico que esta serie de tiempo considerado, y las actuales condiciones atípicas que se presentan en el mundo, entendemos que tal vez medir el rendimiento del modelo mediante los pronósticos no sea lo más adecuado, así que la medida por la que se opta para medir el rendimiento es el Error Cuadrático Medio (RMSE), el cual mide la cantidad de error que hay entre dos conjuntos de datos, comparando el valor observado contra el valor pronosticado por cada modelo.

Se inició por proponer un modelo ARIMA (2,0,0), el cual presentó un ajuste bastante bueno, no contó con ningún problema de raíces unitarias.

Luego se procede a utilizar las librerías de *Python* para estimar un auto-arma, el cual busca identificar los parámetros más óptimos para un modelo ARIMA, concluyendo por un único modelo ARIMA ajustado, el cual resultó siendo un SARIMAX(1,1,0)(0,0,0)[0], el cual también presentó un ajuste muy bueno y un pronóstico mejor que el modelo anterior y al ver el diagnóstico que provee esta herramienta se identifica que la información descrita por sus residuos estandarizados, el histograma más la densidad estimada, la gráfica Q-Q normal y el correlograma es bastante formidable.

Pero al ver la especificación ofrecida por el auto-arma también se propone el modelo SARIMAX(1,1,0)(1,0,0)[12], el cual toma más ventaja del componente estacional del modelo, aunque no se utiliza la variable exógena, la sugerencia si se desea integrar sería la inflación de Estados Unidos, adicionalmente se podría considerar los precios del petróleo, pero aun sin agregar estos componentes, vemos que este modelo presenta mejoras en comparación de los modelos anteriores.

Los pronósticos obtenidos para el año 2022 por estos modelos son los siguientes:

Mes	ARIMA	auto-arma	Sarimax	Real
Junio	0.063303	0.063346	0.070449	0.0755
Julio	0.065042	0.065552	0.073138	0.0826
Agosto	0.065176	0.066499	0.075210	TBD

De lo anterior podemos ver claramente que el modelo Sarimax realizó predicciones considerablemente mejores, ya que este no cuenta con el problema de reversión a la media que tienen los modelos ARIMA, los cuales aunque se ajustan mejor a los datos observados son menos precisos para realizar las predicciones, y se debe notar la facilidad con la que se pueden obtener todos estos datos utilizando la herramienta *Python* que está a la disposición del lector en los anexos como ya se mencionó.

Verificamos también el RMSE que cada uno de estos modelos obtuvo:

ARIMA	auto-arima	Sarimax
0.006589	0.008785	0.008171

Podemos ver que claramente el modelo ARIMA sería el que obtuvo un mejor ajuste según el criterio de RMSE.

Posteriormente se crearon los modelos de *Machine Learning* siendo los primeros *Random Forest* y *Linear Regression*, los cuales requieren una lógica más compleja para su creación, pero *Python* nos provee con la librería “Sklearn”, una manera más simple y efectiva de implementar ambos modelos, donde únicamente se requiere manipulación de las estructuras de datos para el ingreso y salida de ambos modelos, donde podemos analizar que ambos se ajustaron bastante bien a los datos observados, pero es importante indicar que estos resultados obtenidos pueden ser aún mejorados, realizando un trabajo más exhaustivo en la especificación de los datos de entreno y prueba, donde al utilizar un 70% de los datos para el entreno y un 30% para la prueba se obtuvieron los RMSE para estos modelos:

<i>Random Forest</i>	<i>Linear Regression</i>
0.006958	0.006412

De lo anterior podemos ver que aunque estos son modelos de *Machine Learning* bastante básicos, el grado de ajuste que estos tienen con los datos es superior a los modelos econométricos mencionados.

Por lo cual se realizó la creación de un modelo más complejo, el cual es el de LSMT, con la ayuda de la librería “Tensor Flow”, el código y gráficas para este modelo están disponibles para el lector en el segundo enlace de Anexos 1, en donde se describe el código paso por paso, donde lo primero que se realizó fue la manipulación de la estructura de datos necesaria para alimentar la entrada del modelo, la cual es una matriz de entrada que tiene la estructura siguiente:

1	2	3	4	5	6
2	3	4	5	6	7
3	4	5	6	7	8

Nota: Creación propia con la herramienta Draw.io

En donde los primeros cinco datos son los pertenecientes a la serie de tiempo y en base a esos se genera un pronóstico para el sexto dato el cual también considera su etiqueta, este proceso se repite iterativamente incluyendo en la consideración cada uno de los valores pronosticados, en el proceso aprendiendo y entrenando mediante el aprendizaje supervisado, durante este ciclo cada vez se reduce el error de predicción hasta que se concluye en el mejor modelo posible con los datos de calibración especificados.

Este modelo luego de calibrar la tasa de aprendizaje, los datos de entrenamiento y evaluación según están descritos en el código de *Python*, los cuales aún pueden optimizarse para obtener mejoras en los resultados, nos indica que, dada la naturaleza del algoritmo, la predicción que este realiza se ajusta de gran manera a los datos observados, obteniendo un RMSE para este modelo de 0.000213.

Con esto podemos comparar el ajuste para todos los modelos considerados:

Modelo	RMSE
ARIMA	0.006589
auto-arima	0.008785
Sarimax	0.008171
<i>Random Forest</i>	0.006958
<i>Linear Regression</i>	0.006412
<i>Long Short Term Memory</i>	0.000213

Donde podemos ver que el modelo *Long Short Term Memory* es el ganador según el criterio de RMSE por un gran margen, y para analizar cuantas veces este es mejor que los demás modelos en un contexto más comparable, dividimos el resultado de los demás modelos contra el valor de LSTM, donde se obtienen los siguientes resultados:

Modelos	Cuántas veces es mejor el modelo LSTM que el modelo indicado
ARIMA	30.86
auto-arima	41.15
Sarimax	38.27
<i>Random Forest</i>	32.59
<i>Linear Regression</i>	30.03

5 | Discusión

Es importante mencionar que aunque existan limitaciones en la obtención de datos y en muchos casos garantizar veracidad de los mismos, y añadiendo a eso las posibles condiciones atípicas que se pueden presentar estocásticamente en la realidad, las herramientas tecnológicas nos pueden apoyar a sobrepornos ante estas limitaciones, por lo cual en lugar de presentar resistencia ante las novedades, es importante considerar las posibilidades de mejora que estas nos pueden brindar.

La calibración de los modelos puede mejorar de gran manera los resultados que se obtienen de los modelos, por lo cual se le recomienda al lector tomar el código compartido en los cuadernos de *Jupyter* y utilizarlo para poder realizar sus pruebas personales, donde puede utilizar la serie de tiempo que desee o puede utilizar la que se comparte en el repositorio, con la cual se obtuvieron todas las estimaciones para esta investigación.

En la actualidad existen muchos avances en la literatura y herramientas disponibles para *Machine Learning*, lo cual tiene mucho que ofrecer a los investigadores en el campo de la economía ya que el estar familiarizados con estos métodos permitirá a los investigadores realizar trabajo más complejo y sofisticado, y facilitará la comunicación con investigadores de otras áreas de estudio.

6 | Conclusiones

El criterio de Error Cuadrático Medio permite poder realizar la comparación entre diferentes modelos al medir la cantidad de error que hay entre dos conjuntos de datos, comparando el valor observado contra el valor pronosticado por cada modelo donde el menor valor de Error Cuadrático Medio indica el de mejor ajuste.

El modelo *Long Short Term Memory* presentó resultados considerablemente superiores a los del resto de modelos considerados, esto se debe a la compleja lógica detrás de este modelo, la cual puede incidir en dificultades para entender y poder implementar este tipo de modelos, pero en la actualidad existen diferentes herramientas que apoyan para que esta tarea sea más amigable y eficiente, por lo cual se incentiva al lector y a toda la comunidad a indagar más sobre estos tipos de modelos de *Machine Learning*.

Los métodos de *Machine Learning* claramente presentan una mejora en el análisis de series de tiempo ante los modelos econométricos, pero esto no implica que ambos sean mutuamente excluyentes, por el contrario, nos brinda muchas posibilidades de poder integrar ambos enfoques en un futuro para poder obtener mejores resultados.

7 | Referencias

Imbens, Guido W., & Athey, Susan (2019). Machine Learning Methods Economists Should Know About*

Campeato, Oswald (2020). *Artificial Intelligence, Machine Learning, and Deep Learning*. Dulles, Virginia: Mercury Learning and Information LLC.

Rodríguez-Vargas, Adolfo (2020). Forecasting Costa Rican inflation with machine learning methods.

Kohlscheen, Emanuel (2021). What does machine learning say about the drivers of inflation?

Medeiros, M., & Veiga, A., & Vasconcelos, G. & Zilberman, E. (2020). Forecasting inflation in a data-rich environment: The benefits of machine learning methods (Brazil).

8 | Anexos

Anexo 1. Código para la estimación de los modelos

Puede dirigirse a los siguientes enlaces para encontrar a mayor detalle el proceso de creación y ajuste de los modelos econométricos y de *Machine Learning* con la herramienta de *Python* presentado en un *Jupyter Notebook*.

Creación y ajuste de modelos Arima, Sarimax, auto-Arima, *Linear Regression*, *Random Forest* con respectivos RSME utilizando anaconda version 3.9.7: <https://github.com/kcjalvarado/TimeSeries-Econometric-and-ML-methods-/blob/main/Notebook.ipynb>

Creación y ajuste del modelo LSTM utilizando *Python* versión 3.8.10:

<https://github.com/kcjalvarado/LSTM-ML-Python/blob/master/Notebook.ipynb>





Componente común del IPC: una medida alternativa de inflación subyacente para Guatemala¹

Juan Manuel Jiménez Cruz

Resumen

En este trabajo se elabora una medida alternativa para la inflación subyacente de Guatemala a partir de un modelo factorial, que busca capturar los movimientos comunes en los precios, obtenido del análisis de componentes principales de las tasas de variación interanual de los precios de las divisiones del gasto del Índice de Precios al Consumidor (IPC) con las que el Instituto Nacional de Estadística construye el Índice General de Precios, siguiendo la metodología propuesta por Khan et al. (2013).

La inflación subyacente por componente común del IPC logra seguir la tendencia central de la inflación de manera efectiva y cumple con la mayoría de las características generales y deseables que debe cumplir una medida de inflación subyacente según el Banco de Guatemala.

El código para el cálculo de la inflación subyacente por componente común del IPC está disponible en el siguiente repositorio de GitHub para libre consulta: <https://github.com/juanmajc/Componente-Comun-IPC>.

¹ Presentado por **Juan Manuel Jiménez Cruz**, asesorado por Guillermo Díaz, PhD. y Manuel Castro, MSc. Guatemala, septiembre 2022. Banco de Guatemala Programa de Estudios Superiores 2021–2022, Seminario de Investigadores Económicos de Guatemala 2022.

Introducción

En el presente trabajo de investigación se presenta una propuesta de medida alternativa para la inflación subyacente de Guatemala considerando que la mayoría de los bancos centrales tienen como objetivo fundamental la estabilidad en el nivel general de precios, bajo la premisa que es el mejor aporte que la política monetaria puede brindar al logro del crecimiento económico sostenible.

En el Índice de Precios al Consumidor existen gastos que experimentan altas volatilidades en sus precios, lo cual afecta a la medición de la inflación por la presencia de variaciones en el IPC que no representan un incremento generalizado en el nivel general de precios.

El Banco de Guatemala en la actualidad construye una medida de inflación subyacente como un promedio ponderado de ocho metodologías dentro de las cuales se incluyen metodologías de exclusión fija, que en la práctica eliminan una cantidad predeterminada de los productos más volátiles del IPC y metodologías de exclusión variable que eliminan algunos bienes y servicios cuyas fluctuaciones de precios superen un criterio predefinido de volatilidad, de tal forma que los bienes y servicios que se excluyen del cálculo varían cada mes. Con el fin de obtener una medida tendencial de la inflación al remover movimientos en los precios que generalmente son transitorios, sujetos a choques de oferta frecuentes o influenciados directamente por movimientos coyunturales.

La medida de inflación subyacente propuesta en este documento emplea un modelo factorial basado en el análisis de componentes principales con el fin de extraer un componente común que explique las variaciones en los precios de todas las divisiones del gasto del IPC y no se vea afectado por fluctuaciones específicas de las divisiones del gasto.

1 Planteamiento del problema

1.1. Objetivo

Proponer una nueva medida de inflación subyacente para Guatemala por medio del análisis de componentes principales de las tasas de variación interanual de los precios de las divisiones del gasto que maneja el Instituto Nacional de Estadística con el fin de obtener una medida que describa la tendencia central de la inflación observando los movimientos comunes entre las divisiones del gasto sin excluir ninguna división por mayor volatilidad que tenga.

1.2. Justificación

Medir la tendencia subyacente de la inflación es una de las tareas más importantes de un Banco Central para manejar y tomar decisiones de política monetaria, por esta razón se debe emplear medidas que capturen efectivamente la tendencia de la inflación eliminando la volatilidad, eliminar gastos del IPC puede ocasionar que se ignoren o deprecien efectos considerables, o que se amplifiquen los correspondientes a los sectores restantes. Bajo esta premisa se decidió obtener una medida de inflación subyacente que emplee todas las divisiones del gasto del IPC por medio de un modelo factorial y el análisis de componentes principales que permiten conocer los movimientos comunes en los precios de todas las divisiones del gasto y reflejarlos en una nueva medida de inflación subyacente denominada “Inflación subyacente por componente común del IPC”.

2

Revisión literaria

El objetivo primordial de la mayoría de los bancos centrales es promover la estabilidad en el nivel general de precios de su economía, como es el caso del Banco de Guatemala que mantiene un esquema de metas explícitas de inflación basado en la inflación total, medida como la variación porcentual interanual del Índice de Precios al Consumidor (IPC).

Los precios de ciertos componentes que definen el IPC pueden llegar a ser especialmente volátiles y ocasionar fluctuaciones considerables en la inflación total por *shocks* sectoriales de corto plazo, además el IPC puede tener sesgos por las ponderaciones fijas de sus componentes y problemas de medición (Kirker, 2010). Una de las tareas de los bancos centrales al establecer las políticas monetarias es investigar los efectos de estos movimientos transitorios en la inflación total y concentrarse en una medida “central” de inflación que permita medir de mejor manera la tendencia subyacente de la inflación.

El concepto de inflación subyacente ha realizado un papel importante en las deliberaciones de los hacedores de política monetaria por su capacidad de reflejar los cambios en el nivel general de precios de una forma menos errática en comparación con la inflación total. Aunque no existe un consenso sobre cuál es la mejor metodología para medir la inflación subyacente (Wynne, 2008), las metodologías más ampliamente utilizadas consisten en excluir del cálculo los componentes más volátiles, que usualmente corresponden a los precios de alimentos no elaborados y energías.

El Banco de Guatemala establece los siguientes criterios de selección que debe cumplir una nueva medida de inflación subyacente:

Los criterios más importantes que, en términos generales, debería cumplir una nueva medición de inflación subyacente serían: (i) mostrar un comportamiento congruente con los choques de oferta y (ii) responder en mayor medida y la mayor parte del tiempo a factores de demanda.

Otras características deseables de un buen sustituto para la medición actual incluyen: (i) debe ser de fácil medición, para que rápidamente sea comprendida e interpretada para el análisis macroeconómico; (ii) debe ser un indicador estable, a efecto de que no tenga cambios significativos, cada vez que se añadan datos a la serie de inflación observada; (iii) debe ser un indicador creíble, por lo que en el largo plazo su evolución no debe apartarse de la inflación observada; (iv) debe estar disponible oportunamente, de preferencia pocos días después de que se publique la inflación total; y (v) debe tener una variabilidad menor a la de la inflación total (Banco de Guatemala, 2016, págs. 72–76).

Metodologías para la medición de inflación subyacente adoptadas por el Banco de Canadá y el Banco de la Reserva de Nueva Zelanda se basan en el análisis de componentes principales, PCA por sus siglas en inglés, el cual se emplea para identificar el componente “común” de la inflación presente a lo largo de las divisiones del gasto que conforman el IPC. Este componente común del IPC no es afectado por *shocks* sectoriales en los precios, por lo que permite aislar movimientos en los precios que pueden ser causados por sectores específicos; y análisis empíricos han establecido que aparenta capturar movimientos en los precios que son indicativos de fluctuaciones de la demanda agregada en Canadá (Khan y otros, 2013).

La inflación total puede desagregarse en sus divisiones de gasto con el componente común del IPC por medio de un modelo factorial, el cual es un procedimiento estadístico que representa la variación en un conjunto de variables como la suma de uno o más factores que representan movimientos comunes entre variables, y un término idiosincrático que captura lo que no es posible explicar con los movimientos comunes entre las variables asociados a perturbaciones específicas de sectores que no están correlacionadas con el componente común (Stock & Watson, 2002) y la inflación subyacente se define como la fuente común de variación en el nivel general precios que no está correlacionada con *shocks* específicos de sectores (Kirker, 2010).

La medición de la inflación subyacente por componente común ha demostrado no estar sesgada, persistente, de baja volatilidad, moverse junto la brecha del producto, pero tener deficiencias al momento de la realización de análisis macroeconómico por su relativa dificultad en la metodología respecto a medidas más sencillas de calcular y explicar (Bank Of Canada, 2021).

Demás autores han abarcado la metodología de análisis de componentes principales para la medición de la inflación subyacente en diferentes países como Portugal (Duarte y otros, 2001), Reino Unido (Cristadoro y otros, 2005) y Turquía (Tekatli, 2010).

3 | Metodología

Siguiendo la metodología propuesta por Khan et al. (2013), la medición de la inflación subyacente para Guatemala por el componente común del IPC toma como base las series de tiempo de periodicidad mensual de las 12 divisiones del gasto del IPC (ver Tabla 7.1) y el nivel general de precios estimados por el Instituto Nacional de Estadística para el período comprendido entre abril de 2011 y junio de 2022, que se encuentran disponibles para el público general desde su sitio web. Para extraer y unificar la información de distintas bases de datos anuales se utilizó el lenguaje de programación *Python*.

Debido a que las series de tiempo de las 12 divisiones del gasto del IPC y nivel general de precios se encuentran expresadas como porcentaje de los precios de diciembre de 2010, se procedió a imputar los datos faltantes de enero a marzo de 2011 empleando la variación de precios ocurrida entre diciembre 2010 y abril 2011 como tasa de actualización con el fin de expandir la muestra de las series de tiempo al intervalo comprendido entre diciembre 2010 a junio 2022.

Se procedió a calcular las tasas de variación interanual para las series de tiempo de las 12 divisiones del gasto del IPC y el nivel general de precios (inflación total) ahora comprendidas en el intervalo de tiempo de diciembre 2011 a junio 2022.

Idealmente se desearía explicar la inflación total como función de las tasas de variación interanual de los precios de las divisiones del gasto, pero estas variables tienden a estar correlacionadas por la naturaleza propia de la economía.

3.1. Modelo factorial

Los modelos factoriales son métodos estadísticos que representan la variación de un conjunto de variables como la suma de uno o más factores que representan movimientos comunes entre variables y un término idiosincrático que captura la parte no explicada por este (estos) factor(es) comun(es).

$$y_t = y_t^c + y_t^{nc} \quad (3.1)$$

Para los propósitos de este trabajo el conjunto de variables son las tasas de variación interanual de las 12 divisiones del gasto del IPC y el modelo factorial el siguiente:

$$\boldsymbol{\Pi}_t = \mathbf{BF}_t + \mathbf{E}_t \quad (3.2)$$

Donde $\boldsymbol{\pi}_t$ es un vector columna de m elementos, m es la cantidad de variables del conjunto, \mathbf{F}_t es el componente común que es un vector columna de k elementos, donde k es la cantidad de componentes comunes, \mathbf{B} es una matriz ($m \times k$) que corresponde a las ponderaciones de cada variable respecto a cada componente común individual y \mathbf{E}_t es un vector columna de m elementos que representa las perturbaciones idiosincráticas.

$$\begin{pmatrix} \pi_{1,t} \\ \pi_{2,t} \\ \vdots \\ \pi_{m,t} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \beta_{1,1} & \beta_{1,2} & \dots & \beta_{1,k} \\ \beta_{2,1} & \beta_{2,2} & \dots & \beta_{2,k} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \beta_{m,1} & \beta_{m,2} & \dots & \beta_{m,k} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} f_{1,t} \\ f_{2,t} \\ \vdots \\ f_{k,t} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \varepsilon_{1,t} \\ \varepsilon_{2,t} \\ \vdots \\ \varepsilon_{n,t} \end{pmatrix} \quad (3.3)$$

3.2. Análisis de componentes principales

El análisis de componentes principales es un tipo de aprendizaje no supervisado de reducción de dimensionalidad en el cual un conjunto de variables independientes, dígame $\boldsymbol{\pi}_t$ visto en la sección anterior, que presentan multicolinealidad se transforma en otro conjunto de variables, llamado componentes principales, que no presentan multicolinealidad.

Para determinar los componentes principales es necesario expresar todas las variables en la misma escala, lo que se logra al estandarizar las series de tiempo de cada una de las variables del conjunto al restarles su media y dividir las por su desviación estándar.

$$x_{i,t} = \frac{\pi_{i,t} - \bar{\pi}_i}{s_i} \quad (3.4)$$

$$\bar{\pi}_i = \frac{\sum_{t=1}^T \pi_{i,t}}{T}, s_i = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^T (\pi_{i,t} - \bar{\pi}_i)^2}{T - 1}}$$

Donde T es la cantidad de observaciones realizadas, obteniendo un nuevo conjunto de variables estandarizadas que poseen media cero y desviación estándar igual a la unidad.

$$\mathbf{X}_t = \begin{pmatrix} x_{1,t} \\ x_{2,t} \\ \vdots \\ x_{m,t} \end{pmatrix} \quad (3.5)$$

Se procede a calcular la matriz de covarianza de este conjunto de variables estandarizadas que tiene dimensiones $(m \times m)$.

$$\boldsymbol{\Sigma} = \begin{pmatrix} \text{Var}(x_1) & \text{Cov}(x_1, x_2) & \dots & \text{Cov}(x_1, x_m) \\ \text{Cov}(x_2, x_1) & \text{Var}(x_2) & \dots & \text{Cov}(x_2, x_m) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \text{Cov}(x_m, x_1) & \text{Cov}(x_m, x_2) & \dots & \text{Var}(x_m) \end{pmatrix} \quad (3.6)$$

Donde \mathbf{x}_i es el vector fila que contiene todas las observaciones de la variable estandarizada.

$$\mathbf{x}_i = (x_{i,1} \quad x_{i,2} \quad \dots \quad x_{i,T}) \quad (3.7)$$

Debido a la estandarización de las variables, estas tendrán varianza igual a la unidad, y a que las covarianzas representan las relaciones que poseen las variables estandarizadas entre sí, el obtener los valores y vectores propios de la matriz de covarianzas permite determinar las direcciones en las cuales se obtiene la máxima varianza posible del conjunto de variables estandarizadas.

$$\boldsymbol{\Sigma} \mathbf{v}_i = \lambda_i \mathbf{v}_i \quad (3.8)$$

Donde se obtienen m vectores propios de m elementos con sus respectivos valores propios todos reales debido a que $\boldsymbol{\Sigma}$ es simétrica, los vectores propios tienen la particularidad de ser ortogonales entre sí y tener norma igual a la unidad, e indican la dirección de los nuevos ejes de los componentes principales, estos componentes tendrán mayor relevancia para explicar las variables estandarizadas según su respectivo valor propio, a mayor valor propio mayor participación en la explicación de las variables estandarizadas, por lo que enumerando los vectores propios según su valor propio asociado se pueden determinar los ejes de los componentes principales en orden de participación en la explicación de las variables estandarizadas.

$$\mathbf{v} = (\mathbf{v}_1 \quad \mathbf{v}_2 \quad \dots \quad \mathbf{v}_N) : \lambda_i > \lambda_{i+1} \quad \forall i \in [1, N - 1] \quad (3.9)$$

Por lo que se pueden proyectar cada una de las observaciones de \mathbf{X}_t en estos ejes de los componentes principales, permitiendo obtener las series de tiempo correspondientes a los componentes principales.

$$pc_{i,t} = \frac{\mathbf{X}_t \cdot \mathbf{v}_i}{|\mathbf{v}_i|^2} \quad (3.10)$$

Por lo que los valores de los componentes principales en el período t y la serie de tiempo del componente principal i respectivamente son:

$$\mathbf{PC}_t = \begin{pmatrix} pc_{1,t} \\ pc_{2,t} \\ \vdots \\ pc_{m,t} \end{pmatrix}, \mathbf{pc}_i = (pc_{i,1} \quad pc_{i,2} \quad \dots \quad pc_{i,T}) \quad (3.11)$$

Se puede conocer la varianza presente en cada una de las series de tiempo de los componentes principales y dividirlos dentro de la suma de varianzas de las series de tiempo de los componentes principales para conocer la proporción de la varianza total que es capturada por cada componente principal.

$$\%Var_i = \frac{Var(\mathbf{pc}_i)}{\sum_{j=1}^m Var(\mathbf{pc}_j)} \quad (3.12)$$

Las proporciones de la varianza total serán el criterio primordial para la elección de la cantidad k de componentes principales a emplear para la reducción de dimensionalidad de m a k variables.

$$\mathbf{F}_t = \begin{pmatrix} pc_{1,t} \\ pc_{2,t} \\ \vdots \\ pc_{k,t} \end{pmatrix} \quad (3.13)$$

Sustituyendo los valores de los k componentes principales elegidos en el período t como el componente común en la ecuación (3.2) se llega a un modelo factorial que emplea componentes principales como variables explicativas de las fluctuaciones comunes entre el conjunto original de variables que no presentan multicolinealidad.

3.3. Inflación subyacente por componente común del IPC

La inflación subyacente por componente común del IPC se define y calcula como los valores estimados de la regresión lineal de la inflación total en función de los componentes principales elegidos en la sección anterior escalados al nivel de inflación total.

$$\tilde{\pi}_t = \alpha + \mathbf{\Omega F}_t^* \quad (3.14)$$

Donde $\tilde{\pi}_t$ es la inflación subyacente para el período t , α es el intercepto, $\mathbf{\Omega}$ es un vector fila de k elementos que contiene las ponderaciones dadas a cada componente común para estimar la inflación total y \mathbf{F}_t^* es el vector columna, de k elementos, obtenido del análisis de componentes principales para el período t escalado al nivel de inflación total.

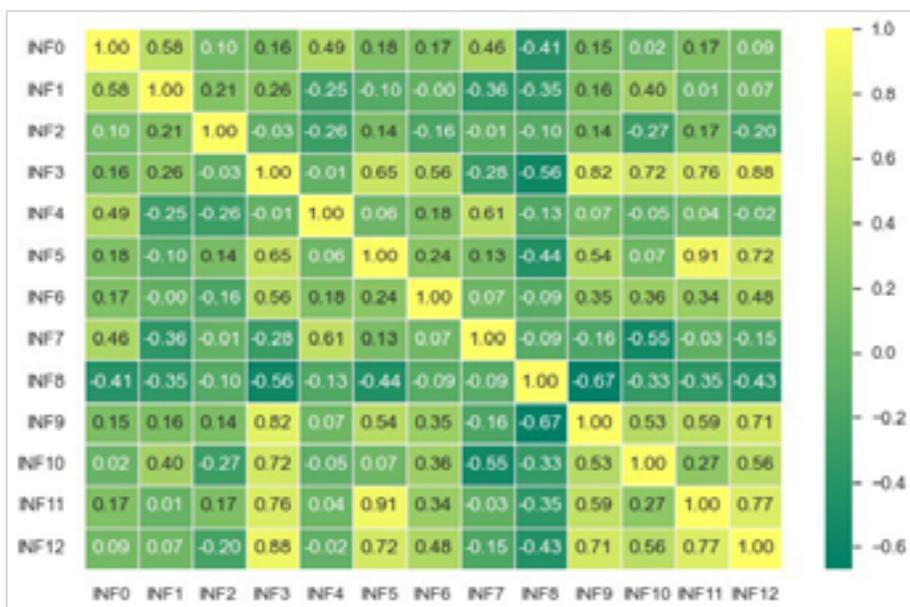
$$\mathbf{F}_t^* = s\mathbf{F}_t + \bar{\boldsymbol{\pi}} \quad (3.15)$$

$$\bar{\pi} = \frac{\sum_{t=1}^T \pi_t}{T}, s = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^T (\pi_t - \bar{\pi})^2}{T - 1}}, \bar{\boldsymbol{\pi}} = \begin{pmatrix} \bar{\pi} \\ \bar{\pi} \\ \vdots \\ \bar{\pi} \end{pmatrix}_{(k \times 1)}$$

4 Resultados

Idealmente se desearía explicar la inflación total como función de las tasas de variación interanual de los precios de las divisiones del gasto, pero estas variables tienden a estar correlacionadas y su matriz de correlaciones lo confirma, mostrando fuertes correlaciones entre dichas variables, indicando que existen movimientos comunes entre ellas como se muestra en la Figura 4.1.

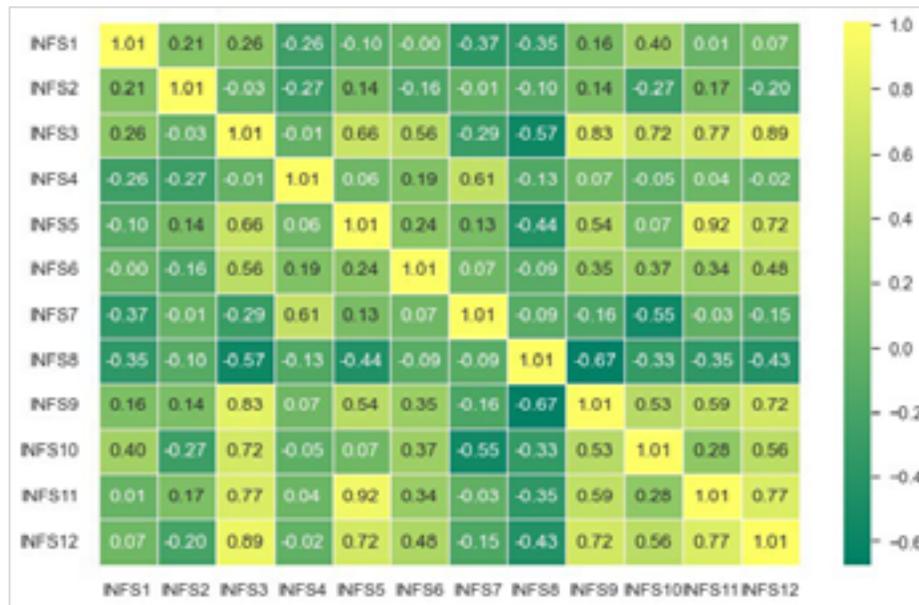
Figura 4.1. Matriz de correlaciones para las tasas de variación



Debido a esta multicolinealidad presente entre las tasas de variación se procede a realizar el análisis de componentes principales descrito en la sección anterior, obteniendo las series de tiempo de las tasas de variación estandarizadas de las divisiones del gasto y su matriz de covarianzas mostrada en la Figura 4.2.

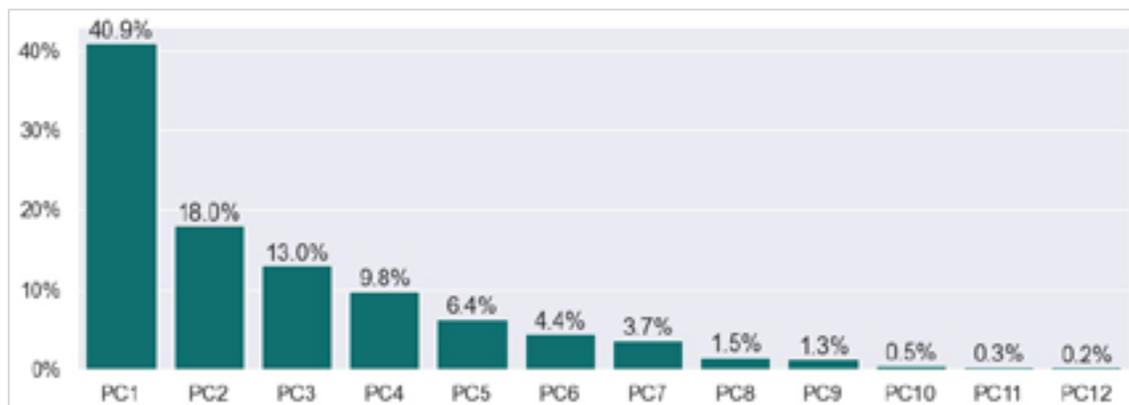
La matriz de correlaciones muestra los valores de correlación de Pearson, que miden el grado de relación lineal entre cada una de las variables como valores entre -1 y 1, a diferencia de la matriz de covarianzas que mide la relación lineal entre las variables pudiendo tomar valores entre infinito negativo e infinito positivo donde solo es de interés conocer si la relación entre variables es positiva o negativa.

En nuestro caso la matriz de correlaciones se obtiene del conjunto de tasas de variación original, mientras que la matriz de covarianzas se obtiene del conjunto de tasas de variación estandarizadas, ocasionando que los valores de la matriz de covarianza también se encuentren estandarizados. Por esta razón la matriz de correlaciones de las tasas de variación originales y la matriz de covarianzas de las tasas de variación estandarizadas son idénticas.

Figura 4.2. Matriz de covarianzas de las tasas de variación estandarizadas

Al proyectar cada una de las observaciones de las tasas de variación estandarizadas sobre los vectores propios obtenidos a partir de la matriz de covarianzas de las tasas de variación estandarizadas (ver Tabla 7.4), que representan la dirección de los ejes de los componentes principales, se obtienen las series de tiempo correspondientes a los componentes principales (ver Tabla 7.5) que explican la varianza de las tasas de variación estandarizadas.

En la Figura 4.3 se muestran las proporciones de la varianza total que es capturada por cada componente principal.

Figura 4.3. Proporción de varianza explicada por cada componente principal

A medida que más componentes principales se empleen para estimar la inflación total, se obtienen estimaciones más precisas de la inflación total como se puede apreciar en la Figura 4.4. en la que se observa que al emplear los 12 componentes principales se obtiene una estimación casi idéntica a la inflación total vista en la Figura 4.5.

Figura 4.4. Estimación de inflación total según cantidad de componentes principales utilizados



En la Figura 4.3. y Figura 7.2 se puede apreciar que el primer y segundo componente principal en conjunto explican el 58.9% de la varianza total de los componentes principales, por lo que se emplean estos primeros dos componentes principales para obtener la inflación subyacente que se muestra en la Figura 4.5. junto con la inflación total y la inflación subyacente estimada por el Banco de Guatemala.

La elección de emplear los primeros dos componentes principales ocasiona que se obtenga una medida de inflación subyacente de volatilidad menor a la inflación total y que en el largo plazo su evolución no se aparte de la inflación total como se observa en la Figura 4.5.

Figura 4.5. Inflación subyacente por componente común del IPC

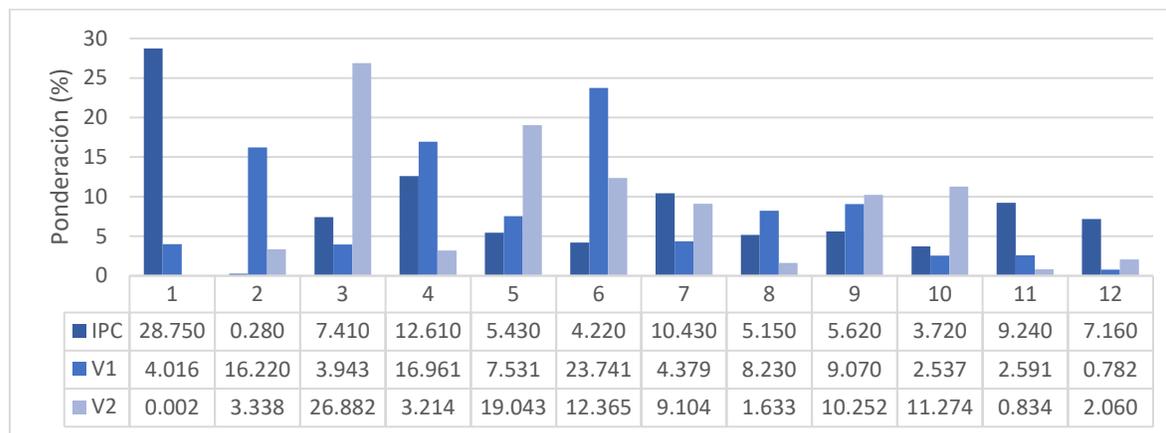


La ponderación de las divisiones del gasto en la construcción de los ejes de los componentes principales se obtiene mediante el cálculo de la participación porcentual de estas en la construcción de los vectores propios asociados mostrados en la Tabla 7.4.

La Figura 4.6 muestra la ponderación de cada división del gasto, enumerándolas como se indica en la Tabla 7.1, en la construcción del índice general de precios y

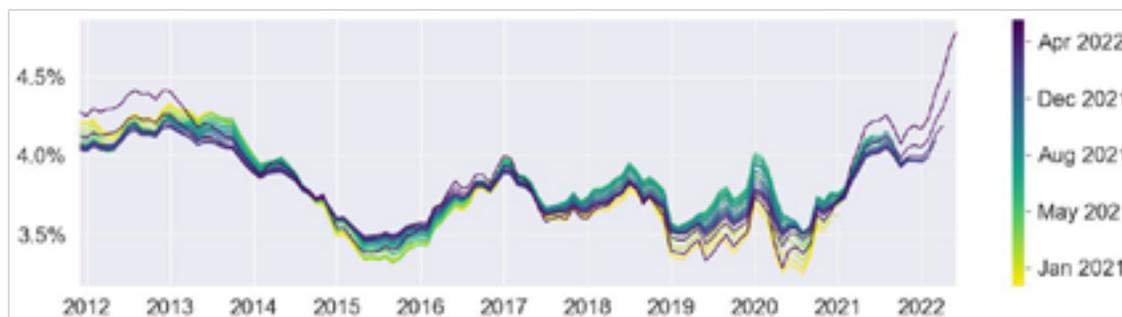
en los primeros dos componentes principales. Donde se puede apreciar que la división del gasto asociada a alimentos y bebidas no alcohólicas tiene una participación especialmente baja en la construcción de los componentes principales, indicando que la explicación de la varianza común aportada por esta división del gasto se ve fuertemente disipada en la inflación subyacente por componente común del IPC en comparación con la alta participación que tiene esta división en la construcción del índice general de precios.

Figura 4.6. Ponderaciones de las divisiones del gasto



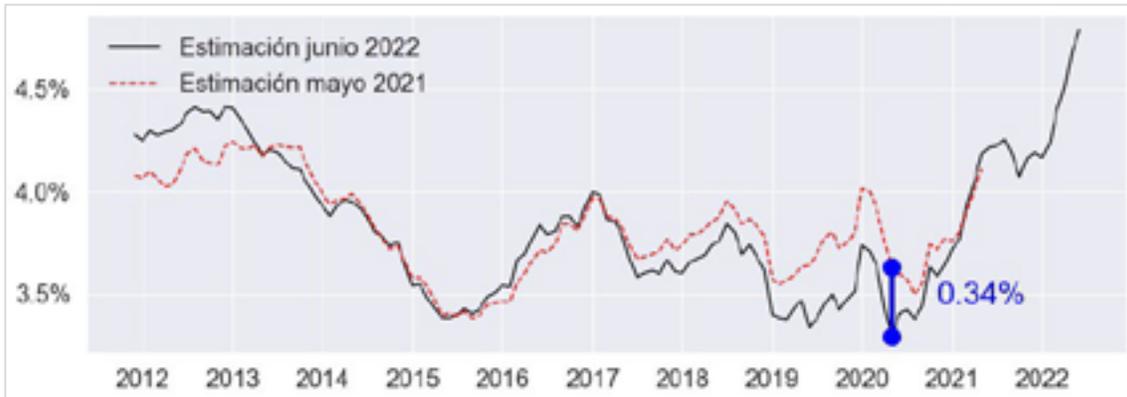
Debido a que esta medida de inflación subyacente se extrae a partir de un procedimiento estadístico que emplea la totalidad de las series de tiempo de la inflación total y las tasas de variación interanual de las divisiones del gasto, los valores históricos de la inflación subyacente tenderán a cambiar a medida que se añadan más observaciones, por lo que será necesario estimar nuevamente por cada observación adicional; para visualizar estos cambios en la estimación se procedió a realizar el cálculo de la inflación subyacente para el período de diciembre de 2011 a noviembre de 2020, para tener 8 años de observaciones como base, expandiendo la muestra mes a mes y volviendo a estimar la inflación subyacente hasta llegar a junio de 2022, obteniendo los resultados mostrados en la Figura 4.7.

Figura 4.7. Reestimaciones de la inflación subyacente



Donde la diferencia máxima ocurrida respecto a la estimación de junio de 2022 fue de 0.34 puntos porcentuales ocurrida con la estimación de mayo de 2021 correspondiente a la fecha de mayo de 2020, mientras que se registró una diferencia promedio entre ambas estimaciones y una diferencia promedio con todas las reestimaciones de 0.12 y 0.09 puntos porcentuales, respectivamente.

Figura 4.8. Estimaciones mayo 2021 y junio 2022



De la Figura 4.5. a la Figura 4.8. se puede apreciar que a pesar de las diferencias presentes entre las estimaciones, estas diferencias no son significativas y que las estimaciones describen de manera similar los movimientos subyacentes de los precios para cada período de tiempo, por lo que cumple con ser un indicador estable que no tiene cambios significativos cada vez que se añaden datos a las series de tiempo de las tasas de variación de las divisiones del gasto y la inflación total.

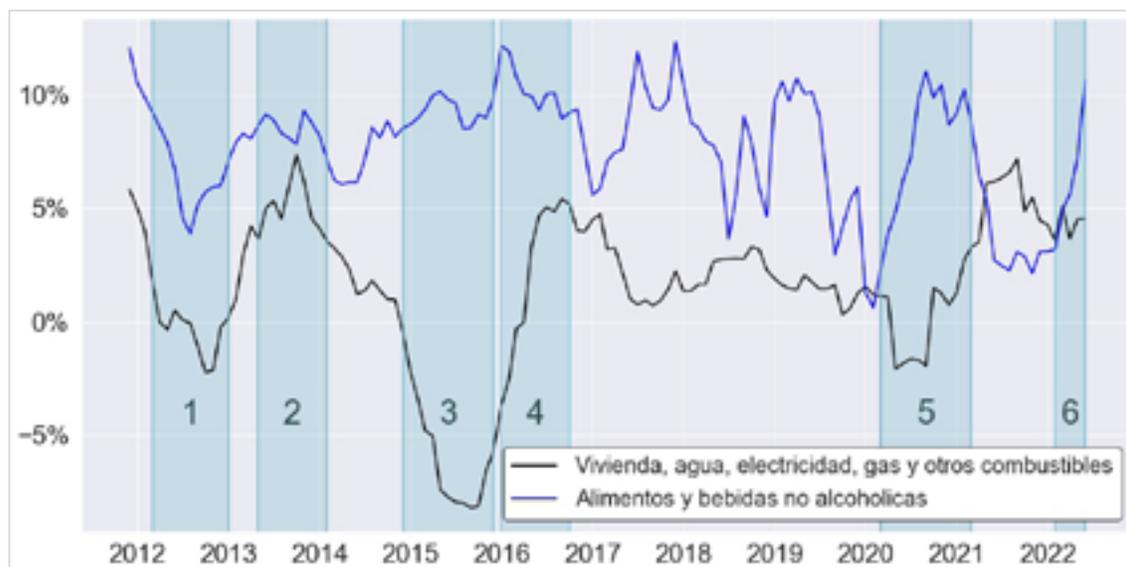
El primero de los criterios de selección más importantes a la hora de crear una nueva medida de inflación subyacente es que esta debe mostrar un comportamiento congruente con los choques de oferta, se identificaron seis episodios de choques de oferta, de los cuales los primeros cuatro están contemplados en el documento *Evaluación de la política monetaria, cambiaria y crediticia, a noviembre de 2016, y perspectivas económicas para 2017* (Banco de Guatemala, 2016, págs. 73–74); y los últimos dos corresponden a la pandemia por Covid-19 y la invasión rusa a Ucrania.

Figura 4.9. Episodios de choques de oferta inflación total y subyacente



El primer episodio fue registrado entre marzo de 2012 y enero de 2013 en el cual los precios de los combustibles, que se encontraban en desaceleración, se ajustaron en congruencia con el alza del precio internacional del petróleo por el incremento de la demanda, además de un alza en el servicio de electricidad por ajustes tarifarios e incrementos en los precios de los alimentos como se muestra en la Figura 4.10. La inflación subyacente por componente común del IPC falla en capturar estos movimientos debido a la falta de información histórica, como se puede observar en la Figura 4.9, porque esta inflación subyacente fue construida a partir de la información disponible sobre las variaciones de precios de enero de 2012 a junio de 2022.

Figura 4.10. Episodios de choques de oferta elementos más volátiles



En el segundo episodio, comprendido entre mayo de 2013 y febrero de 2014, se registró un incremento en los precios de los combustibles y del gas propano, e incrementos en los precios del maíz y carne de res como se muestra en la Figura 4.10. La inflación subyacente por componente común del IPC falla en capturar estos incrementos en los precios de los componentes más volátiles, pero refleja de manera efectiva la tendencia a la baja que lleva la inflación total como se puede observar en la Figura 4.9.

Para el tercer episodio, desarrollado en el año 2015, el precio del petróleo continuó con la disminución iniciada en el segundo semestre de 2014 a causa de la ralentización de la actividad económica mundial, combinado con un excedente de oferta por los principales productores del crudo como se muestra en la Figura 4.10. La inflación subyacente por componente común es consistente con este excedente de oferta, mostrando una tendencia a la baja que acompaña a la inflación total como se puede observar en la Figura 4.9.

El cuarto episodio comprendido de enero a octubre de 2016 destaca la desaparición de los factores temporales que provocaron la disminución en el precio del petróleo, llevando a un alza en el precio de los combustibles como se puede observar en la Figura 4.10. La inflación subyacente por componente común es consistente con este incremento en los precios de los combustibles, mostrando una tendencia al alza que acompaña a la inflación total como se puede observar en la Figura 4.9.

El quinto episodio comprendido de marzo de 2020 a marzo de 2021 se origina a raíz de las restricciones de movilidad implementadas como medida para la contención de la pandemia de Covid-19 que llevaron a una disminución generalizada de la oferta, llevando a incrementos en los precios de los productos más volátiles que se ven fuertemente marcados en la Figura 4.10 y en la inflación total, la cual tiene una trayectoria que es reflejada efectivamente por la inflación subyacente por componente común del IPC.

El sexto y último episodio corresponde a las consecuencias originadas por la invasión rusa a Ucrania, que ha impactado los precios a nivel mundial por el encarecimiento de los combustibles, alimentos y bebidas no alcohólicas como se puede observar en la Figura 4.10. La inflación subyacente por componente común del IPC captura de manera consistente esta tendencia al alza en la inflación total.

Para el segundo criterio de evaluación, aquel asociado a la demanda, se realizó una estimación básica de la brecha del producto empleando la serie de tiempo anual del Producto Interno Bruto de 2012 a 2021 proporcionada por el Banco de Guatemala y un modelo cuadrático con el propósito de obtener un indicador visual, más no preciso, de los movimientos de la brecha del producto como variable aproximativa del ciclo económico.

Figura 4.11 Brecha del producto e inflación



En ocasiones las presiones inflacionarias por el lado de la demanda se ven contrarrestadas, total o parcialmente, por choques de oferta y viceversa; como se puede apreciar en la Figura 4.11 para el período comprendido entre los años 2014 y 2016 en el que hay una gran divergencia entre la inflación total y la brecha del producto, en donde la brecha del producto como variable aproximativa del ciclo económico indica que deberían presentarse presiones inflacionarias por encontrarse en auge, sin embargo estas presiones inflacionarias fueron moderadas por la disminución de los precios del petróleo ocurrida como reversión del segundo choque de oferta mostrado en la Figura 4.10.

En vista a lo anterior la inflación subyacente por componente común del IPC se acopla de forma adecuada a la trayectoria de la inflación y al ciclo económico, especialmente al final con una tendencia al alza causada por el cierre de la brecha del producto en 2021, y a excepción de perturbaciones causadas por los choques de oferta y ciertamente, ante la ocurrencia de los choques temporales, esta medida reacciona de acuerdo con lo esperado, evidenciando que la inflación debería retornar a su valor tendencial, una vez que sus efectos se disipen. Este comportamiento es coherente con lo que se espera de la inflación subyacente, es decir, que para horizontes más largos, esta medida permite interpretar de mejor forma la evolución futura de la inflación total.

A lo largo de esta sección se han mencionado distintas características de la inflación subyacente por componente común del IPC acorde a las características que el Banco de Guatemala considera al momento de añadir una nueva medida de inflación subyacente, en la Tabla 4.1 se encuentra un resumen de ellas indicando sí la inflación subyacente por componente común del IPC aplica.

Tabla 4.1 Características de inflación subyacente según Banco de Guatemala

Características principales	
Mostrar un comportamiento congruente con los choques de oferta	Sí
Responder en mayor medida y parte del tiempo a factores de demanda	Sí*
Características deseables	
Ser de fácil medición, para que rápidamente sea comprendida e interpretada para el análisis macroeconómico	No
Ser un indicador estable, a efecto de que no tenga cambios significativos, cada vez que se añadan datos a la serie de inflación observada	Sí
Ser un indicador creíble, por lo que en el largo plazo su evolución no debe apartarse de la inflación observada	Sí
Estar disponible oportunamente, de preferencia pocos días después de que se publique la inflación total	Sí
Tener una variabilidad menor a la de la inflación total	Sí

*se recomienda realizar un estudio más exhaustivo con una medida aproximativa del ciclo económico más precisa.

5 | Conclusiones

El objetivo de este trabajo ha sido el proponer una nueva medida de inflación subyacente para Guatemala por medio del análisis de componentes principales de las tasas de variación de los precios de las divisiones del gasto que maneja el Instituto Nacional de Estadística con el fin de obtener una medida que describa la tendencia subyacente de la inflación observando las variaciones comunes entre las divisiones del gasto sin excluir ninguna división por mayor volatilidad que tenga.

1. La inflación subyacente por componente común del IPC sigue la tendencia de la inflación de forma efectiva sin excluir a los componentes del gasto más volátiles.
2. La inflación subyacente por componente común del IPC tiene dificultades para reaccionar ante los choques de oferta al inicio del período de observación debido a su naturaleza de construcción.
3. La inflación subyacente por componente común del IPC mostró un comportamiento acorde a los choques de oferta y la demanda, aunque se recomienda realizar un estudio exhaustivo con una variable aproximativa del ciclo económico más adecuada.
4. La inflación subyacente por componente común del IPC cumple con la mayoría de las características deseables que debe tener una nueva medida de inflación subyacente según el Banco de Guatemala, la mayor dificultad que encuentra es el reto que puede suponer la comprensión de su metodología para la transmisión de la política macroeconómica.
5. Se recomienda realizar un enfoque dinámico con el fin de capturar con mayor eficacia los movimientos temporales en los precios de los alimentos y bebidas no alcohólicas que son un alto determinante en el nivel general de precios.

6

Referencias

- Banco de Guatemala (2016). Revisión de la metodología de cálculo de la inflación subyacente. *Evaluación de la política monetaria, cambiaria y crediticia, a noviembre de 2016, y perspectivas económicas para 2017*, 72–76.
- Bank Of Canada. (2021). Canada's experience with inflation targeting. *Monetary Policy Framework Renewal*, 9–11.
- Cristadoro, R., Forni, M., Reichlin, L., & Veronese, G. (2005). A Core Inflation Indicator for the Euro Area. *Journal of Money, Credit, and Banking*, 27(3).
- Duarte, P., Robalo, P., & Gonçalves, A. (2001). Using the first principal component as a core inflation indicator. *Economic bulletin - Banco de Portugal*.
- Khan, M., Morel, L., & Sabourin, P. (2013). The Common Component of CPI: An Alternative Measure of Underlying Inflation for Canada. *Bank of Canada Working Paper*, 2013(35).
- Kirker, M. (2010). What drives core inflation? A dynamic factor model analysis of tradable and nontradable prices. *Reserve Bank of New Zealand*.
- Reserve Bank of New Zealand. (2013). Measures of New Zealand core inflation. *Bulletin*, 76(1).
- Stock, J. H., & Watson, M. W. (2002). Forecasting Using Principal Components From a Large Number of Predictors. *Journal of the American Statistical Association*, 97(460), 1167–1179.
- Tekatli, N. (2010). A new core inflation indicator for Turkey. *Central Bank of The Republic of Turkey Working Paper*(10).
- Wynne, M. A. (2008). Core Inflation: A Review of Some Conceptual Issues. *St. Louis: Federal Reserve Bank Review*.

7 | Anexos

Tabla 7.1. Códigos de las divisiones del gasto del IPC

Código	Descripción
0	Índice general
1	Alimentos y bebidas no alcohólicas
2	Bebidas alcohólicas y tabaco
3	Prendas de vestir y calzado
4	Vivienda, agua, electricidad, gas y otros combustibles
5	Muebles, artículos para el hogar y para la conservación del hogar
6	Salud
7	Transporte
8	Comunicaciones
9	Recreación y cultura
10	Educación
11	Restaurantes y hoteles
12	Bienes y servicios diversos

Tabla 7.2. Tasas de variación

Fecha	12/2011	01/2012	02/2012	...	04/2022	05/2022	06/2022	
Tasas de variación interanual de las divisiones del gasto del IPC	0	0.062	0.055	0.052	...	0.046	0.058	0.076
	1	0.121	0.106	0.099	...	0.056	0.072	0.107
	2	0.050	0.047	0.045	...	0.034	0.042	0.052
	3	0.030	0.031	0.031	...	0.016	0.021	0.024
	4	0.058	0.050	0.040	...	0.037	0.045	0.045
	5	0.030	0.031	0.032	...	0.064	0.069	0.078
	6	0.034	0.032	0.034	...	0.018	0.020	0.025
	7	0.060	0.040	0.041	...	0.088	0.115	0.115
	8	0.008	0.007	0.005	...	-0.008	-0.009	-0.001
	9	0.022	0.023	0.024	...	0.025	0.029	0.031
	10	0.009	0.011	0.009	...	0.001	0.001	0.001
	11	0.046	0.047	0.047	...	0.048	0.058	0.072
12	0.028	0.027	0.028	...	0.028	0.032	0.038	

Tabla 7.3. Tasas de variación estandarizadas

Fecha	12/2011	01/2012	02/2012	...	04/2022	05/2022	06/2022	
Tasas de variación estandarizadas de las divisiones del gasto del IPC	1	1.70	1.11	0.85	...	-0.80	-0.18	1.15
	2	1.88	1.74	1.62	...	1.05	1.48	2.02
	3	1.67	1.78	1.76	...	0.43	0.85	1.12
	4	1.27	1.03	0.73	...	0.63	0.88	0.88
	5	0.89	0.92	1.02	...	3.14	3.48	4.05
	6	2.47	2.08	2.57	...	-1.19	-0.60	0.44
	7	0.51	0.21	0.22	...	0.96	1.38	1.37
	8	-0.08	-0.16	-0.24	...	-0.84	-0.90	-0.52
	9	0.48	0.60	0.70	...	0.81	1.10	1.29
	10	1.09	1.66	1.17	...	-1.12	-1.12	-1.12
	11	2.05	2.07	2.09	...	2.15	3.00	4.09
	12	0.67	0.63	0.65	...	0.65	0.99	1.50

Tabla 7.4. Valores y vectores propios de la matriz de covarianzas de las tasas de variación estandarizadas

Valor propio	Vector propio
4.95	(0.11, 0.44, 0.11, 0.46, 0.2, -0.64, 0.12, -0.22, -0.24, -0.07, 0.07, 0.02)
2.18	(0.0, 0.08, 0.68, 0.08, 0.48, 0.31, 0.23, -0.04, 0.26, 0.28, 0.02, 0.05)
1.57	(0.44, 0.05, -0.07, -0.02, 0.07, 0.03, 0.03, 0.04, 0.07, 0.08, 0.01, -0.88)
1.19	(0.01, -0.48, -0.28, 0.41, 0.03, 0.07, 0.62, 0.09, -0.22, 0.28, -0.01, 0.03)
0.77	(0.33, -0.28, 0.3, -0.23, -0.17, -0.26, 0.04, 0.24, -0.1, 0.02, 0.7, 0.12)
0.53	(0.23, -0.13, -0.34, -0.1, 0.76, -0.03, -0.32, 0.26, -0.13, 0.01, -0.0, 0.18)
0.44	(-0.09, -0.58, 0.06, 0.28, 0.12, -0.2, -0.24, -0.41, 0.43, -0.29, 0.08, -0.11)
0.18	(-0.28, 0.03, -0.17, -0.57, 0.28, -0.06, 0.41, -0.46, -0.12, -0.15, 0.22, -0.12)
0.16	(0.39, 0.0, 0.07, 0.18, -0.04, 0.54, -0.07, -0.39, -0.44, -0.39, 0.11, 0.11)
0.06	(0.29, 0.33, -0.38, 0.11, -0.03, 0.14, 0.28, 0.03, 0.63, -0.18, 0.26, 0.24)
0.04	(0.37, -0.17, 0.22, -0.26, -0.01, -0.23, 0.33, 0.13, 0.06, -0.42, -0.58, 0.13)
0.03	(0.41, -0.06, -0.1, -0.2, -0.14, -0.12, -0.13, -0.52, 0.08, 0.61, -0.19, 0.23)

Tabla 7.5. Componentes principales

Fecha	12/2011	01/2012	02/2012	...	04/2022	05/2022	06/2022
PC1	3.32	3.47	3.51	...	2.07	3.12	4.39
PC2	0.53	0.27	0.52	...	2.60	2.98	2.84
PC3	0.46	0.30	0.35	...	2.86	3.23	3.68
PC4	-0.69	-0.38	-0.06	...	0.56	0.38	0.53
PC5	3.01	2.44	2.67	...	-1.27	-0.54	0.72
PC6	0.91	0.38	0.33	...	0.32	0.82	1.90
PC7	1.42	1.51	0.93	...	0.72	0.99	1.41
PC8	0.18	0.35	0.51	...	0.25	0.05	-0.22
PC9	0.38	0.78	0.47	...	-0.16	-0.21	-0.59
PC10	0.03	0.18	0.21	...	0.14	0.32	0.49
PC11	0.18	0.08	0.17	...	-0.47	-0.26	-0.16
PC12	-0.04	-0.05	-0.04	...	0.09	0.10	0.41

Figura 7.1. Matriz de correlaciones de los componentes principales

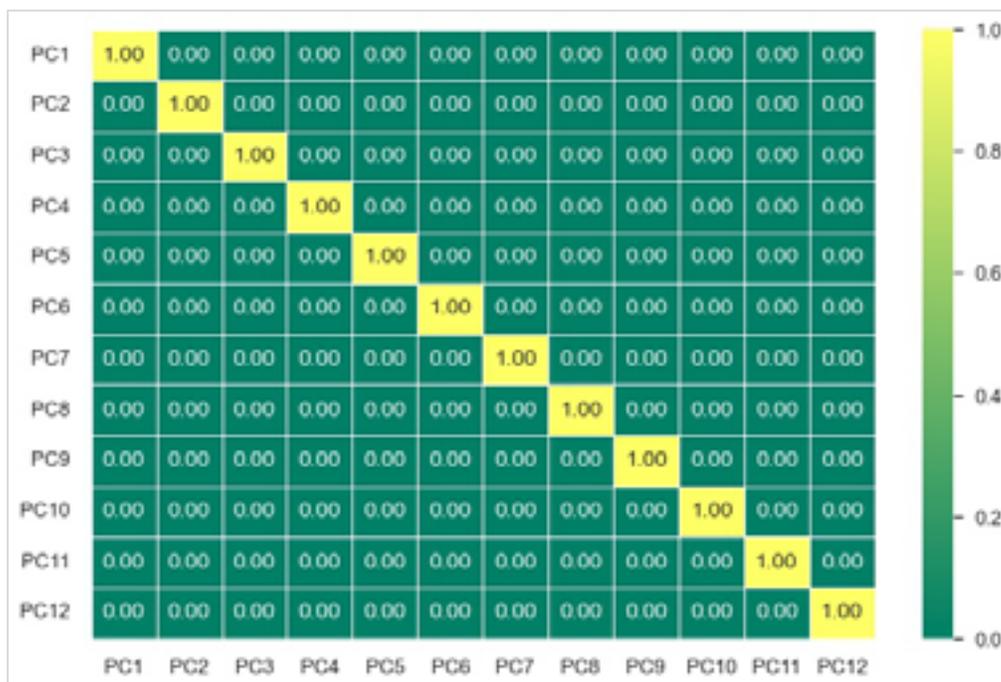
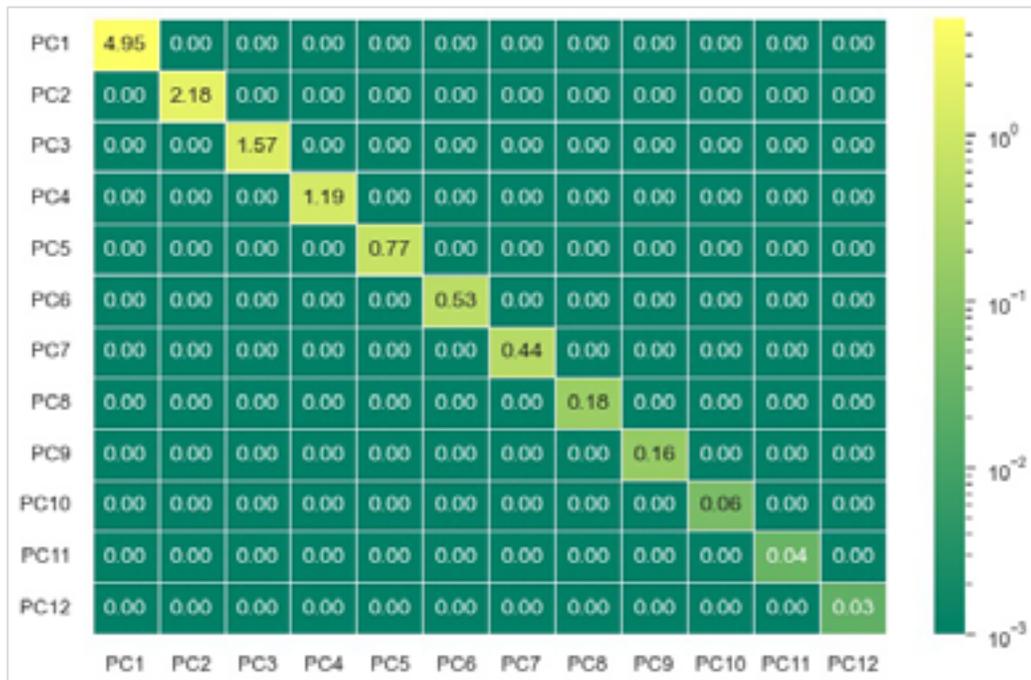


Figura 7.2. Matriz de covarianza de los componentes principales







El mercado secundario para instrumentos financieros del sector público en Guatemala

*Juan Carlos Castañeda F.
José Roany Toc Bac¹*

Resumen

Este documento aborda, de manera descriptiva, la evolución del mercado secundario de instrumentos financieros del sector público de Guatemala, con la finalidad de proveer elementos para evaluar el entorno que dicho mercado secundario brinda para el funcionamiento del mecanismo de transmisión monetaria en la economía guatemalteca. Con una estructura de plazos orientada al corto plazo en el mercado de reportos y con montos poco significativos en el mercado de compra-venta definitiva de instrumentos, las condiciones de desarrollo del referido mercado secundario son todavía incipientes, lo cual se hace evidente al comparar indicadores de liquidez de dicho mercado financiero con los indicadores correspondiente de algunas economías seleccionadas.

Abreviaturas

BANGUAT	Banco de Guatemala
BVN	Bolsa de Valores Nacional
DP	Depósito a Plazo
LBTR	Liquidación Bruta en Tiempo Real
MINFIN	Ministerio de Finanzas Públicas
OTC	Mercado “fuera de bolsa” (“Over-the Counter”)
PIB	Producto Interno Bruto
Repo	Operaciones de reporto
SIB	Superintendencia de Bancos
TPM	Tasa de interés líder de política monetaria

¹ Los autores agradecen los comentarios del Dr. Juan Carlos Catalán. Junio, 2023 Banco de Guatemala, Departamento de Investigaciones Económicas.

1 | Introducción

La comprensión de las condiciones del mercado secundario para instrumentos financieros públicos es de particular interés para los bancos centrales, los cuales suelen conducir sus operaciones monetarias en el mercado secundario, intentando influir en las tasas de interés de corto y largo plazo, pero principalmente en estas últimas, que son las que afectan la actividad económica y la inflación. La implementación de la política monetaria es más efectiva cuanto más líquido sea el mercado (Árvai and Heenan, 2008). Idealmente, un mercado secundario líquido aceleraría la difusión de la información incorporada en los precios (Gravelle, 1999) y paralelamente proveería información sobre las expectativas del mercado de tasas de interés e inflación (Anderson and Lavoie, 2004; Árvai and Heenan, 2008). La experiencia internacional sugiere que el progreso hacia un mercado profundo y líquido de instrumentos financieros requiere reformas en diferentes áreas, tales como infraestructuras de mercado y el marco legal, la implementación de política monetaria y la gestión de deuda del gobierno.²

Esta investigación documenta la evolución y desarrollo del mercado secundario para instrumentos financieros públicos, conformados por Bonos del Tesoro del Gobierno de Guatemala y depósitos a plazo constituidos en el Banco de Guatemala (BANGUAT, banco central). Las condiciones de dicho mercado han sido más favorables para las operaciones de reporto que para las operaciones de compra-venta definitiva de dichos instrumentos, según los resultados del análisis de una base de datos diaria que abarca desde 1994, para los primeros; y desde 2000 para el caso de los segundos. La evaluación del comportamiento de las operaciones en cuanto a los instrumentos negociados, los montos, los plazos, las monedas y las tasas de interés permite tener una primera aproximación a las características del mercado guatemalteco. Sin embargo, para un mejor contexto, la construcción de indicadores de la liquidez del mercado de compra-venta definitiva y su comparación con los de otros países, con economías pequeñas y grandes, ilustra las brechas que hay en el desarrollo del mercado secundario guatemalteco, el cual ha permanecido en un nivel muy incipiente desde que se dispone de información. Son estas las condiciones del mercado que resultan relevantes para analizar el entorno en el cual se materializa el funcionamiento del mecanismo de transmisión de la política monetaria en la economía guatemalteca.

En el segundo apartado de este documento se revisan los aspectos básicos del mercado primario guatemalteco. En la tercera parte se analizan los datos de operaciones de reporto y compra-venta definitiva. La comparación del desarrollo del mercado secundario de Guatemala con los de otros países a través de indicadores de liquidez se elabora en la cuarta parte y en la última parte se presentan algunas conclusiones.

² Árvai y Geoffrey Heenan (2008) y OECD/Banco Mundial/FMI (2008) proveen experiencias de algunos países. También FMI y Banco Mundial (2021) elaboraron una nota orientativa para economías emergentes y en desarrollo sobre cuál sería el mapa de ruta a seguir en el fortalecimiento del mercado de bonos en moneda local.

2

El mercado primario

Instrumentos

Los instrumentos de deuda que emite el Ministerio de Finanzas Públicas (MINFIN) son las Letras de Tesorería y los Bonos del Tesoro, siendo estos últimos los más relevantes. Las Letras de Tesorería tienen un vencimiento menor que un año; no son usadas ampliamente debido a las restricciones legales que tienen en cuanto a su plazo, ya que deben ser canceladas al final de cada año, según la Ley Orgánica del Presupuesto (artículo 57). Por otro lado, los Bonos del Tesoro son instrumentos de largo plazo y constituyen los principales instrumentos utilizados para cubrir los requerimientos de financiamiento del presupuesto público. Los Bonos del Tesoro se han emitido en el mercado internacional (en moneda extranjera) y también en el mercado local (principalmente en moneda nacional, pero también en moneda extranjera).

La inversión en Bonos del Tesoro es respaldada por certificados representativos físicos, certificados representativos registrados electrónicamente en custodia en el BANGUAT y anotaciones en cuenta.

Los Bonos del Tesoro han sido emitidos en forma física o desmaterializada, por plazo o por fecha de vencimiento, y pagan intereses semestrales (a excepción del primer cupón que es irregular).

El BANGUAT, como parte de la conducción de la política monetaria, recibe Depósitos a Plazo³ (DP), emitiendo Certificados de DP o Constancias de Registro en Custodia de DP, que son los documentos que hacen constar que se ha constituido un DP. El inversionista del DP puede solicitar la emisión de uno o varios certificados físicos para retirarlos del BAN-

GUAT o bien dejarlos en custodia en la institución. El BANGUAT implementó, a partir de 2007, una versión electrónica del registro en custodia con la finalidad de facilitar la transferencia de titularidad de estos instrumentos.⁴ De este modo, la transferencia de la titularidad del instrumento registrado en custodia se habilitó por medio de un mensaje electrónico cifrado a través del Sistema de Liquidación Bruta en Tiempo Real (LBTR) u otro medio electrónico que estableciera el BANGUAT. Con ello, se buscaba minimizar los riesgos a los que estuvieran expuestos los certificados físicos (pérdida, robo, alteración, falsificación o destrucción), reducir los costos de transacción y al mismo tiempo apoyar el desarrollo de un mercado secundario ágil y seguro.

El DP ha sido emitido principalmente en moneda nacional y ocasionalmente en moneda extranjera. El pago de intereses que genera el instrumento puede ser bajo la modalidad de cupón cero (colocado a descuento).

Aunque en el mercado primario el DP puede ser emitido a plazo fijo y por fecha de vencimiento, el BANGUAT ha realizado esfuerzos para ir minimizando la primera opción y concentrándose en la segunda, con la finalidad de estandarizar los instrumentos financieros y fortalecer a la vez el mercado secundario. En septiembre 2007, la Junta Monetaria aprobó la emisión de DP por fechas de vencimiento (entró en vigor al mes siguiente),⁵ considerando que la emisión de DP con diferentes montos, plazos y tasas de interés en ese entonces estaba dificultando su comparación e intercambio, lo cual a su vez limitaba el desarrollo del mercado secundario de tales instrumentos.

³ El respaldo legal para constituir depósitos a plazo está en el Artículo 46 de la Ley Orgánica del Banco de Guatemala, disponible en: http://www.banguat.gob.gt/sites/default/files/banguat/leyes/2013/ley_organica_banco_de_guatemala.pdf.

⁴ Ver Resolución JM-54-2007 y sus reformas en la Resolución JM-10-2010.

⁵ La "Regulación en la Recepción de los Depósitos a Plazo en Moneda Local para ser Constituidos en el Banco de Guatemala" (Resolución JM-54-2007) y sus Reformas (Resolución JM-10-2010) regulan el mecanismo, el pago de intereses y otros aspectos; ambos documentos disponibles en:

http://www.banguat.gob.gt/sites/default/files/banguat/Publica/Res_JM/2007/JM-154-2007.pdf

http://www.banguat.gob.gt/sites/default/files/banguat/Publica/Res_JM/2010/JM-110-2010.pdf

Procedimiento de emisión, negociación, colocación y liquidación

El MINFIN realiza la emisión, negociación, colocación y el pago respectivo de los intereses que generen los Bonos del Tesoro por medio del BANGUAT, que actúa en su calidad de agente financiero del Estado.

Los principales sistemas de colocación en el mercado local de los instrumentos financieros del MINFIN, utilizados durante los últimos años, han sido las licitaciones públicas y las subastas. El MINFIN coloca sus instrumentos de deuda a través de dos sistemas de negociación: (i) competitivo (al mejor postor); (ii) no competitivo (las condiciones financieras están previamente establecidas).⁶ Entre los sistemas competitivos están las licitaciones públicas, las subastas y las emisiones internacionales; mientras que entre los sistemas no competitivos están la ventanilla, las negociaciones directas, el pago de obligaciones mediante entrega de Bonos del Tesoro y los portales de internet.

En el proceso de la licitación pública, el MINFIN adjudica por precio luego de evaluar las posturas de los inversionistas. La liquidación de la operación se hace un día después de realizada la licitación y de que se publiquen los resultados de la misma. El proceso se inicia con la notificación por parte del MINFIN al BANGUAT sobre el calendario de la licitación pública a realizarse y, a su vez, el BANGUAT informa a la BVN y publica la convocatoria en medios de comunicación de amplia circulación (incluyendo información sobre las fechas de vencimiento, tasa cupón de los títulos y otros). El día de la licitación, los agentes de bolsa reciben las demandas de títulos (monto, fecha de vencimiento, precio, tasa de cupón, etc.), enviando dicha información a la BVN; esta la envía al BANGUAT, el cual a su vez se la envía al MINFIN, conservando en anonimato el nombre de los inversionistas para asegurar la imparcialidad de la adjudicación de títulos. El MINFIN evalúa las posturas, adjudica por precio e informa al BANGUAT; este informa a la BVN, la cual a su vez informa a sus agentes de bolsa y estos a los inversionistas. Un día después, el BANGUAT liquida la operación (recibe los fondos y entrega los títulos), teniendo como contraparte a la BVN; esta transfiere los títulos a sus agentes de bolsa y estos a los inversionistas. Los resultados se publican en la página del MINFIN y en medios de comunicación de amplia circulación.

El proceso de subasta pública es muy similar al de la licitación pública, con la diferencia de que la oferta de títulos no se hace a través de la BVN sino por medio del BANGUAT y los inversionistas a los que se convoca a participar son las instituciones bajo la supervisión de la SIB o instituciones públicas.

Para el caso de los DP, el BANGUAT hace la colocación a través de subastas, de la facilidad permanente de neutralización de liquidez y de la facilidad de ventanilla, pudiendo recibir depósitos a plazo de personas individuales o jurídicas, públicas y privadas. El mecanismo de subasta se realiza mediante el sistema de posturas competitivas, directamente en el BANGUAT o a través de la BVN. El BANGUAT convoca para las subastas, proporcionando la fecha, hora y las condiciones financieras. También existe una subasta directa con instituciones públicas y una ventanilla (por plazo y por fecha de vencimiento). La facilidad permanente de neutralización de liquidez es el mecanismo mediante el cual el BANGUAT puede recibir recursos de los bancos del sistema y sociedades financieras, en la forma de DP, a requerimiento de los mismos. Estas operaciones se realizan directamente en el BANGUAT o por medio de sistemas electrónicos de negociación.

⁶ Una guía sobre las negociaciones de instrumentos públicos que realiza el MINFIN está disponible en <https://dcp-web.minfin.gob.gt/Documents/Titulos-Valores/Otra%20Informacion/GuiaInversionista.pdf>

3 | El mercado secundario

3.1. El mercado de reportos

Tributación

Los intereses que generan los títulos del Gobierno están exentos del pago o retención de impuestos, de acuerdo a la Ley Orgánica del Presupuesto (Decreto Número 101-97) y sus Reformas (Decreto Número 13-2013).⁷ De esta cuenta, en el mercado primario, los rendimientos determinados en el proceso de subastas son netos (libres de impuestos), asumiendo que el instrumento sea conservado hasta su vencimiento. Si el instrumento es transado en el mercado secundario, entonces el rendimiento de capital que se genere sí está sujeto al pago de impuestos (ver apartado 3.2.1.1 sobre tributación en mercado secundario).

Los intereses generados por el DP están sujetos al 10% del Impuesto sobre Ingresos de Productos Financieros⁸ y es retenido al inversionista por el emisor del instrumento (BANGUAT), excepto si el inversionista es una entidad sujeta a la supervisión de la SIB (bancos comerciales, por ejemplo).⁹ La retención del impuesto no aplica en el caso de un banco comercial ya que, para fines de tributación, los intereses generados por el DP en los que invierte constituyen parte de la renta bruta sujeta al impuesto sobre la renta (ISR) y el pago del impuesto lo incluye en su declaración jurada.

3.1.1. Características cualitativas

La operación de reporto es aquella en la que el reportador adquiere por una suma de dinero la propiedad de títulos, y se obliga a transferir, al reportado, la propiedad de otros tantos títulos de la misma especie en el plazo convenido, contra reembolso del mismo precio, que puede aumentar o disminuir de la manera convenida. Así, el reportado puede satisfacer una necesidad de liquidez, desprendiéndose temporalmente de los títulos que posee, utilizándolos como colaterales.

Las operaciones de reporto con instrumentos financieros públicos son realizadas principalmente en el mercado bursátil, a través de la BVN. También se realizan operaciones de reporto en el mercado extrabursátil (OTC, por sus siglas en inglés), constituido por instituciones del sistema bancario y financiero, pero las operaciones en este tipo de mercado representan una participación mucho menor. Del total del volumen transado en ambos mercados, el monto transado en mercado bursátil representó 99% del total; y el extrabursátil, el restante 1% en 2021 (gráfica 3.1.a).

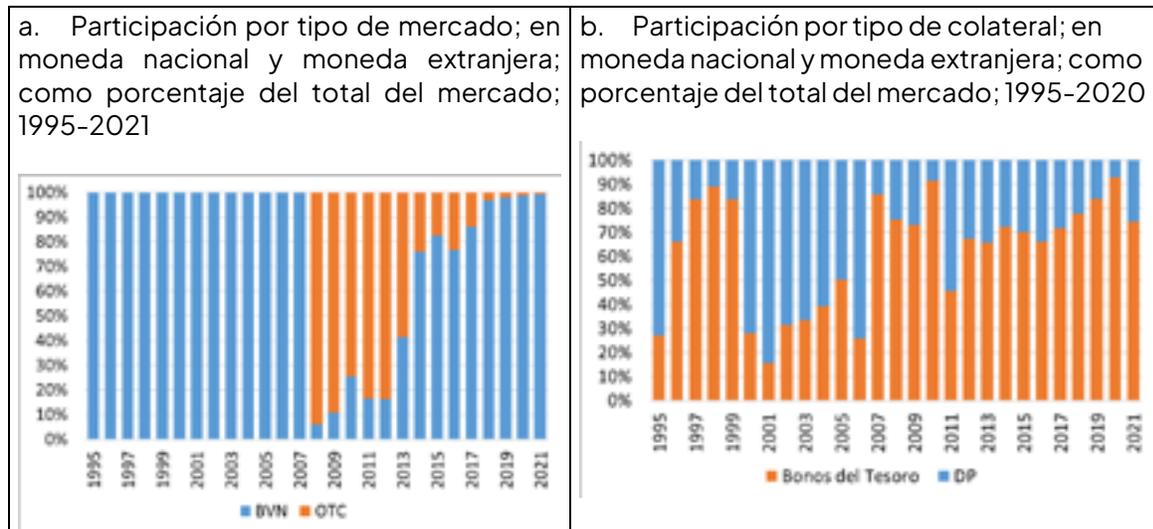
Los únicos instrumentos financieros públicos utilizados como colaterales en las operaciones de reporto son los Bonos del Tesoro de la República y los DP del BANGUAT. Los DP han tenido una participación histórica importante en el mercado (38% en promedio durante 1995-2021); sin embargo, los Bonos del Tesoro han sido los más utilizados, lo cual ha ido acentuándose más en años recientes. En 2021, la participación de los Bonos del Tesoro fue de 74% (93% en 2020) (gráfica 3.1.b).

⁷ Véase el artículo 71, literal i) de la Ley Orgánica del Presupuesto, reformado por el Decreto Número 13-2013. La reforma de la ley está disponible en: https://www.minfin.gob.gt/images/downloads/leyes_acuerdos/decreto13_121113.pdf

⁸ De acuerdo a la Ley del Impuesto sobre Productos Financieros (Decreto Número 26-95).

⁹ El tratamiento diferenciado para un banco deriva del hecho de que estas inversiones son consideradas como operaciones que forman parte de su giro de negocios, por lo que la tributación aplica a través del impuesto sobre la renta.

Gráfica 3.1. Mercado de reportos de Guatemala. Participación por tipo de mercado y por tipo de instrumento utilizado como colateral



Fuente: BVN y BANGUAT.

Notas: OTC se refiere al mercado extrabursátil.

3.1.1.1. Marco legal

El Código de Comercio de Guatemala establece las formalidades generales que debe cumplir la operación de reporto. El reporto debe constar por escrito, estableciendo el nombre de ambas partes, el tipo de instrumentos usados como colateral y la información necesaria para identificarlos, el plazo de vencimiento acordado en la operación y el precio (o la forma de determinar el precio). Si en el primer día hábil después del plazo de vencimiento del reporto, la operación no es liquidada o prorrogada, se entenderá como abandonada.

La BVN provee lineamientos adicionales en cuanto a las operaciones de reporto realizadas en el seno de la misma, relacionados con las obligaciones de las partes y el registro de los reportos. Según el Reglamento Interno de la BVN,¹⁰ queda entendido que los reportos no pueden abandonarse y si cualquiera de las partes incumpliera, la parte que haya cumplido podrá hacer suyos los valores objetos del contrato o las sumas convenidas, que hubiera entregado o puesto a disposición de la BVN, para la liquidación de la operación, sin perjuicio de las responsabilidades civiles y penales que puedan derivarse del incumplimiento del contrato. Las casas de bolsa que operan en la BVN¹¹ están obligadas a mantener un registro de los vencimientos de operaciones de reporto, que incluya el número de operación, la identificación de la contraparte, la descripción del valor negociado, la fecha de vencimiento y el monto a liquidar.

¹⁰ Disponible en http://www.bvnsa.com.gt/bvnsa/pdf/legal/Reglamento_Interno.pdf

¹¹ La BVN cuenta con un Reglamento interno de Casas de Bolsa disponible en http://www.bvnsa.com.gt/bvnsa/pdf/legal/Reglamento_de_Agentes_de_Bolsa.pdf

3.1.2. Evaluación cuantitativa

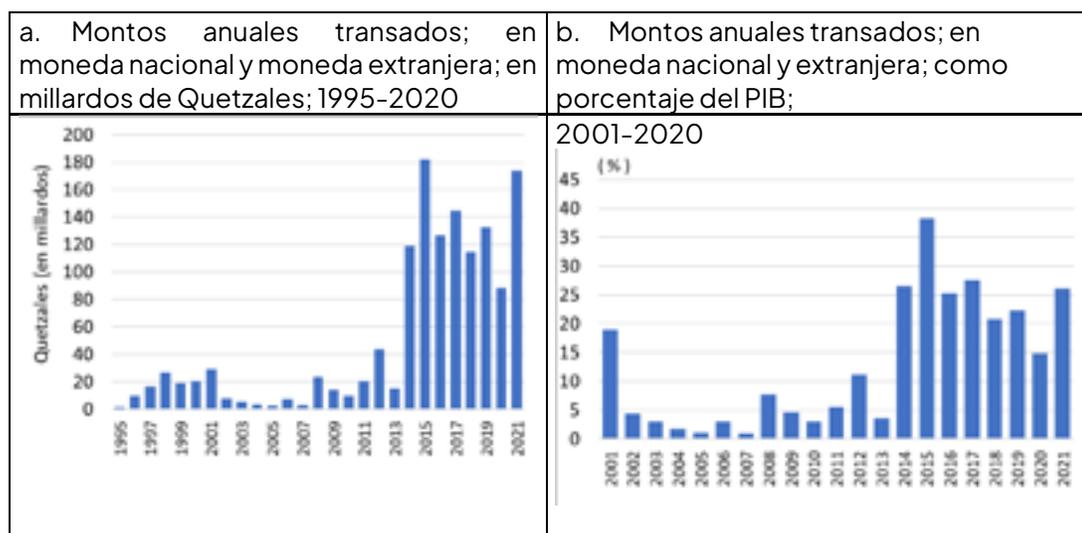
La base de datos utilizada para la evaluación cuantitativa consiste en información que provee la BVN sobre las operaciones de reporto realizadas diariamente en el seno de la misma, desde noviembre de 1994 hasta septiembre de 2022. Esta base de datos incluye información sobre la fecha de la transacción, los montos transados, las tasas de interés, el plazo, el instrumento financiero público utilizado como colateral y la denominación de la moneda del colateral utilizado en el reporto. También se incorporó en el análisis la información diaria de las operaciones realizadas en el mercado extrabursátil, información que los bancos y financieras proveen al BANGUAT acerca de su participación en dicho mercado.

Los montos a los diferentes plazos en los que se efectúan las operaciones de reporto varían significativamente de un día a otro o bien pueden pasar largos períodos de tiempo sin que registre una operación. Por ejemplo, en un día determinado puede darse una operación de reporto de varios millones de quetzales a un plazo determinado y un día después (o años después) puede registrarse otra operación a ese mismo plazo, pero con un monto muy inferior. Para facilitar la lectura de esta diversidad de montos y plazos, utilizamos una suma móvil de 365 días que facilita ver la tendencia sin perder la riqueza de la información de operaciones diarias, tal como se detalla más adelante.

Montos transados

Los montos anuales transados en operaciones de reporto han ganado relevancia a partir de 2014. La información disponible desde finales de 1994 muestra que los montos transados rondaban entre Q20–Q40 millardos anuales hasta 2013; a partir de 2014, el monto anual transado aumentó a Q135 millardos en promedio (gráfica 3.2.a). En términos del PIB, el monto anual transado pasó de 5% en el período 2001–2013 a 25% en el período 2014–2021 en promedio (gráfica 3.2.b).

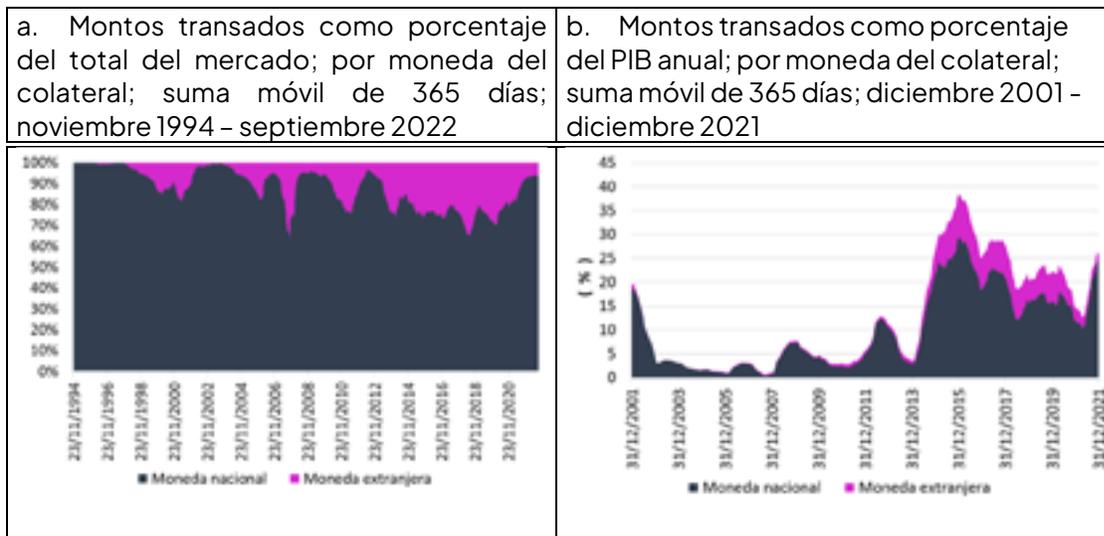
Gráfica 3.2. Mercado de reportos de Guatemala. Montos anuales transados



Fuente: BVN y BANGUAT.

En cuanto al tipo de moneda, la mayor parte de montos transados en operaciones de reporto han utilizado instrumentos financieros públicos denominados en moneda nacional como colaterales, aunque los denominados en moneda extranjera han ganado cierta relevancia en algunos años. De 1994 a 2022, la participación de reportos con colaterales en moneda nacional fue de 88% y 12% en moneda extranjera (gráfica 3.3.a). Como porcentaje del PIB, las operaciones con colaterales en moneda nacional y en moneda extranjera representaron 4.5% y 0.3% en promedio, durante 2001–2013, respectivamente; dichas participaciones aumentaron a 18.2% y 5.4% para moneda nacional y para moneda extranjera, respectivamente, durante 2014–2021 (gráfica 3.3.b).

Gráfica 3.3. Mercado de reportos de Guatemala. Montos transados, según la moneda del colateral



Fuente: BVN y BANGUAT.

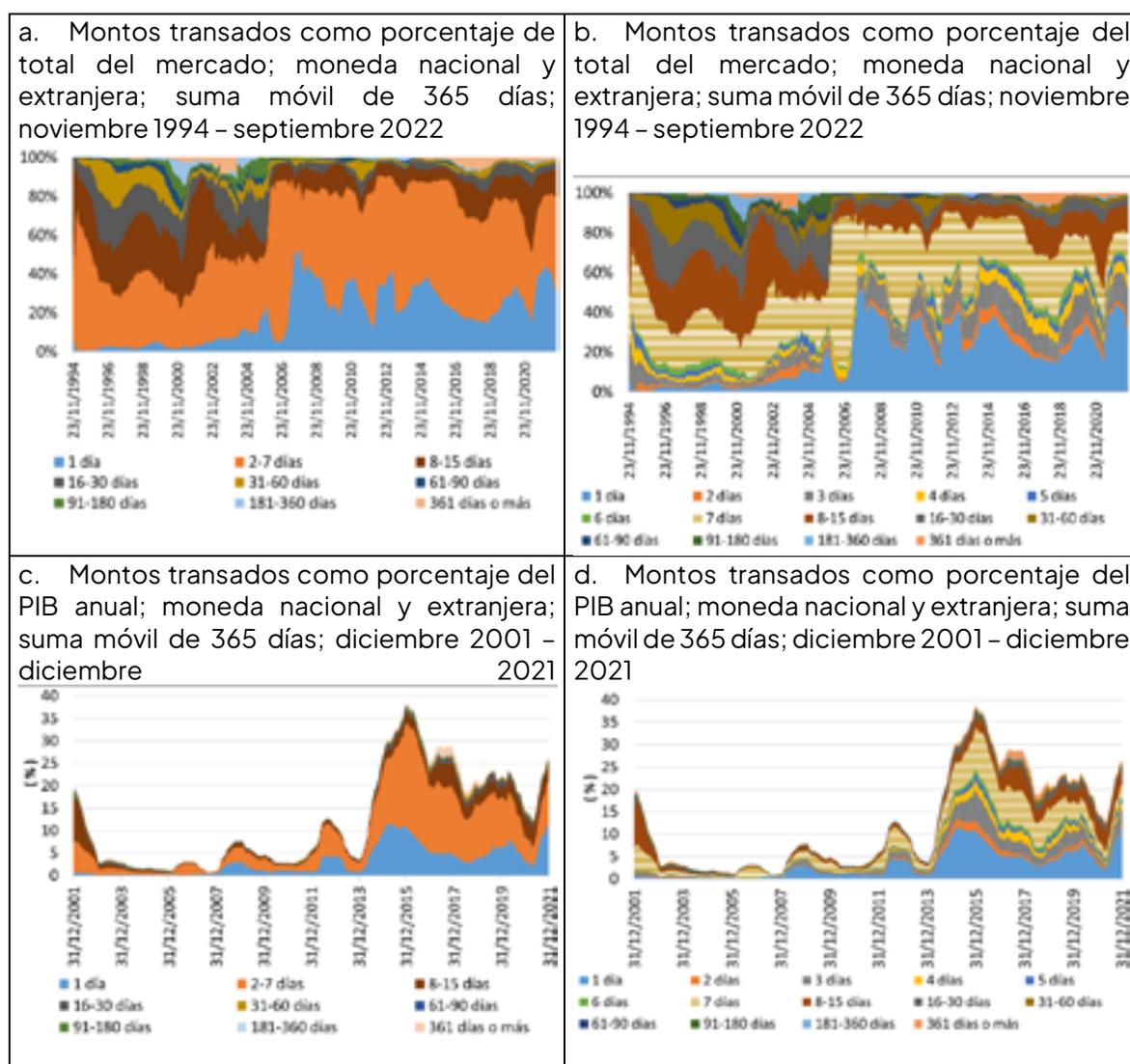
Nota: Los montos diarios de las operaciones de reporto están calculados como una suma móvil de 365 días; para el caso del PIB, se dividió el PIB anual en 365 días y luego se acumuló diariamente como una suma móvil de 365 días para hacerlo consistente con los montos de reporto en el *ratio* reporto/PIB. Para la conversión de dólares a quetzales se utilizó el tipo de cambio promedio compra-venta del mercado institucional de divisas hasta finales de 2006, y de finales de 2006 en adelante el tipo de cambio de referencia publicado diariamente por el BANGUAT.

Estructura de plazos

Los montos de reportos hasta 15 días han sido los más relevantes desde 1994, destacando la participación sostenida de los reportos a 7 días plazo. Al usar una ventana de suma móvil de 365 días para las operaciones diarias, los datos muestran que los plazos de reportos hasta 15 días han representado aproximadamente entre 50% y 90% del total del mercado, siendo esto último más evidente desde el segundo semestre de 2006 (gráfica 3.4.a). Dentro del segmento de corto plazo, los reportos a 7 días han mantenido su alta participación en las operaciones diarias del mercado, incluso en los años más recientes (gráfica 3.4.b), con una participación en el mercado del 27% en promedio desde 1994. Como porcentaje del PIB, las operaciones de reporte a 7 día plazo representaron el 3.1% en promedio durante 2001–2021 (gráfica 3.4.d).

Las operaciones de reporte a 1 día plazo han ganado cierta relevancia desde el segundo semestre de 2007, aunque con un comportamiento oscilatorio y sin una tendencia marcada. La participación en el mercado de las operaciones de reporte a 1 día estuvo entre 0.4%–24% de 1994 a 2006, mientras que de 2007 a 2012 subió a un rango de entre 6%–53%; en promedio, su participación desde 1994 ha sido de 18.3%. Como porcentaje del PIB, las operaciones de reporte a 1 día plazo representaron el 3.1% en promedio durante 2001–2021 (gráfica 3.4.d).

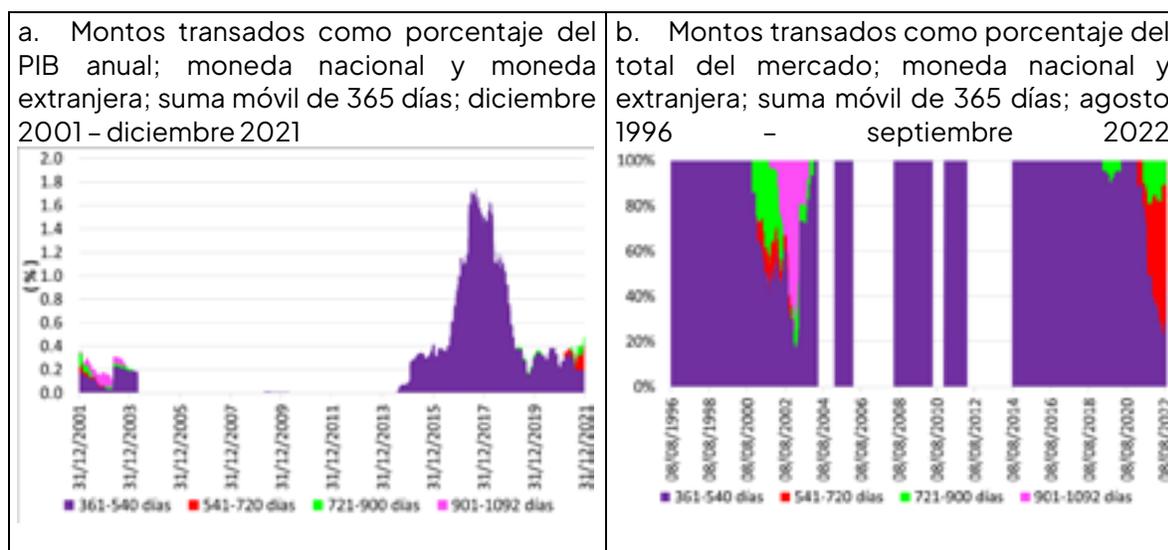
Gráfica 3.4 Mercado de reportos de Guatemala. Estructura de plazos, todos los plazos



Fuente: BVN y BANGUAT.

Para plazos más largos, como por ejemplo los mayores a 360 días, las operaciones de reporto son mucho menores en términos de montos transados, en número de operaciones y en la frecuencia en que se realizan. El monto anual transado de estos plazos alcanzó su punto máximo en septiembre 2017 con un 1.8% como porcentaje del PIB, específicamente para el plazo de 361–540 días (gráfica 3.5.a). Existen extensos períodos de tiempo en los que no se registraron operaciones para plazos largos de reportos, por ejemplo: noviembre de 1994 – agosto de 1996; mayo 2003 – marzo 2005; abril 2005 – mayo 2008; mayo 2009 – diciembre 2010; marzo 2011 a julio 2014. En cuanto a otros grupos de más largo plazo (541 días plazo en adelante), sus participaciones en el mercado son casi inexistentes, excepto en 2001–2003 y 2018 a la fecha (gráfica 3.5.b).

Gráfica 3.5 Mercado de reportos de Guatemala. Estructura de plazos, plazos largos

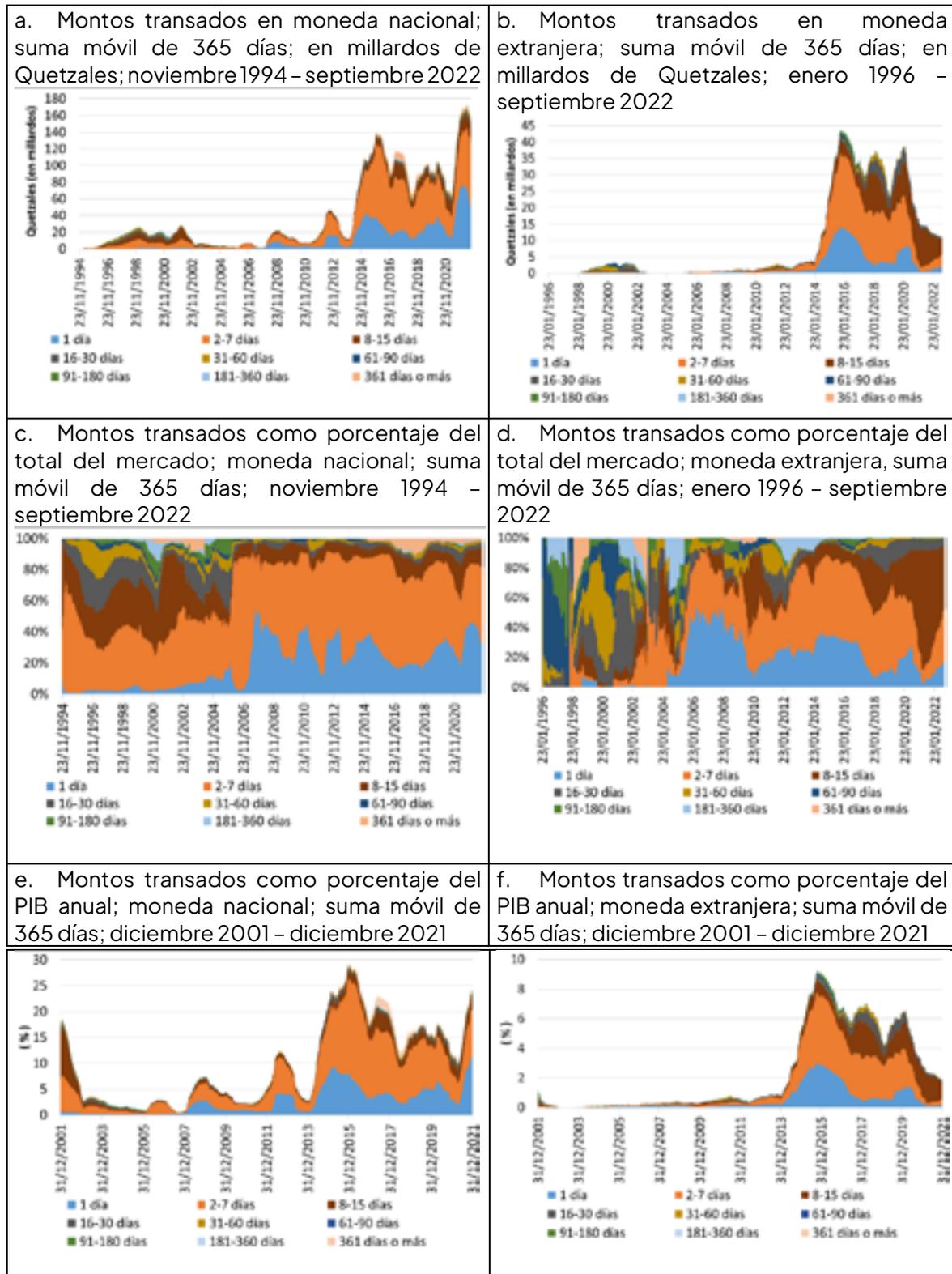


Fuente: BVN y BANGUAT.

Según la denominación de la moneda, la estructura de plazos cortos es muy similar ya sea en moneda nacional o moneda extranjera. Los vencimientos de corto plazo (menor o igual a 15 días) son los más relevantes en ambas monedas (gráfica 3.6.a y 3.6.b), específicamente los plazos de 1 día y de 2–7 días son los que tienen una participación de mercado más significativa (gráficas 3.6.c y 3.6.d) y como porcentaje del PIB (gráfica 3.6.e y 3.6.f), lo cual es más evidente a partir de 2014 para el caso de las operaciones de moneda extranjera.

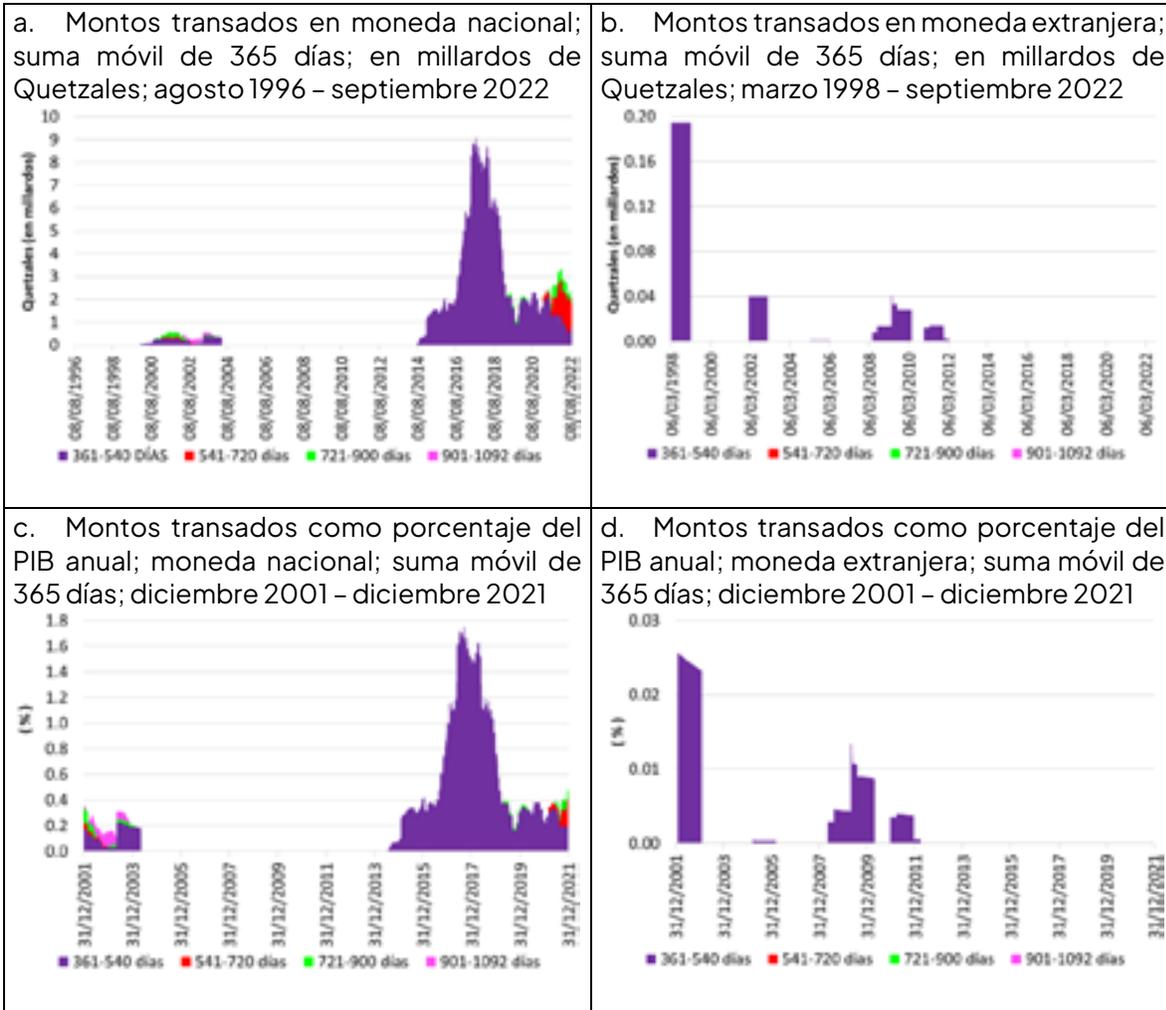
Para el caso de la estructura de plazos más largos, aunque el plazo de 361–540 días es el relevante tanto en moneda nacional (gráfica 3.7.a) como en moneda extranjera (gráfica 3.7.b), los montos y la frecuencia en las operaciones son poco significativos. En moneda nacional, el plazo de 361–540 días solamente llegó a representar hasta un 1.75% del PIB en 2017 (gráfica 3.7.c), mientras que en moneda extranjera representó 0.03% del PIB en 2002 (gráfica 3.7.d).

Gráfica 3.6 Mercado de reportos de Guatemala. Estructura de plazos, todos los plazos por moneda



Fuente: BVN y BANGUAT.

Gráfica 3.7 Mercado de reportos de Guatemala. Estructura de plazos, plazos largos por moneda



Fuente: BVN y BANGUAT.

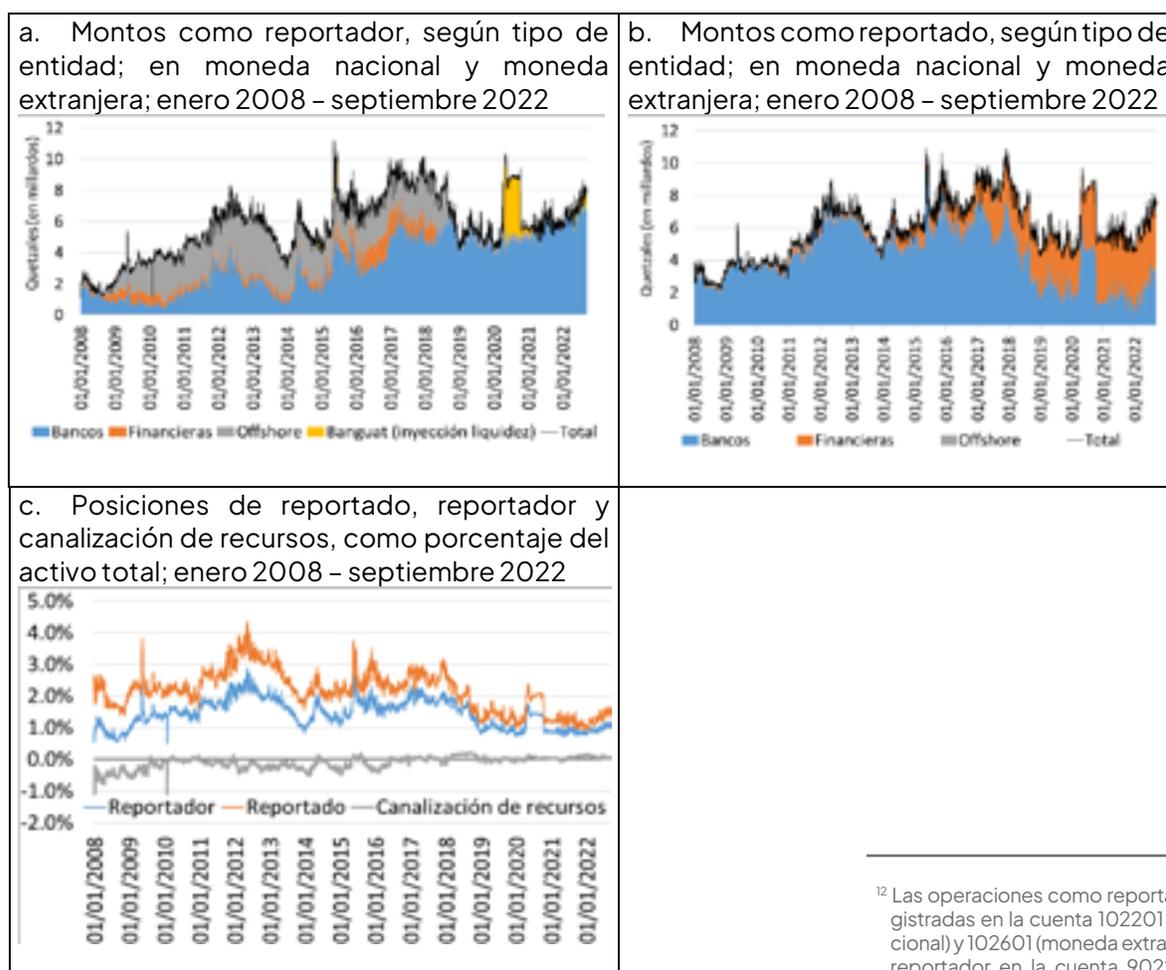
Nota: Las últimas operaciones registradas de reportos de largo plazo en moneda extranjera tuvieron lugar en marzo de 2011 para el plazo comprendido entre 361-540 días.

Contrapartes en las operaciones de reportos

Utilizando información alterna basada en los balances del sistema bancario, financiero y *offshore*, el análisis sugiere que el financiamiento a través de operaciones de reporto se origina y destina principalmente en el mismo sistema y no en otros sectores de la economía. La ausencia de un registro detallado de contrapartes en la información pública disponible del mercado secundario complica la identificación plena de las contrapartes en operaciones de reporto. Considerando que los principales tenedores de los títulos financieros públicos son las instituciones del sistema bancario,

financiero y *offshore*, y estos lo conservan en general hasta su vencimiento, se llevó a cabo un análisis de sus balances¹² para determinar si el financiamiento a través de operaciones de reporto se origina del sistema bancario, financiero y *offshore* hacia otros sectores de la economía (o viceversa) o bien se queda dentro del mismo sistema. Los resultados indican que las operaciones como reportado y como reportador del sistema bancario, financiero y *offshore*, además de ser pequeñas en proporción de su activo total, se compensan, por lo que la canalización de recursos (la diferencia entre operaciones como reportador y como reportado) que ronda alrededor de cero como porcentaje del activo total, se queda dentro del mismo sistema (gráfica 3.8.c).

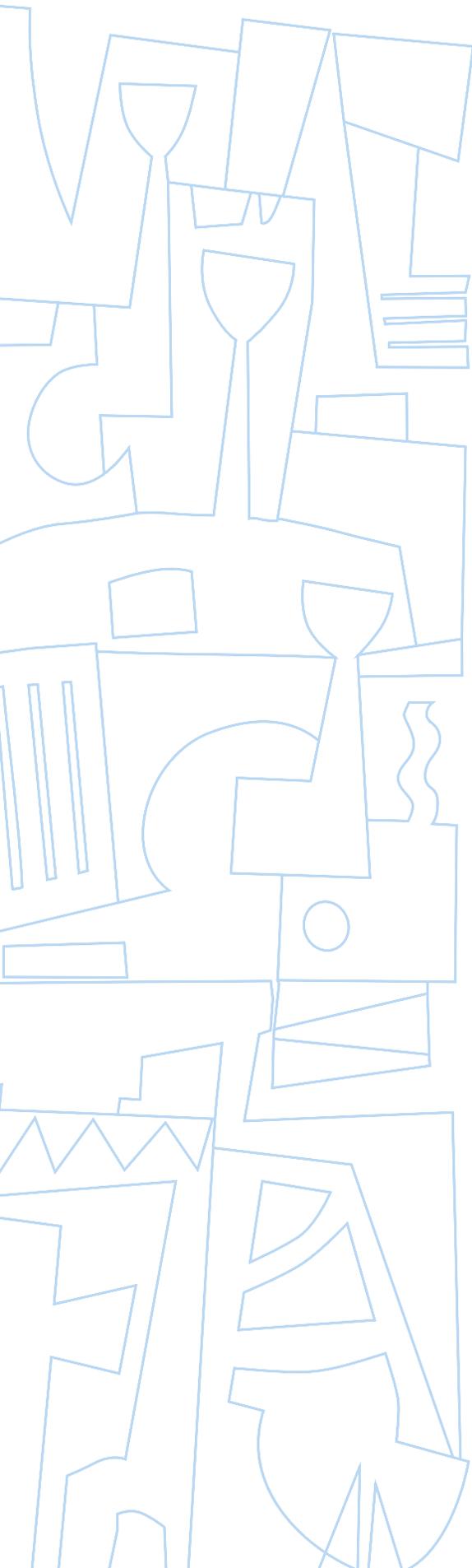
Gráfica 3.8 Mercado de reportos de Guatemala. Posiciones de reportado y reportador del sistema bancario, financiero y *offshore*, según balances de resultados



Fuente: BVN y BANGUAT.

Nota: Incluye operaciones de reporto en moneda nacional y moneda extranjera.

¹² Las operaciones como reportado están registradas en la cuenta 102201 (moneda nacional) y 102601 (moneda extranjera) y como reportador en la cuenta 902201 (moneda nacional) y 902601 (moneda extranjera), según el Manual de Instrucciones Contables para Entidades Sujetas a la Vigilancia e Inspección de la Superintendencia de Bancos, disponible en: <https://www.sib.gob.gt/web/sib/normativa/manuales-instrucciones-contables>



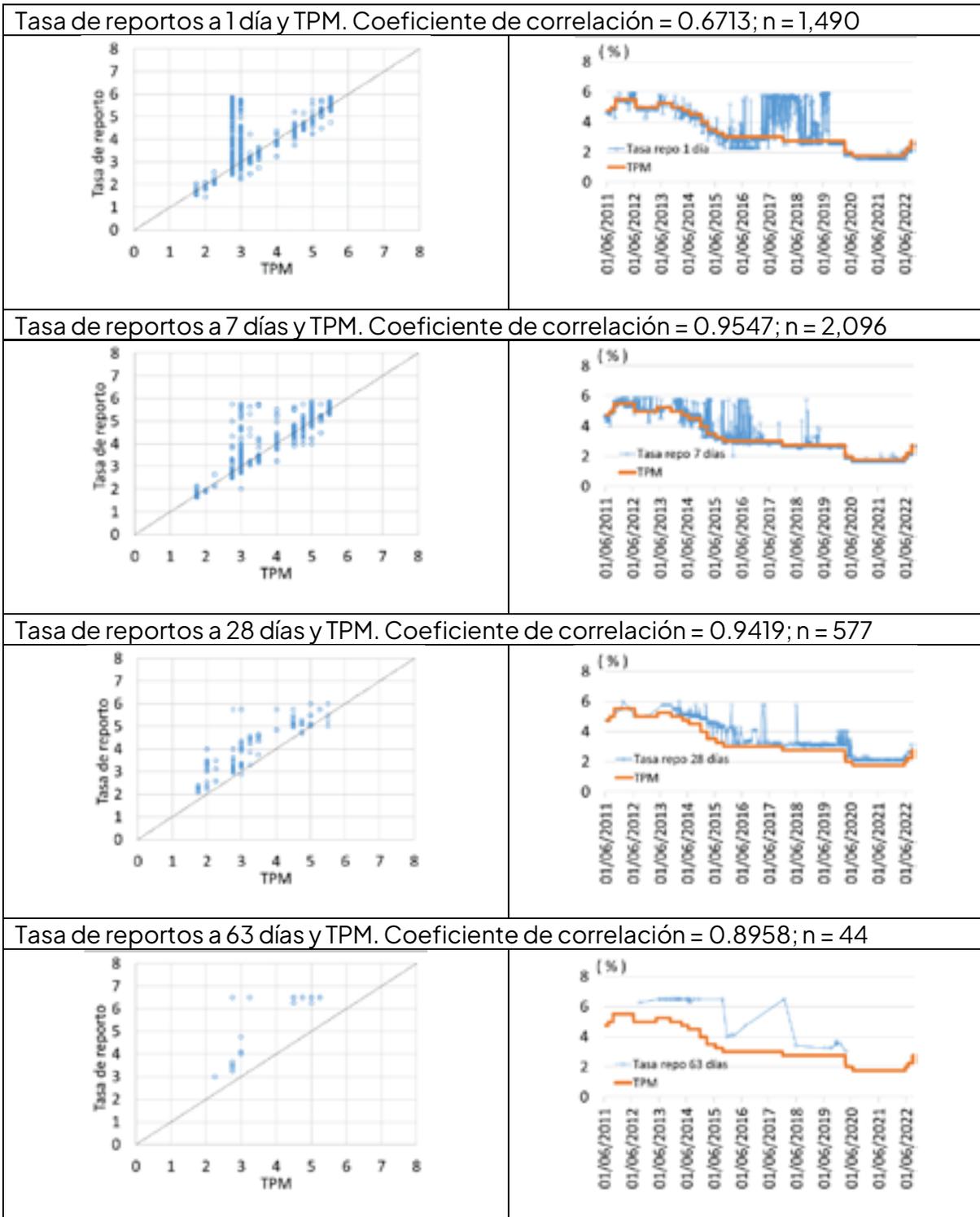
Por tipo de entidad, los principales reportadores han sido los bancos y *offshore* (estos últimos hasta finales de 2008) y, a la vez, los principales reportados han sido los bancos y las financieras (estos últimos con importancia creciente desde 2007). Como parte de los instrumentos de implementación de la política monetaria, el BANGUAT ha participado como reportador eventualmente en el mercado de reportos a través de sus operaciones de inyección de liquidez al sistema bancario y financiero, lo cual tiene su contraparte por el lado del registro del reportado en el sistema (gráfica 3.8.a. y 3.8.b).

Tasas de interés de reportos

Las tasas de interés de reportos analizadas en este estudio se refieren a tasas promedio ponderadas por los montos diarios en operaciones de reporto en moneda nacional, tanto de DP como de Bonos del Tesoro. El período de análisis de dichas tasas es de junio 2011 a septiembre 2022. La fecha de inicio del período de análisis obedece a la finalidad de delimitar el conjunto de tasas a la fecha del inicio de la implementación de la tasa de interés líder de política monetaria (TPM) a través de las operaciones a 1 día (“overnight”) por parte del BANGUAT,¹³ y de ese modo visualizar la correlación entre la TPM y las tasas de reporto. Adicionalmente, en el conjunto de tasas analizadas se incluyó las tasas en moneda nacional solamente, considerando que las tasas en moneda extranjera están influenciadas por otros factores diferentes al efecto de la TPM.

¹³ Véase el Estudio de la Economía Nacional 2011 del Banco de Guatemala, disponible en: http://www.banguat.gob.gt/sites/default/files/banguat/Publica/doctos/Estudio_de_la_economia_2011.pdf

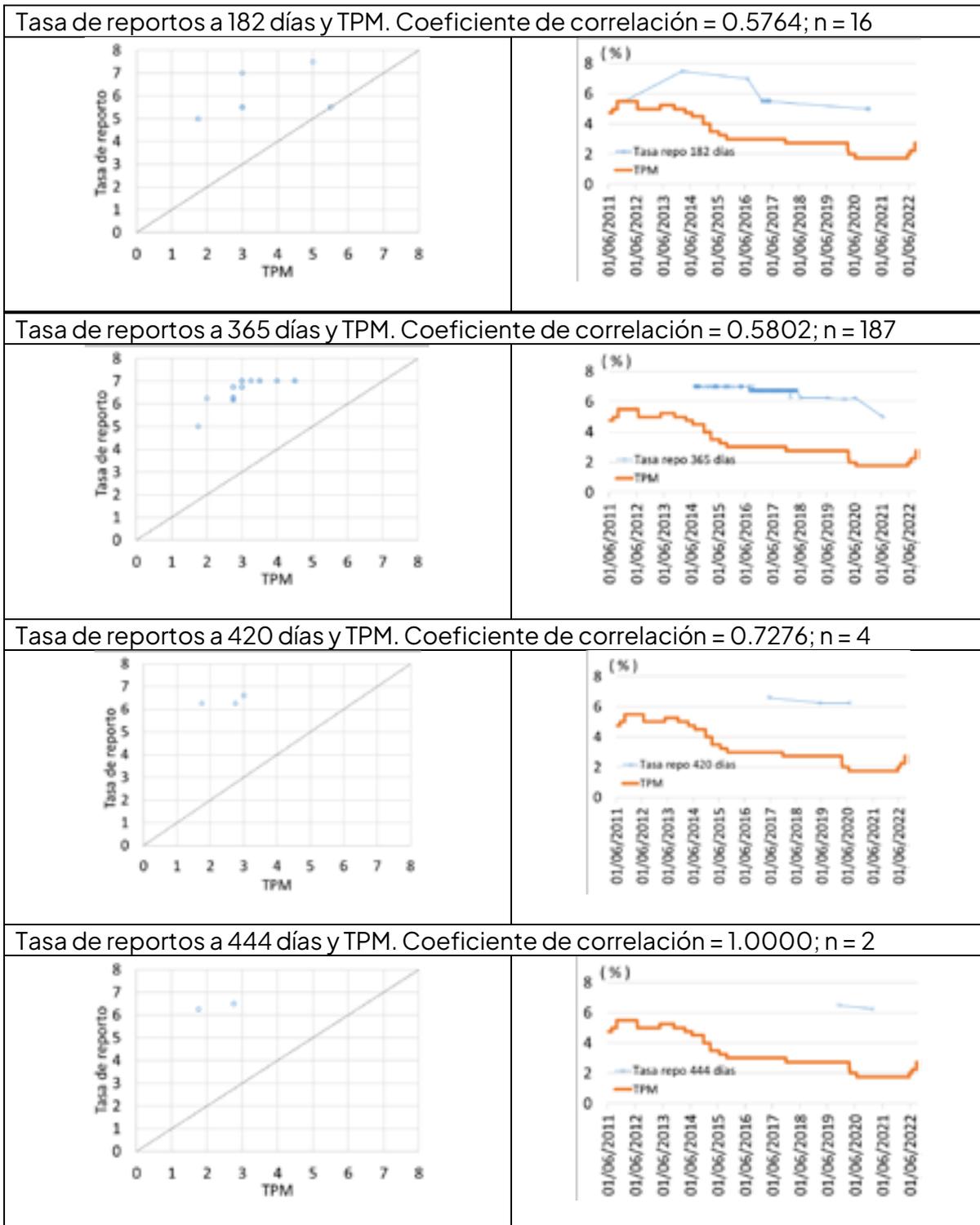
Gráfica 3.9.a Mercado de reportos de Guatemala. Tasas del mercado de reportos a diferentes plazos y Tasa de Política Monetaria (TPM). Junio 2011 – septiembre 2022



Fuente: BVN y BANGUAT.

Nota: Tasas promedio ponderadas diarias por el monto transado en reportos con DP y Bonos del Tesoro.

Gráfica 3.9.b Tasas del mercado de reportos a diferentes plazos y Tasa de Política Monetaria (TPM). Junio 2011 – septiembre 2022



Fuente: BVN y BANGUAT.

Nota: Tasas promedio ponderadas diarias por el monto transado en reportos con DP y Bonos del Tesoro.

La correlación entre la TPM y las tasas de reportos de corto plazo es más fuerte que la correspondiente correlación con las de largo plazo. La relación positiva entre el movimiento de las tasas de reporto y la TPM tiende a debilitarse a medida que los plazos se van haciendo más largos, con un correspondiente número de registros diarios de tasas promedio ponderadas cada vez menor. Los coeficientes de correlación para plazos representativos (por ejemplo: 7 días, 14 días, 1 y 2 meses aproximadamente) tienen un valor alrededor de 0.90 y el número de registros diarios de tasas están en un rango que va de 44 a 2,096 observaciones. Para plazos más largos (por ejemplo: 6 meses y 1 año o más), tanto los coeficientes de correlación como el número de registros diarios de tasas son mucho más bajos (gráfica 3.9.b).

La correlación entre la TPM y la tasa de reportos a 1 día (usada como la tasa de referencia para el esquema de política monetaria actual) no es tan fuerte como la correlación con otras tasas de corto plazo, debido a la influencia de un episodio de registro de tasas fuera de mercado. Un conjunto de transacciones entre entidades pertenecientes a un mismo grupo financiero que dio lugar a tasas por encima de las de mercado incidió en esta relación lineal más débil: los datos muestran que la tasa de reportos a 1 día persistió a niveles por encima del nivel de TPM de 3%-2.75% durante 2016-2019 (gráfica 3.9.a), con un coeficiente de correlación de 0.67 y 1,490 observaciones.

El número poco significativo de observaciones a plazos largos que sean representativas dificulta la construcción de una curva de rendimientos a partir de las tasas de reportos, lo cual complica el análisis de la correlación con los movimientos de la TPM. Para intentar superar la dificultad de un número muy limitado de observaciones, se utilizó el coeficiente de correlación parcial.¹⁴ Este coeficiente mide la fuerza y la dirección de la relación entre dos variables, manteniendo aislado el efecto de una tercera variable. De ese modo, se agrupan las tasas de reportos por plazos similares (lo que permite aumentar el número de observaciones) para luego examinar, con el coeficiente de correlación parcial, la relación de la TPM con dichos grupos de tasas pero aislando el efecto de sus plazos al mismo tiempo. La fórmula utilizada es la siguiente:

$$\gamma_{AB.C} = \frac{\gamma_{AB} - \gamma_{AC}\gamma_{BC}}{\sqrt{1 - \gamma_{AC}^2} \times \sqrt{1 - \gamma_{BC}^2}} \quad (1)$$

Donde:

$\gamma_{AB.C}$ representa el coeficiente de correlación parcial entre las tasas de reportos (A) y la TPM (B), controlando por el plazo (C).

γ_{AB} representa el coeficiente de correlación convencional entre las tasas de reportos (A) y la TPM (B).

γ_{AC} representa el coeficiente de correlación convencional entre las tasas de reportos (A) y el plazo (C).

γ_{BC} representa el coeficiente de correlación convencional entre la TPM (B) y el plazo (C).

¹⁴ Spiegel and Stephens (2018).

El coeficiente toma un valor que va de un rango de -1 (correlación perfectamente negativa) a 1 (correlación perfectamente positiva). Como se indicó, el valor agregado del coeficiente de correlación parcial es que, en nuestro caso, nos permite aumentar el número de observaciones para poder reforzar el análisis de plazos largos especialmente, dado que son los puntos en la curva de rendimientos que tienen muy pocas observaciones.

Los resultados del coeficiente de correlación parcial refuerzan los resultados anteriores, al mostrar que la relación positiva entre la TPM y las tasas de reportos es más fuerte en los plazos cortos que en los plazos largos. Excepto por el plazo a 1 día (con un coeficiente de 0.5), los coeficientes de correlación parcial para las series de tasas de reportos de corto plazo (2-7 y 8-15 días) son mayores a 0.9 (cuadro 3.1) y van decreciendo a 0.7 y 0.4 inclusive para las de largo plazo (91-180 días en adelante). Por ejemplo, al agrupar las tasas de reportos que tienen plazos de entre 181 a 360 días, se logra obtener 32 observaciones de tasas promedio ponderadas diarias, en comparación de 16 observaciones si se analiza únicamente el plazo de 182 días (ilustrado en la gráfica 3.9.b); al aislar el efecto del plazo en este grupo, se obtiene un coeficiente de correlación parcial de 0.48, muy cercano al coeficiente de correlación convencional de 0.47 (cuadro 3.1).

Cuadro 3.1. Mercado de reportos de Guatemala. Coeficiente de correlación parcial entre tasas de reportos (repo) y tasa de política monetaria (TPM), controlando por plazo
junio 2011 – septiembre 2022

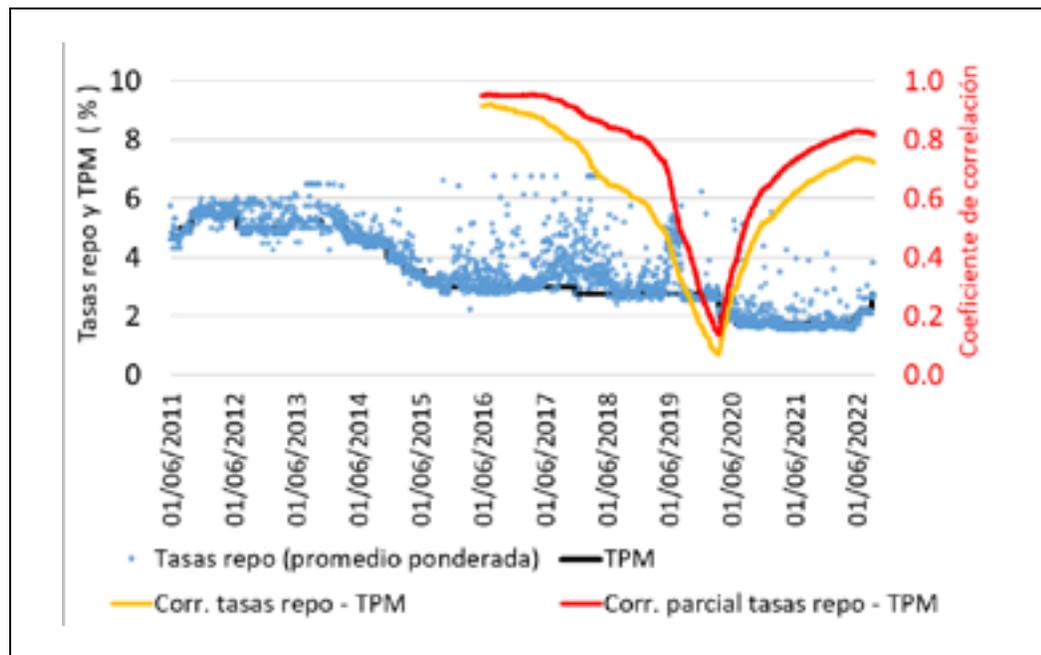
	Correlación convencional (repo, TPM)	Correlación parcial (repo, TPM, plazo)	Número de observaciones	Montos transados
Todos los plazos	0.8778	0.9372	2,596	1,032,722,932,040.00
1 día plazo	0.6713	0.6713	1,490	301,299,021,888.00
2-7 días plazo	0.9499	0.9498	2,387	548,012,033,255.00
8-15 días plazo	0.9391	0.9391	1,594	99,688,045,400.00
16-30 días plazo	0.9131	0.9114	1,180	34,411,601,526.00
31-60 días plazo	0.9051	0.9075	692	13,545,005,088.00
61-90 días plazo	0.8541	0.8340	124	1,689,786,883.00
91-180 días plazo	0.6523	0.7435	75	2,723,468,000.00
181-360 días plazo	0.4692	0.4780	32	4,069,070,000.00
Mayores a 360 días plazo	0.5505	0.4258	354	27,284,900,000.00

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Las tasas y los plazos están ponderados por los montos. El número de observaciones se refiere al número de registros diarios de tasas promedio ponderadas. El número de observaciones del grupo "Todos los plazos" no es igual a la sumatoria de las observaciones por grupos de plazos, debido a que una tasa diaria promedio ponderada puede incluir varias tasas a diferentes plazos.

La fuerza de la relación positiva entre la TPM y la tasa de reportos puede estar influenciada según el período a tomar en cuenta. Utilizando una ventana móvil de 5 años para el coeficiente de correlación parcial entre la TPM y las tasas promedio ponderadas de reportos a todos los plazos, los resultados muestran que la relación positiva puede pasar de valores de 0.9 a 0.07, influenciado por el registro de tasas a 1 días plazo por encima de las de mercado en 2016–2019 (mencionado en párrafos anteriores) y las tasas de 2–7 días plazos, durante 2016 a 2019. Estos plazos son significativos, tanto en el número de observaciones como en los montos transados. A medida que la ventana móvil se extiende más allá de 2019, el coeficiente de correlación parcial vuelve a subir de valor a 0.8 aproximadamente (gráfica 3.10)

Gráfica 3.10 Mercado de reportos de Guatemala. Coeficiente de correlación convencional y parcial entre tasas de reportos y TPM, controlando por plazo; ventana móvil de 5 años; junio 2016 – septiembre 2022



Fuente: BVN, BANGUAT y cálculo de los autores.

Nota: Tasas y plazos de reportos promedio ponderados por los montos transados.

3.2. El mercado de compra-venta

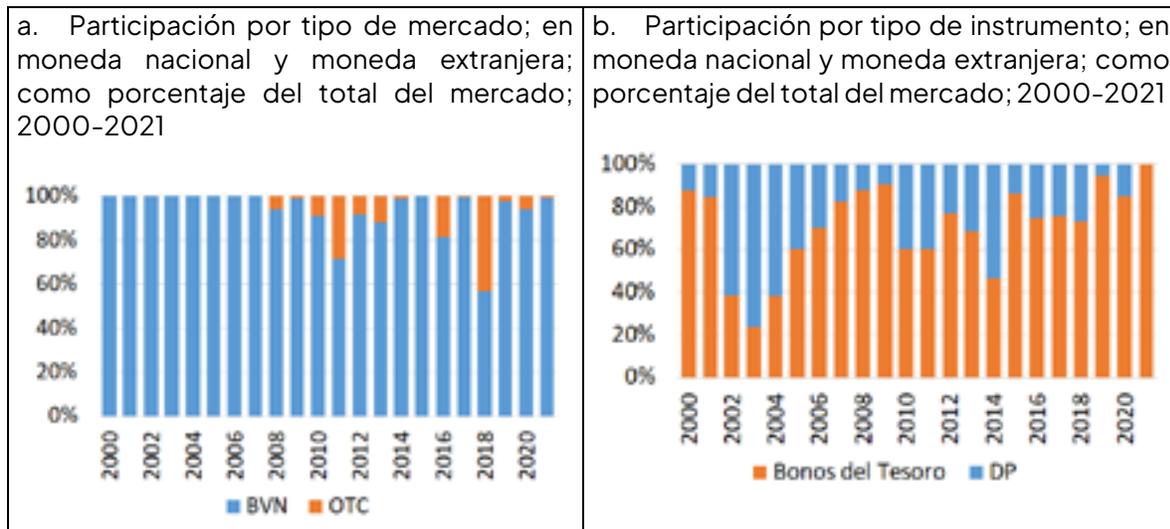
3.2.1. Características cualitativas

El mercado de compra-venta es mucho más pequeño en términos de montos transados y número de operaciones en comparación con el mercado de reportos. A diferencia del mercado de reportos, cuyas operaciones implican una recompra futura, el mercado de compra-venta comprende las operaciones de compra y venta definitivas de instrumentos financieros públicos.

Las operaciones del mercado de compra-venta se realizan principalmente en el mercado bursátil a través de la BVN. En promedio, de 2000 a 2021, el monto transado en el mercado bursátil representó el 93.7% del total, mientras que el restante 6.3% fue transado en el mercado extrabursátil (OTC) (gráfica 3.11.a).

Los instrumentos financieros públicos transados en el mercado de compra-venta son los Bonos del Tesoro y DP. Los Bonos del Tesoro son los principales instrumentos transados, aunque los DP también han tenido una participación relevante en este mercado: 71.2% y 28.8% de participación del mercado, respectivamente, en promedio de 2000 a 2021 (gráfica 3.11.b).

Gráfica 3.11 Mercado de compra-venta de Guatemala. Participación por tipo de mercado y por tipo de instrumento utilizado como colateral



Fuente: BVN y BANGUAT.

3.2.1.1. Tributación

Las ganancias de capital de la transacción de un bono del tesoro o DP en el mercado secundario están sujetas al 10% del Impuesto Sobre la Renta (ISR). En el caso de los bancos, las ganancias generadas en la compra-venta constituye parte de la renta bruta sujeta al ISR y el pago del impuesto lo incluyen en sus respectivas declaraciones juradas.

3.2.2. Evaluación cuantitativa

Los datos de las operaciones de compra-venta del mercado bursátil fueron obtenidos de la información proporcionada por la BVN y de su página en internet. Por otro lado, los datos de las operaciones del mercado extrabursátil (OTC, por sus siglas en inglés) fueron obtenidos con base en información que los bancos y financieras comparten al BANGUAT acerca de su participación en dicho mercado, disponible desde 2008.

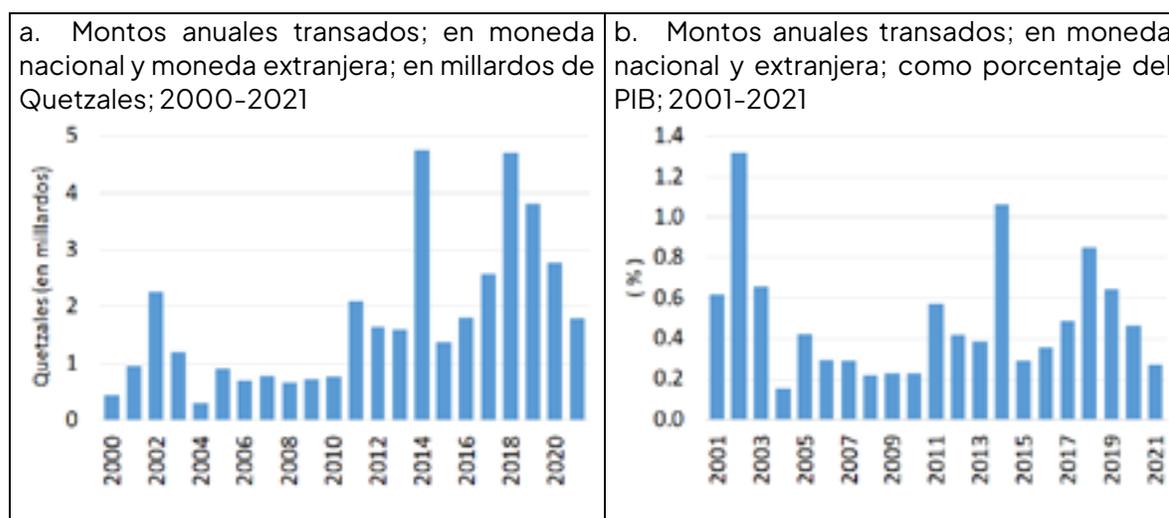
La base de datos contiene la fecha de la operación, el nombre de los instrumentos financieros transados,¹⁵ valor nominal de los instrumentos, el monto (o volumen) transado, el precio, plazo de vencimiento de los instrumentos (en días), tasa nominal del instrumento (en el caso del mercado extrabursátil), rendimiento al vencimiento y la denominación de la moneda del instrumento transado, para el período de 2000 hasta septiembre 2022, en frecuencia diaria.

Los bonos del tesoro emitidos en el extranjero fueron excluidos del análisis cuantitativo, aunque hayan sido transados en el mercado local. Es decir, la base de datos incluye únicamente las operaciones de compra-venta de títulos del Gobierno emitidos y transados en el mercado local, con la finalidad de hacer un análisis del mercado doméstico lo más consistente posible.

Montos transados

En promedio, los montos anuales transados en el mercado de compra-venta representaron el 0.5% del PIB durante el período 2000–2021, mucho menores que los montos transados en el mercado de reportos. Después de dos picos de 1.3% y 1.1% del PIB en 2002 y 2014, respectivamente, las transacciones de compra-venta fueron solamente alrededor del 0.3% del PIB en 2021 (gráfica 3.12.b)

Gráfica 3.12. Mercado de compra-venta de Guatemala. Montos transados

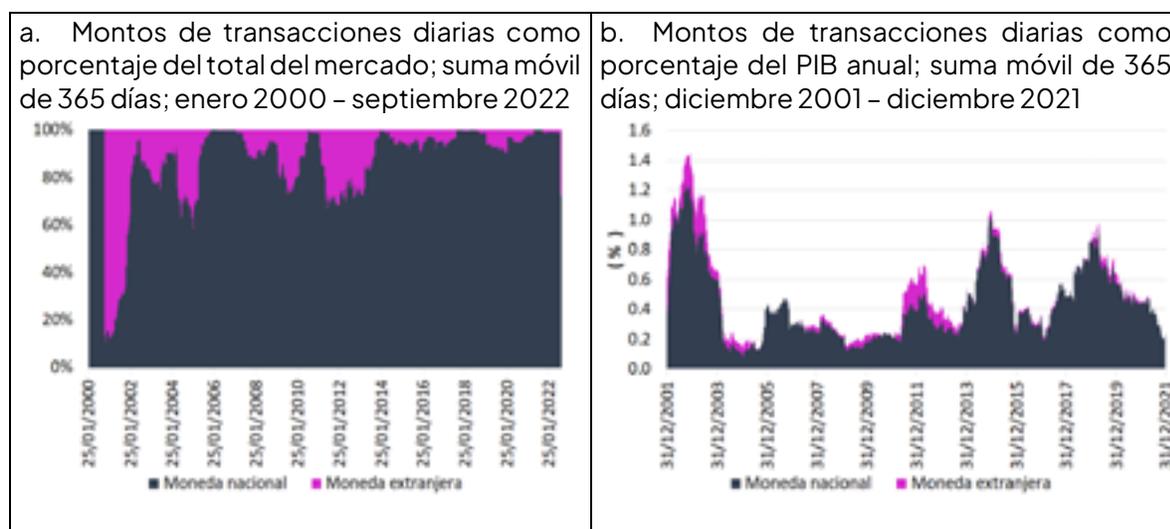


Fuente: BVN y BANGUAT.

¹⁵ En el caso del mercado extrabursátil, se dispone únicamente del nombre genérico de "Bonos del Tesoro" y "Depósitos a Plazo", mientras que para el mercado bursátil se dispone de nombre más específico del instrumento, como por ejemplo "Bonos del Tesoro Ejercicio Fiscal 1997 en US\$ (BOTES 97\$)", "Bonos Rep. Guatemala USD Vencimiento 2030 (BGUATEMALA30\$)", etc.

Atendiendo a la denominación de la moneda del instrumento financiero, la mayoría de los montos transados corresponden a moneda nacional, mientras que los correspondientes a moneda extranjera han ido disminuyendo su participación en el mercado en los últimos ocho años. Usando una suma móvil de 365 días, los datos muestran que los instrumentos denominados en moneda nacional dominan los montos transados, excepto a finales de 2001, cuando tomaron lugar dos transacciones relevantes usando bonos del Tesoro en dólares (gráfica 3.13.a). Como porcentaje del PIB, los montos en moneda nacional alcanzaron un pico de 1.2% en septiembre 2002 y los de moneda extranjera un 0.23% en marzo 2003. A finales de 2021, los montos en moneda nacional y extranjera representaron el 0.27% y 0%, respectivamente (gráfica 3.13.b).

Gráfica 3.13. Mercado de compra-venta de Guatemala. Montos transados, según la moneda de denominación del instrumento financiero



Fuente: BVN y BANGUAT.

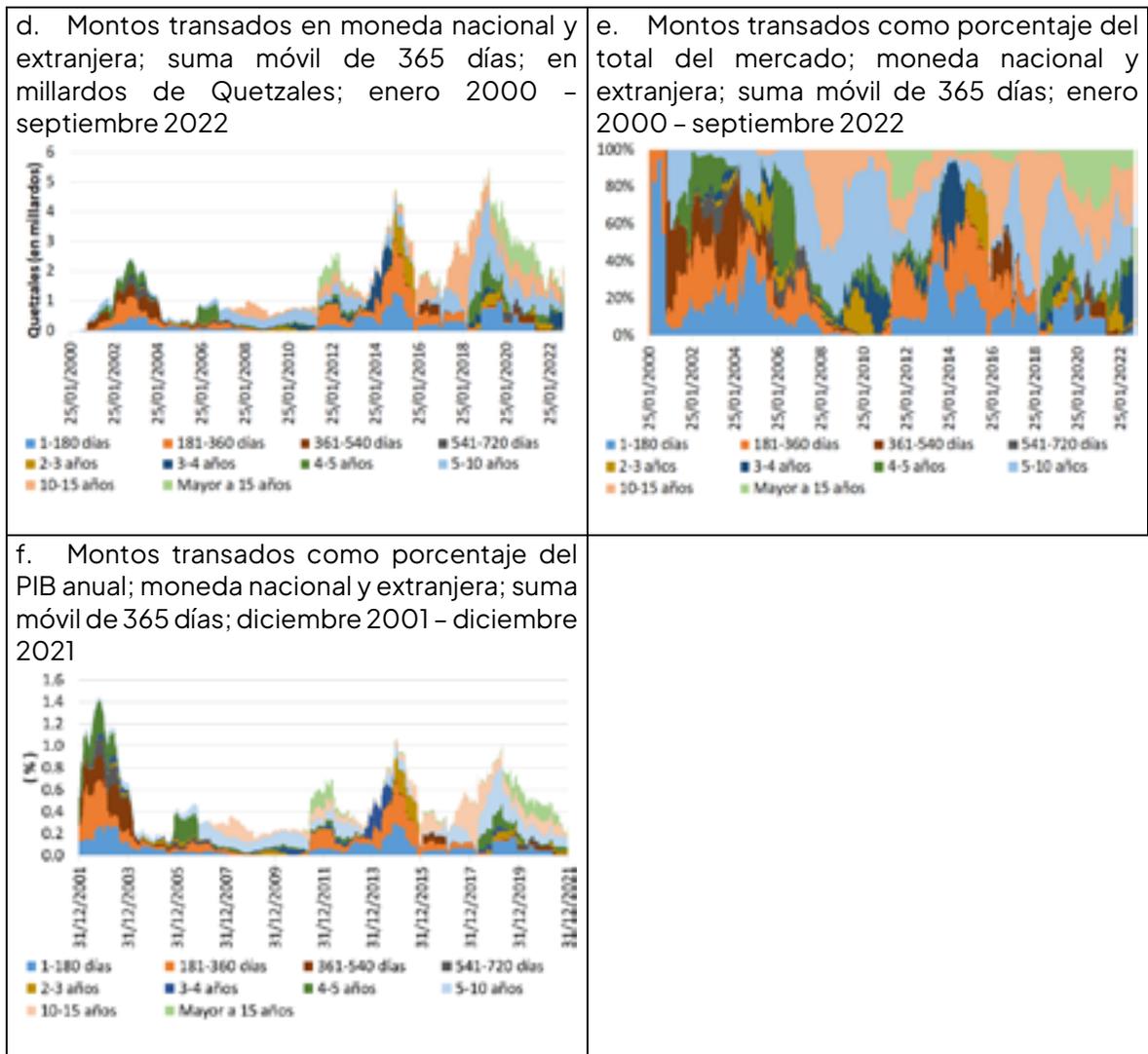
Estructura de plazos

El escaso número de operaciones en el mercado de compra-venta, la ocurrencia de períodos extensos sin que exista una operación y la diversidad de plazos al vencimiento que está disponible en la data son hechos que inciden en que la estructura de plazos sea bastante irregular.

Tomando en cuenta el plazo al vencimiento del instrumento financiero transado, los datos muestran que los montos de compra-venta relativamente más significativos corresponden a instrumentos de pla-

zos largos. Usando una suma móvil de una ventana de 365 días, se aprecia que los plazos al vencimiento por arriba de 5 años han dominado las transacciones de compra-venta desde 2007 (excepto para el período 2013–2015). Después de un pico de Q3.1 millardos en mayo 2015, representando el 0.58% del PIB anual y aproximadamente 80% de la participación del mercado, los montos transados de los plazos de 5 años en adelante registraron al final de 2021 un monto transado de Q1.3 millardos, representando el 0.20% del PIB y el 74% de la participación del mercado (gráfica 3.14).

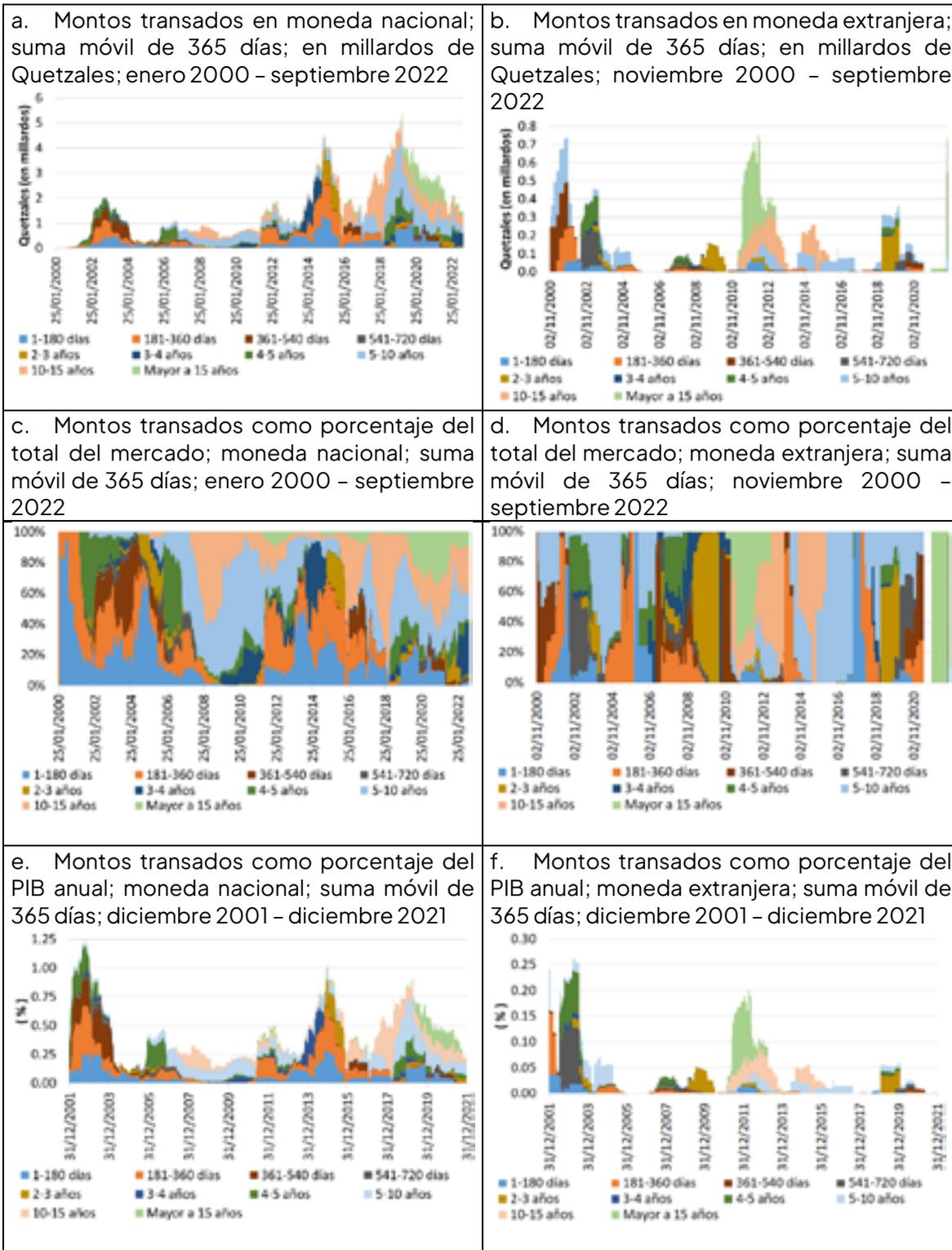
Gráfica 3.14 Mercado de compra-venta de Guatemala. Estructura de plazos (atendiendo al plazo al vencimiento del instrumento financiero), todos los plazos



Fuente: BVN y BANGUAT.

Atendiendo a la denominación del instrumento financiero transado, los plazos largos son los más relevantes, siendo un poco más evidente en la estructura de plazos en moneda nacional que en moneda extranjera. En el caso de la moneda extranjera, la estructura de plazos ha sido irregular y los plazos largos fueron significativos solamente en algunos períodos (gráfica 3.15.b, 3.15.d y 3.15.f); esto se debe, en parte, a que estos instrumentos han sido poco transados en el mercado: en 23 años, solamente existen 633 registros diarios de su transacción. Para el caso de moneda nacional, los plazos mayores a 5 años registraron un monto transado de Q1.3 millardos, representando 0.20% del PIB y el 73.8% de la participación del mercado al final de 2021 (gráfica 3.15.a, 3.15.c y 3.15.e).

Gráfica 3.15 Mercado de compra-venta de Guatemala. Estructura de plazos, por moneda



Fuente: BVN y BANGUAT.

Tasas de interés en el mercado de compra-venta

Las tasas de interés utilizadas para el análisis del mercado de compra-venta son las tasas de rendimiento al vencimiento (“yield to maturity”, por sus siglas en inglés conocido como “YTM”), tanto para DP como para Bonos del Tesoro. El período seleccionado para analizar las tasas inicia desde junio 2011, con la finalidad de delimitarlo con el inicio de la implementación de la tasa de interés líder de política monetaria a través de las operaciones a 1 día (“overnight”).

La BVN provee datos estimados de tasas de rendimiento al vencimiento de sus operaciones de compra-venta en su página en internet, mientras que las instituciones financieras participantes en el mercado extrabursátil lo hacen a través de reportes al BANGUAT. Sin embargo, con la información disponible en el mercado bursátil y extrabursátil, no es posible hacer un cálculo exacto de la tasa de rendimiento al vencimiento, debido a que la información sistematizada de cada instrumento financiero que está siendo transado es bastante limitada (en varios casos se cuenta únicamente con información agregada únicamente). Para poder calcular correctamente dicha tasa, sería necesario disponer una identificación plena (no de manera agregada) de cada instrumento financiero que está siendo transado, de tal modo que se permita corroborar su fecha de emisión, su fecha de liquidación, la fecha del pago de su primer cupón (particularmente para los Bonos del Tesoro, cuyo pago del primer cupón suele ser irregular ya que no sucede exactamente a los 6 meses), o bien si se trata de un instrumento con cupón cero (particularmente para los DP).

Con la finalidad de identificar y excluir datos con posibles inconsistencias en su registro o valores extremos (“outliers”), calculamos nuevamente las tasas de rendimiento al vencimiento con la información agregada disponible para luego compararlas con lo reportado por los mercados bursátil y extrabursátil. El cálculo de la tasa de rendimiento al vencimiento lo hicimos con la siguiente fórmula:

$$YTM = \frac{C + \frac{FV - PV}{t}}{\frac{FV + PV}{2}}$$

Donde:

YTM = Rendimiento al vencimiento

C = Cupón anual

FV = Valor facial

PV = Precio del instrumento financiero

t = Tiempo (en años) en el que el instrumento financiero llega a su vencimiento, utilizando la convención “actual/actual” para el cómputo del número de días del año¹⁶

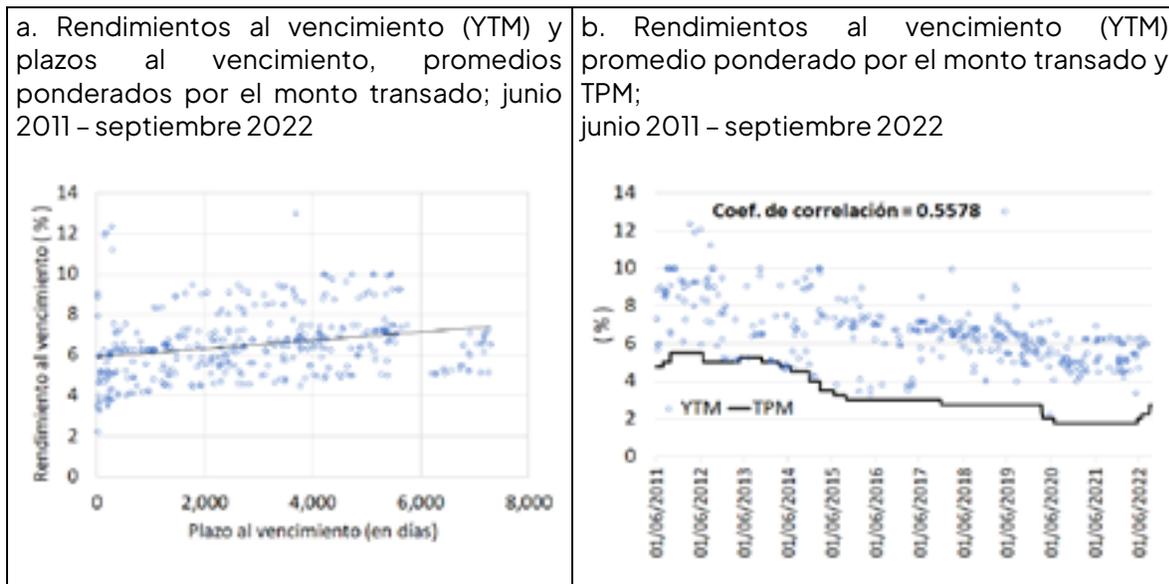
¹⁶ La base de cálculo “actual/actual” se refiere al cálculo en años computando el número exacto de días transcurridos; entre otras bases de cálculo se encuentra la convención “30/360”, por ejemplo. Con la base de cálculo “actual/actual” nos acercamos lo mejor posible al cálculo de YTM publicado por la BVN en su página en internet.

En la comparación entre las tasas de rendimientos al vencimiento reportadas en los mercados bursátil y las calculadas por nosotros, detectamos y excluimos 16 registros con inconsistencias o valores extremos que representan el 0.72% de la base de datos original (2,210 registros de enero 2000 a septiembre 2022): las tasas que tuvieron una diferencia superior a 0.02 puntos porcentuales en valor absoluto, en dicha comparación, fueron descartadas de la muestra; para el mercado OTC, se tomaron todas las tasas de rendimiento al vencimiento reportadas (no hubo exclusión alguna). Luego de esta depuración, la muestra analizada de tasas promedio ponderadas se compone de 824 registros diarios de operaciones de junio 2011 a septiembre 2022.

La dificultad de la construcción de una curva de rendimientos a partir de la relación entre las tasas de rendimiento al vencimiento con sus plazos al vencimiento asociados se ilustra con la existencia de un número muy limitado de observaciones para una gran cantidad de plazos, sin que alguno de estos sea representativo. Dado el número escaso de negociaciones en el mercado, prácticamente se dispone de 1 observación para una multiplicidad de plazos al vencimiento que va de 1 a 6,580 días (20 años aproximadamente). En términos generales, se observa una relación levemente positiva: mayores tasas corresponden a mayores plazos al vencimiento (gráfica 3.16.a).

La relación de las tasas de rendimiento al vencimiento con la TPM no es del todo clara, tomando en cuenta que no existe un número consistente de observaciones a plazos representativos (gráfica 3.16.b), lo cual complica el análisis de la correlación con los movimientos de la TPM.

Gráfica 3.16 Mercado de compra-venta de Guatemala: Rendimientos al vencimiento (YTM) a todos los plazos al vencimiento y tasa de política monetaria (TPM)



Fuente: BVN y BANGUAT.

Se utilizó el coeficiente de correlación parcial para abordar la dificultad del número escaso de observaciones en el análisis de la relación de las tasas de rendimiento al vencimiento con la TPM. De la misma manera en que se utilizó para el caso de las tasas de reportos, agrupamos las tasas de rendimiento al vencimiento por plazos similares (lo que permite aumentar el número de observaciones) para luego examinar la relación de la TPM con cada grupo de tasas, pero aislando el efecto del plazo.

Los resultados del coeficiente de correlación parcial sugieren que la correlación con la tasa de interés líder de la política monetaria es relativamente más fuerte para plazos largos; contrario al caso del mercado de reportos, en el que la relación positiva era más fuerte en los plazos cortos. El coeficiente de correlación parcial es 0.37 para el grupo de tasas de rendimiento al vencimiento de 1 día a 5 años y aumenta a 0.88 para el grupo de tasas de plazos mayores a 15 años (cuadro 3.2).

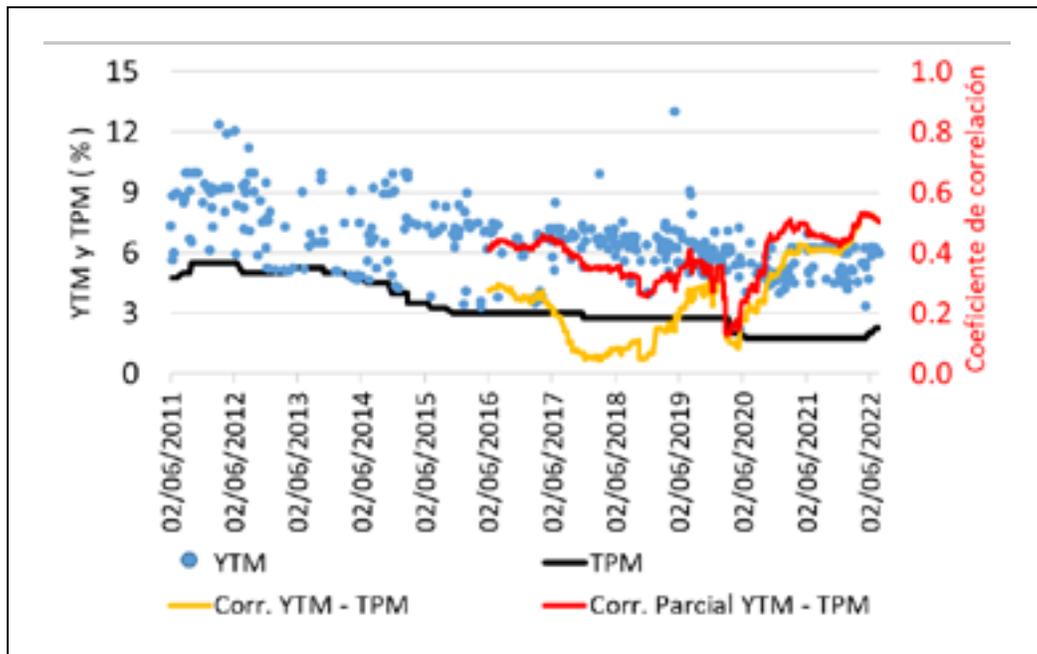
Cuadro 3.2. Coeficientes de correlación y de correlación parcial entre las tasas de rendimiento al vencimiento (YTM) y Tasa de Política Monetaria (TPM), controlando por Plazo al Vencimiento. Junio 2011 – Septiembre 2022

	Correlación (YTM, TPM)	Correlación Parcial (YTM, TPM, Plazo al Vencimiento)	Número de observaciones	Montos transados
Para todos los plazos, toda la muestra	0.5578	0.6196	415	26,777,838,663.16
1 día a 5 años de plazo al vencimiento	0.3424	0.3734	170	12,717,123,249.34
5 años a 10 años de plazo al vencimiento	0.8357	0.8381	118	5,835,804,027.86
10 años a 15 años de plazo al vencimiento	0.7997	0.7990	134	5,822,319,844.25
Mayor a 15 años de plazo al vencimiento	0.9187	0.8761	75	2,402,591,541.71

Nota: Los "YTM" y "plazos al vencimiento" son promedios ponderados por el monto negociado en las transacciones

Los resultados también sugieren que ha habido una moderada transmisión de la TPM hacia el conjunto de tasas del mercado de compra-venta, que se debilitó principalmente a principios de 2020. El cálculo del coeficiente de correlación parcial con una ventana móvil de 5 años indica que la relación positiva entre las tasas y la TPM ha rondado entre 0.1 y 0.5 durante el período junio 2011 – septiembre 2022, con el punto más bajo en marzo 2020 (gráfica 3.17).

Gráfica 3.17 Mercado de compra-venta de Guatemala. Coeficiente de correlación convencional y de correlación parcial entre tasas de rendimiento al vencimiento (YTM) y Tasa de Política Monetaria (TPM), controlando por Plazo al Vencimiento; ventana móvil de 5 años; junio 2016 – septiembre 2022



Fuente: BVN, BANGUAT y cálculo de los autores.

4 Comparación internacional

El propósito de este apartado es medir la evolución de la brecha entre el grado de desarrollo del mercado secundario de instrumentos financieros públicos de Guatemala con el de otras economías. En particular, se busca evidenciar la magnitud y evolución en la referida brecha de desarrollo, a partir de comparaciones relevantes con economías avanzadas y con otras economías de la región latinoamericana.

La principal dificultad para hacer una extensa comparación entre el mercado secundario de Guatemala con los de otras economías radica principalmente en la disponibilidad de la información. No todos los países ponen a disposición la información con la misma frecuencia, clasificación (del título público o la moneda en que fue emitido) y formato o simplemente no está a la disponibilidad del público. Esto impide construir indicadores homogéneos para todos los países con los que se quisiera hacer la comparación. Por otro lado, dada la etapa tan incipiente de desarrollo del mercado secundario guatemalteco, el mercado no genera la totalidad de la información o no está debidamente organizada y sistematizada, como se genera en los mercados secundarios de economías más avanzadas, lo cual impide construir ciertos indicadores para Guatemala para la comparación.

Tomando en cuenta las limitantes en la disponibilidad de la información, a continuación, se presentan los indicadores contruidos con la intención de generar la mejor comparación posible con la información disponible en el mercado secundario guatemalteco.

4.1. Indicadores del mercado de reportos

4.1.1. Volumen transado como porcentaje del PIB

Clevy et al. (2021) hacen una comparación de Centro América y República Dominicana bastante ilustrativa sobre el nivel de actividad del mercado de dinero, que puede utilizarse como un *proxy* del nivel de actividad del mercado de reportos.¹⁷ Según estos autores, la definición formal del mercado de dinero comprende instrumentos con plazos menores de un año, tales como certificados de depósito, papel comercial, letras del Tesoro y reportos; sin embargo, para el caso de Centro América y República Dominicana, su medición de mercado de dinero considera principalmente los reportos.¹⁸

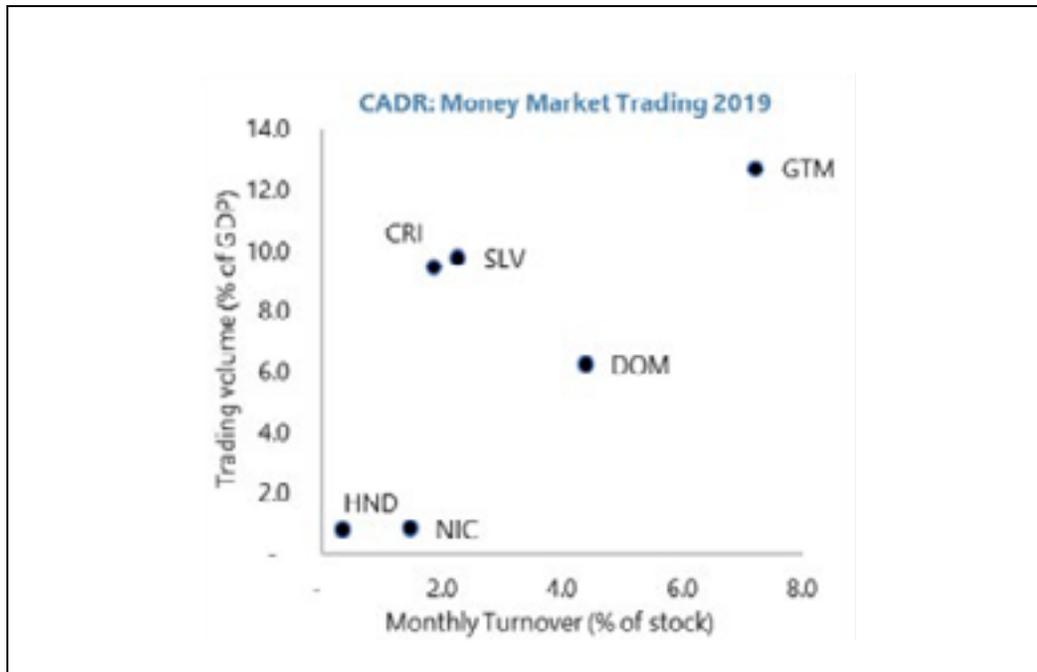
Por lo tanto, siguiendo a Clevy et al. (2021), podemos inferir que Guatemala tuvo el mercado de reportos más activo de la región centroamericana y República Dominicana en 2019, con un volumen anual transado del 12% del PIB aproximadamente (ver gráfica 4.1); también incluyen el indicador de la tasa de rotación, el cual se refiere al volumen transado de los títulos como porcentaje del saldo de los títulos emitidos (este indicador se explica con más detalle aplicado al mercado de compra-venta definitiva más adelante). Según el volumen transado como porcentaje del PIB, los mercados de reportos más activos después del de Guatemala fueron los de El Salvador y de Costa Rica (casi el 10%), República Dominicana (6%, aproximadamente) y por último los de Honduras y Nicaragua (menos del 1%). Es importante matizar que, aunque Guatemala tiene el mercado más activo de reportos en esta comparación, sus volúmenes transados están todavía en niveles bajos, pues dichos autores también señalan que la intermediación continúa siendo un reto para toda la región (incluyendo Guatemala).¹⁹

¹⁷ La disponibilidad de información para cada país no siempre les permitió a Clevy et al. (2021) el desglose de una manera que se pudiera procesar con facilidad y uniformar totalmente los datos, pero el mensaje principal es que el mayor componente lo constituye el mercado de reportos. Por ejemplo, para el caso de Guatemala, Clevy et al. (2021) tomaron en cuenta la totalidad de plazos de los reportos (plazos mayores a 1 año inclusive), dado que los plazos mayores a 1 año representaban solamente un porcentaje muy pequeño del total.

¹⁸ La razón por la que en esta investigación no se hizo una comparación con el resto de países centroamericanos se debe a que la información no estaba públicamente disponible o bien la composición y/o la frecuencia en la que se publicaban los datos no permitía uniformar los datos con los de Guatemala.

¹⁹ Clevy et al. (2021) indican que los bajos volúmenes transados pueden atribuirse principalmente a: (i) el exceso de liquidez estructural, asociado al comportamiento de precaución de los bancos comerciales, inadecuada provisión de liquidez costo-eficiencia y, en algunos casos, influjos de remesas persistentes; (ii) la existencia de emisores soberanos duales implica que una emisión simultánea (muchas veces competitiva) entre títulos del Gobierno y del banco central, así como una dependencia muy fuerte en títulos del banco central para operaciones de política monetaria, resulta en una fragmentación del mercado.

Gráfica 4.1 Mercado de dinero (de reportos). Volumen transado como porcentaje del PIB y tasa de rotación mensual como porcentaje del saldo de deuda; 2019



Fuente: Clevy et al. (2021). "Financing for the Post-Pandemic Recovery: Developing Domestic Sovereign Debt Markets in Central America".

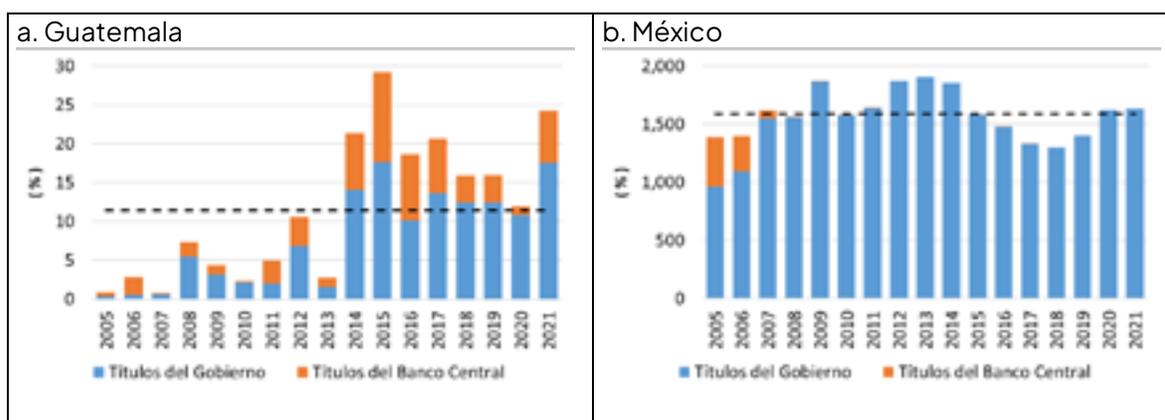
Notas: GTM = Guatemala; SLV = El Salvador; CRI = Costa Rica; DOM = República Dominicana; HND = Honduras; NIC = Nicaragua.

Los cálculos realizados en esta investigación sobre el volumen transado de reportos como porcentaje del PIB coinciden con los de Clevy et al. (2021) si se toman en cuenta los títulos gubernamentales en moneda nacional únicamente, con un 12.4% del PIB. Si también se incluyen los reportos con títulos del banco central en moneda nacional, el indicador aumenta a 15.9% del PIB. Finalmente, si también se incluyen los reportos con ambos títulos públicos en moneda extranjera (pero emitidos en el mercado local), aumenta a 22.3% del PIB en 2019 (indicado en la gráfica 3.3).

La comparación con otra economía latinoamericana, con un mercado de reportos más desarrollado, como es el caso de México, da un mejor contexto en relación con la brecha del nivel de actividad del mercado secundario guatemalteco. El volumen anual transado de reportos en moneda nacional como porcentaje del PIB de México fue 1,589.6% en promedio durante el período de 2005–2021 versus la cifra equivalente de Guatemala de 11.4% (ver gráfica 4.2). Las principales razones para elegir al mercado de México con fines de comparación son, por un lado, que es el mercado de una economía latinoamericana con un nivel de desarrollo mayor que el de Guatemala y, por el otro,

que la disponibilidad de datos permite hacer la comparación. El Banco de México²⁰ publica datos diarios, desde julio 2004, de las operaciones en el mercado de reportos en moneda nacional con títulos gubernamentales²¹ y del banco central, realizados en el mercado interbancario y no interbancario,²² de tal modo que utilizamos los mismos parámetros para Guatemala en esta comparación. A diferencia de Guatemala, en México el banco central dejó de emitir y colocar sus propios instrumentos financieros con propósitos de regulación monetaria en 2006²³ y empezó a utilizar los instrumentos gubernamentales en sus operaciones de retiro de liquidez.²⁴

Gráfica 4.2 Mercado de reportos. Volumen transado en el mercado como porcentaje del PIB, clasificado por el emisor del título (Gobierno o Banco Central), emitidos en moneda nacional; 2005–2021



Fuente: BANGUAT y Banco de México.

Notas: La línea horizontal punteada se refiere al promedio simple. No incluye títulos emitidos en moneda extranjera. Los títulos del Gobierno de México emitidos localmente se refieren a los Cetes, los Bonos (conocidos en el mercado como bonos M), los Bondes D y los Udibonos, mientras que los títulos del Banco de México son los Bonos de Regulación Monetaria (BREMS).

²⁰ El portal de información está disponible a través de este enlace: Portal Interactivo de Información Financiera (banxico.org.mx)

²¹ El Gobierno Federal de México emite y coloca actualmente cuatro instrumentos distintos en el mercado de deuda local: los Cetes, los Bonos (conocidos en el mercado como bonos M), los Bondes D y los Udibonos; más recientemente ha emitido los Bondes F y Bondes G. Según Abreu et al. (2014), en el pasado han sido emitidos otros valores gubernamentales, pero varios ya no están vigentes, como por ejemplo los Pagafes, Bondes, Tesobonos, Ajustabonos, etc. Ninguno de los valores que ya no están vigentes figuran en la base de datos utilizada para el cálculo de los indicadores de este estudio.

²² El Instituto para la Protección al Ahorro Bancario (IPAB) coloca los llamados Bonos de Protección al Ahorro (BPAS). Los BPAS aunque son emitidos por el referido Instituto cuentan con una garantía de crédito del Gobierno Federal. Siguiendo el criterio del Manual de Estadísticas de la Deuda del Sector Público del FMI (FMI, 2012), en cuanto a que la deuda garantizada continúa atribuyéndose al deudor (a menos que se exija el pago de la garantía) y que no forma parte del balance del garante (es decir, el Gobierno Federal de México), los BPAS no fueron tomados en cuenta para la construcción de los indicadores de este estudio.

²³ De acuerdo a Abreu et al. (2014), los instrumentos financieros del Banco de México eran conocidos como Bonos de Regulación Monetaria (BREMS) y tenían una tasa de interés variable referenciados a la tasa de fondeo bancario.

²⁴ Según una encuesta realizada por el FMI (2021) en 2013, en el 34% de 125 países encuestados, los bancos centrales emitían títulos para operaciones de política monetaria; los bancos centrales en América Latina tienden a usar títulos del Gobierno, mientras que los del Este de Asia y los de Europa Oriental tienden a usar títulos del banco central.

La estructura de plazos del mercado mexicano de reportos global (incluyendo tanto títulos públicos como privados) es de muy corto plazo, con 95% de las operaciones a 1 día plazo (98% si se incluyen hasta 7 días plazo). La información que pone a disposición el Banco de México no permite discernir la estructura de plazos para instrumentos públicos únicamente; sin embargo, tomando en cuenta que la mayor parte de operaciones corresponde a reportos con títulos públicos (62%, si solo se toman en cuenta instrumentos del Gobierno y del Banco Central; y 89%, tomando además en cuenta los instrumentos del Instituto para la Protección al Ahorro Bancario), esto provee un parámetro de la importancia de las operaciones de corto plazo de títulos públicos en comparación a las de Guatemala (ver gráfica 3.4.d anterior).

4.2. Mercado de compra-venta

Para la comparación del mercado de compra-venta, además de medir el tamaño del mercado como porcentaje del PIB, también se construyó una serie de indicadores que intentan capturar diferentes dimensiones de la liquidez de un mercado financiero. Dada la importancia del papel que juega un mercado de compra-venta de instrumentos financieros públicos en la implementación de la política monetaria, construimos indicadores que permiten una mejor comparación de las condiciones del mercado nacional con el de otros países y que explicamos con más detalle a continuación.

4.2.1. Volumen transado como porcentaje del PIB

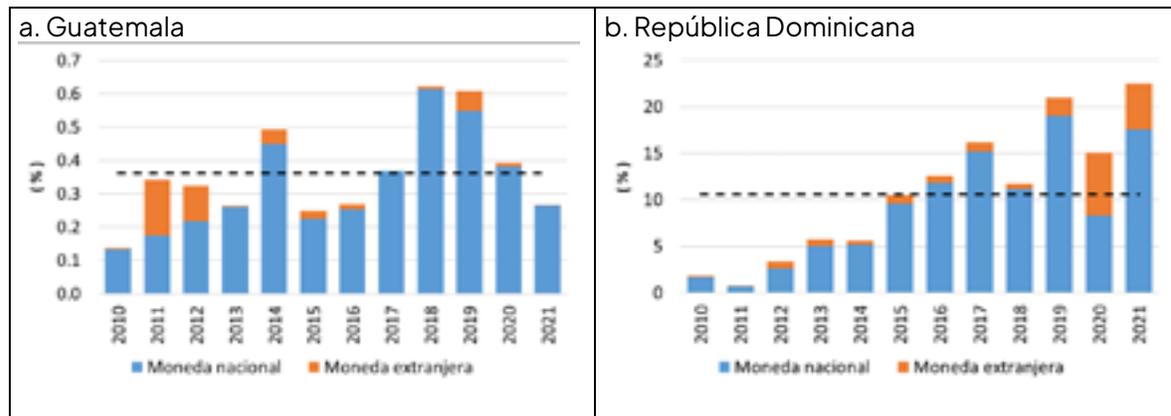
En poco más de una década, el nivel de actividad del mercado de compra-venta para los títulos del Gobierno de República Dominicana ha aumentado significativamente, pasando de un volumen transado como porcentaje del PIB de 1.8% en 2010 a un 22.5% en 2021 (10.6% durante el período, en promedio); por otro lado, las cifras equivalentes para Guatemala fueron de 0.14% en 2010 y 0.27% en 2021 (0.36% durante el período, en promedio). Con base en la información suministrada por Depósito Centralizado de Valores, S.A. (CEVALDOM), la Dirección General de Crédito Público de República Dominicana provee información muy bien sistematizada y detallada de los títulos emitidos localmente por el Ministerio de Hacienda²⁵ que son negociados en su mercado secundario. Esta base de datos incluye títulos denominados en moneda nacional y en moneda extranjera, así como el “monto sucio” y “monto limpio” de los valores transados, para lo cual nosotros tomamos en cuenta los “montos limpios” únicamente.²⁶ Con esos parámetros, construimos los valores equivalentes para Guatemala para hacer la comparación (gráfica 4.3).

Si bien el saldo de los títulos emitidos por el Banco Central de República Dominicana es casi de la misma proporción que el de los títulos de deuda del Gobierno, los datos de las operaciones en mercado secundario con títulos del banco central no son fácilmente accesibles, por lo que optamos en hacer la comparación con los títulos del gobierno únicamente.

²⁵ Disponible en el siguiente enlace: Mercado de Capitales | Dirección General de Crédito Público (creditopublico.gob.do).

²⁶ El “monto sucio” se refiere al monto transado incluyendo el valor de los días acumulados de intereses al momento de la liquidación de la transacción; mientras que el “monto limpio” se refiere al monto transado sin incluir el valor de los días acumulados de intereses al momento de la liquidación de la transacción.

Gráfica 4.3 Mercado de compra-venta. Volumen transado en el mercado como porcentaje del PIB, de títulos del Gobierno (no incluye de Banco Central), emitidos en el mercado local, clasificado por la denominación de la moneda del título (nacional o extranjera); 2010–2021

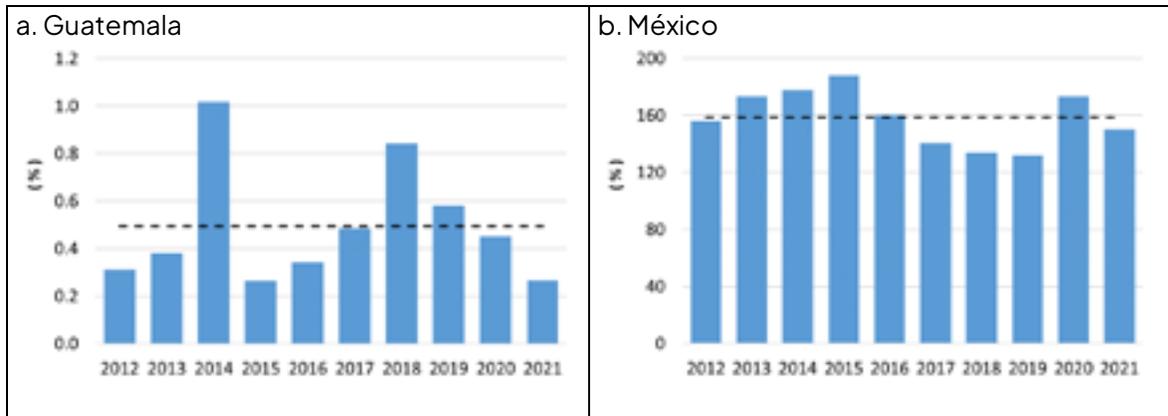


Fuente: BANGUAT, Dirección General de Crédito Público de República Dominicana (DGCP) con base en información generada por el Depósito Centralizado de Valores, S.A. (CEVALDOM) de República Dominicana.

Notas: La línea horizontal punteada se refiere al promedio simple. Para hacer la conversión de dólares a pesos dominicanos, se utilizó el tipo de cambio diario, promedio de compra y venta, de Entidades Financieras publicado por el Banco Central de República Dominicana.

Para el caso de México, el volumen transado de los títulos del Gobierno y el Banco Central en el mercado de compra-venta, como porcentaje del PIB, promedió 158.5% durante 2012–2021, mientras que para Guatemala este indicador promedió 0.5%. El Banco de México publica cifras diarias de los instrumentos del Gobierno y del Banco Central (de manera agregada) negociados en mercado de compra-venta, en moneda nacional; los títulos gubernamentales colocados en el mercado local y los del Banco Central son los mismos que los explicados en el apartado anterior del mercado de reportos. De manera equivalente, construimos las cifras para Guatemala para comparar el indicador (gráfica 4.4).

Gráfica 4.4 Mercado de compra-venta. Volumen transado en el mercado como porcentaje del PIB, de títulos del Gobierno y Banco Central, emitidos en mercado local, en moneda nacional; 2012-2021



Fuente: BANGUAT y Banco de México.

Notas: La línea horizontal punteada se refiere al promedio simple. No incluye títulos emitidos en moneda extranjera. Los títulos del Gobierno de México emitidos localmente se refieren a los Cetes, los Bonos (conocidos en el mercado como bonos M), los Bondes D y los Udibonos (recientemente fueron emitidos los Bondes F y Bondes G), mientras que los títulos del Banco de México son los Bonos de Regulación Monetaria (BREMS).

4.2.1. Indicadores de liquidez del mercado de compra-venta

En términos generales, la “liquidez” de un mercado financiero se refiere a la posibilidad de comprar o de vender un activo financiero inmediatamente, de manera tal que el monto transado, independientemente de su magnitud, no tiene un impacto significativo en el precio (Gravelle (1991); Martínez-Cruz (2021)). La literatura reconoce que el concepto de liquidez es multidimensional y que no existe consenso de cuál es el mejor indicador para medirlo.

Utilizando el concepto de “liquidez” de un mercado financiero y algunos indicadores para medir sus diferentes dimensiones, se hizo una comparación que permite apreciar la evolución de la brecha entre las condiciones del mercado de compra-venta nacional con el de otras economías. En este trabajo, seguimos el criterio de Sarr y Lybeck (2002) y de Martínez-Cruz (2021), quien lo aplicó para el caso de Colombia, en la construcción de indicadores de las características que tiende a exhibir la liquidez en un mercado. Sin embargo, para Guatemala fue posible construir únicamente tres indicadores para medir tres de las cinco dimensiones analizadas por Martínez-Cruz (2021), dado que el bajo nivel de desarrollo del mercado de compra-venta de Guatemala no genera los insumos necesarios para la construcción de algunos indicadores (ver cuadro 4.1.) A continuación, explicamos los resultados de los indicadores calculados.

Cuadro 4.1. Indicadores de las características de un mercado financiero líquido

Características de un mercado financiero líquido	Indicador	Insumos necesarios para el cálculo del indicador	Cálculo para títulos financieros públicos de Guatemala
i) La profundidad Se caracteriza por numerosas órdenes de transacción.	<ul style="list-style-type: none"> Tasa de rotación (<i>turnover ratio</i>) 	<ol style="list-style-type: none"> Volumen transado del título en un período determinado Saldo del título en circulación en un período determinado 	Sí es posible. Se dispone de información de volúmenes transados de Bonos del Tesoro y DP en mercado de compra-venta y del saldo de títulos de deuda pública
ii) La rigidez Se refiere a bajos costos transaccionales dentro de un mercado.	<ul style="list-style-type: none"> Frecuencia de negociación 	<ol style="list-style-type: none"> Número de sesiones en las que el título no se negoció dentro de los últimos 21 días hábiles 	Sí es posible. Se dispone de información de las sesiones diarias en las que hubo negociación
	<ul style="list-style-type: none"> <i>Bid-Ask Spread</i> (BAS) Spread de Roll 	<ol style="list-style-type: none"> Posturas de precios diarios de compra Posturas de precios diarios de venta 	No es posible. No existe un número grande de posturas de precio de compra ni de venta. La compra-venta se realiza por un acuerdo previo entre las partes que formalizan en la BVN, por lo que puede existir un precio solamente.
iii) La amplitud Implica que las órdenes de compra-venta son numerosas y de gran volumen, aunque su impacto sobre el precio es limitado.	<ul style="list-style-type: none"> Indicador de iliquidez de Amihud 	<ul style="list-style-type: none"> Retorno diario del activo en un día determinado Volumen transado del activo ese mismo día 	Sí es posible. La BVN y las instituciones bancarias y financieras en OTC reportan los montos diarios y su rendimiento correspondiente.
	<ul style="list-style-type: none"> Razón de liquidez de Hui y Heubel 	<ul style="list-style-type: none"> Precios más alto y más bajo registrados en el día t Volumen transado 	No es posible. No existe un número grande de precios de compra ni de venta. La compra-venta se realiza por un acuerdo previo entre las partes que formalizan en la BVN, por lo que puede existir un precio solamente.
iv) La inmediatez Velocidad a la que se puede ejecutar órdenes de compraventa, que refleja la eficiencia de negociar y liquidar las transacciones.	<ul style="list-style-type: none"> Rango de precios diario Desviación estándar diaria de precios Desviación estándar diaria de Corwin y Schultz 	<ul style="list-style-type: none"> Precio máximo observado cada día de un activo Precio mínimo observado cada día de un activo 	No es posible. No existe un número grande de precios de compra ni de venta. La compra-venta se realiza por un acuerdo previo entre las partes que formalizan en la BVN, por lo que puede existir un precio solamente.
v) La resiliencia Capacidad del mercado para retornar a sus precios de equilibrio (luego de que se disuelven choques temporales en los precios)	<ul style="list-style-type: none"> Coefficiente de Eficiencia de Mercado (MEC) 	<ul style="list-style-type: none"> Retornos de largo plazo (semanales, cada 5 días hábiles) Retornos de corto plazo (diarios) 	No es posible. Las ventanas entre un precio y otro no son consistentes y suelen ser mucho más extensas, ya que pasan largos períodos de tiempo sin que se registre una transacción.

Fuente: Construcción propia de los autores con base en Martínez-Cruz (2021).

Nota: Los recuadros marcados con celeste denotan los indicadores que fue posible construir para Guatemala.

Tasa de rotación (*turnover ratio*)

La tasa de rotación es uno de los indicadores que miden la profundidad de un mercado financiero, entendiendo la profundidad como la existencia de numerosas órdenes de transacción. Indica el porcentaje transado de un título durante un período de tiempo determinado, relativo al monto disponible de ese título para negociar (Martínez-Cruz (2021)). Una mayor tasa de rotación implica una mayor profundidad del mercado. La fórmula para la construcción del índice es la siguiente:

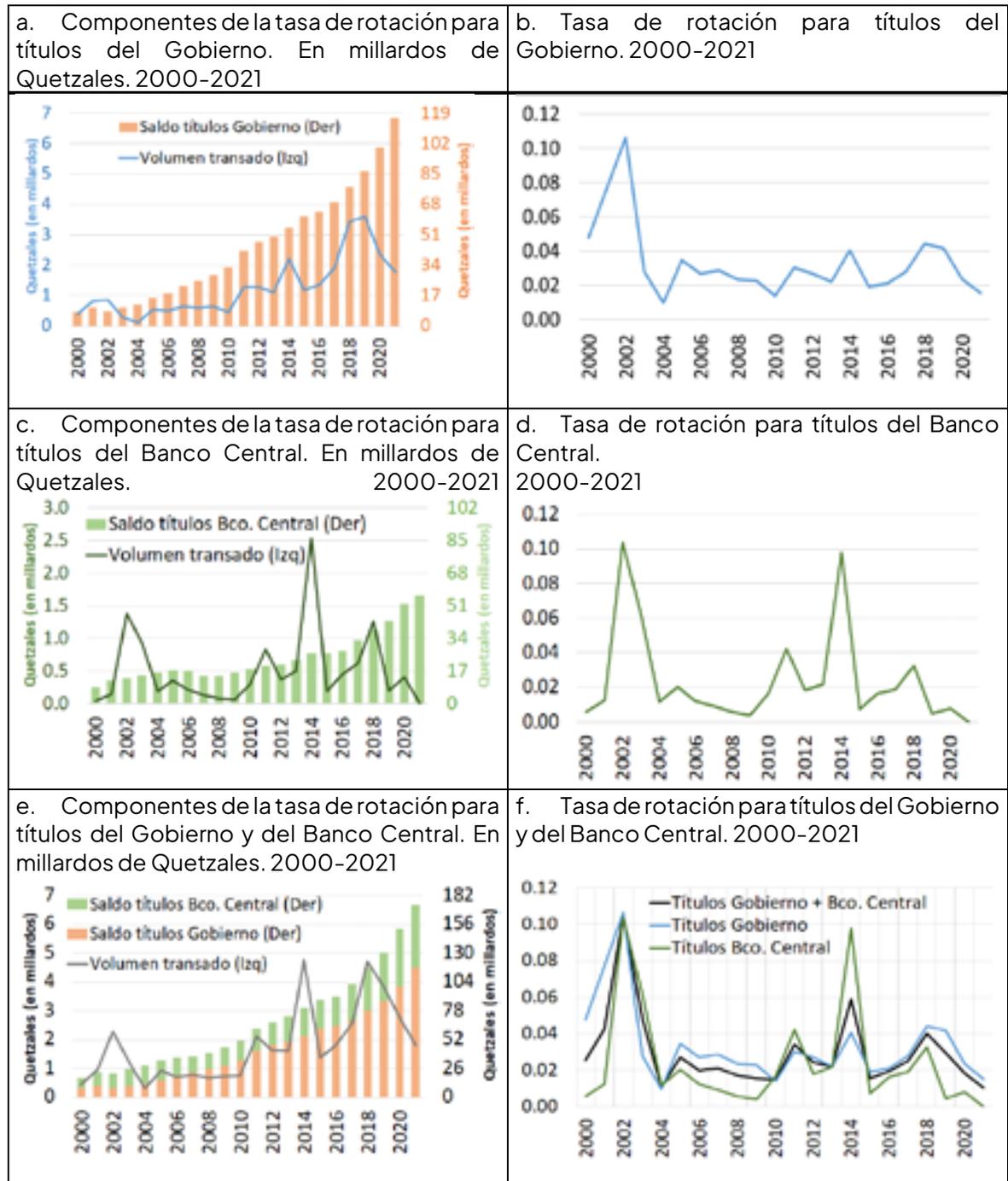
$$\text{Tasa de rotación} = \text{Volumen Transado en } t / \text{Saldo en circulación en } t$$

Siguiendo el ejemplo de la forma en que estudios hechos para otros países (Reino Unido, Canadá y Australia) calculan la tasa de rotación, calculamos dicho indicador para el mercado de compra-venta de Guatemala. Usamos como numerador los montos transados en el mercado secundario de compra-venta de instrumentos públicos (Bonos del Tesoro y DP) emitidos en el mercado local, denominados tanto en moneda nacional como en moneda extranjera, reportados por la BVN y el mercado extrabursátil. Como denominador, usamos el promedio anual (enero-diciembre) de las estadísticas mensuales del saldo de la deuda pública interna (Bonos del Tesoro, a valor facial) emitida por el Ministerio de Finanzas y del saldo de los instrumentos emitidos por el BANGUAT (DP, a valor facial).

Los resultados muestran que la profundidad del mercado de compra-venta de títulos del Gobierno ha sido muy similar a la del mercado de instrumentos del Banco Central, mostrando un comportamiento relativamente constante durante los últimos 21 años (gráfica 4.1.a, 4.1.b, 4.1.c y 4.1.d). Combinando ambos títulos, se calculó una tasa de rotación global, obteniendo un indicador relativamente constante para los instrumentos financieros del sector público en el mercado doméstico durante los últimos 21 años, no mayor que 0.04, excepto en 2002 y en 2014 cuando dicho indicador alcanzó un valor de 0.11 y 0.6, respectivamente (gráfica 4.1.e y 4.1.f).

Una de las ventajas de usar este indicador es la disponibilidad de la información. Reino Unido y Australia (y Canadá hasta 2018) calculan este indicador usando como numerador el volumen transado de títulos del Gobierno reportado por los “hacedores de mercado” (*market makers*); como denominador, Australia y Canadá computan el promedio anual del saldo mensual de dichos títulos de deuda a valor facial, mientras que Reino Unido utiliza el valor de mercado reportado por los “hacedores de mercado”. Para el caso de República Dominicana, la Dirección General de Crédito Público del Ministerio de Hacienda publica los insumos necesarios para calcular el indicador para los títulos del Gobierno. En el caso de México se agrupa en una misma serie la información del volumen de compra-venta de títulos del Gobierno y del Banco Central en mercado secundario; pero, para fines de la comparación, asumimos que la totalidad es del Gobierno, tomando en cuenta que el saldo de los títulos del Banco de México representa únicamente el 1% del total del saldo de la deuda.

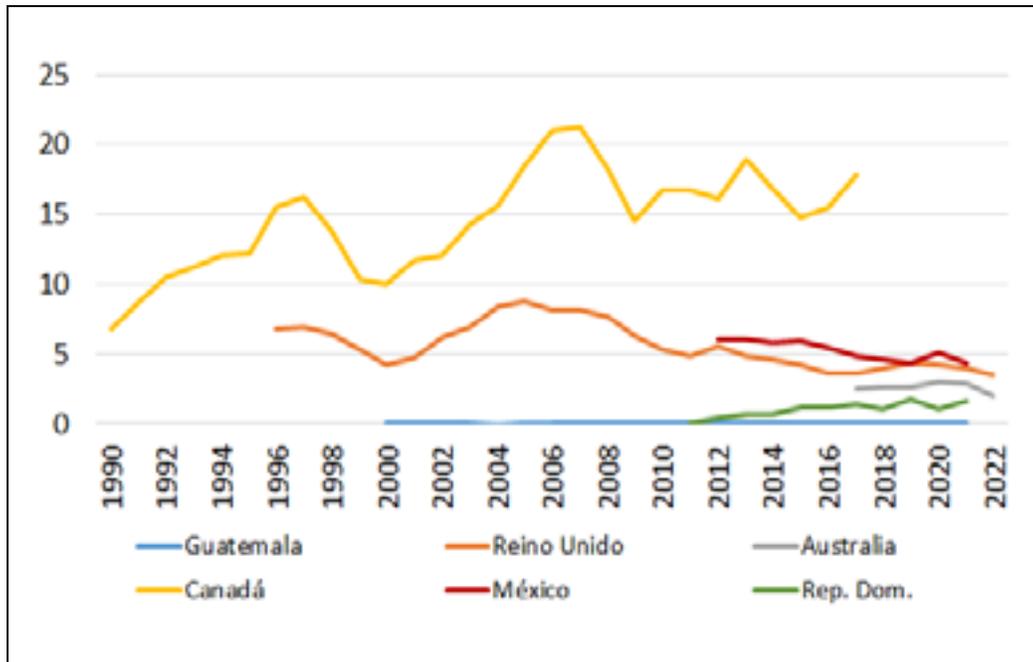
Chart 4.1 Mercado de compra-venta. Tasa de rotación para instrumentos públicos financieros de Guatemala



Fuente: BVN, BANGUAT y cálculos de los autores.

La magnitud de la brecha, que se ha mantenido por un largo período de tiempo, entre la profundidad del mercado financiero doméstico de títulos gubernamentales de Guatemala y la profundidad del mercado doméstico de otras economías es evidente. La escasa profundidad del mercado financiero de Guatemala ya ha sido señalada antes; sin embargo, lo que llama la atención es el tamaño de la brecha y que la misma ha permanecido casi inalterable (gráfica 4.2). La brecha con economías avanzadas no sorprende, pero es importante destacar la evidencia existente de los esfuerzos para ir cerrando esa brecha, como lo ha hecho República Dominicana, por ejemplo.

Gráfica 4.2 Mercado de compra-venta. Tasas de rotación de títulos del Gobierno para diferentes países; 1990 – 2022



Fuente: Cálculo de los autores con base en información de Bancos Centrales, Ministerios de Finanzas y bolsas de valores.

Frecuencia de negociación

Es uno de los indicadores que mide la rigidez de un mercado, entendiendo como “rigidez” los costos transaccionales de un mercado. Menores costos transaccionales facilitan la transacción de un activo, una mayor frecuencia de negociación y por ende un mercado más líquido. Inversamente, una menor frecuencia de negociación puede ser asociada con mayores costos transaccionales y una menor liquidez del mercado (Martínez-Cruz (2021)). La fórmula para la construcción del índice correspondiente es el siguiente:

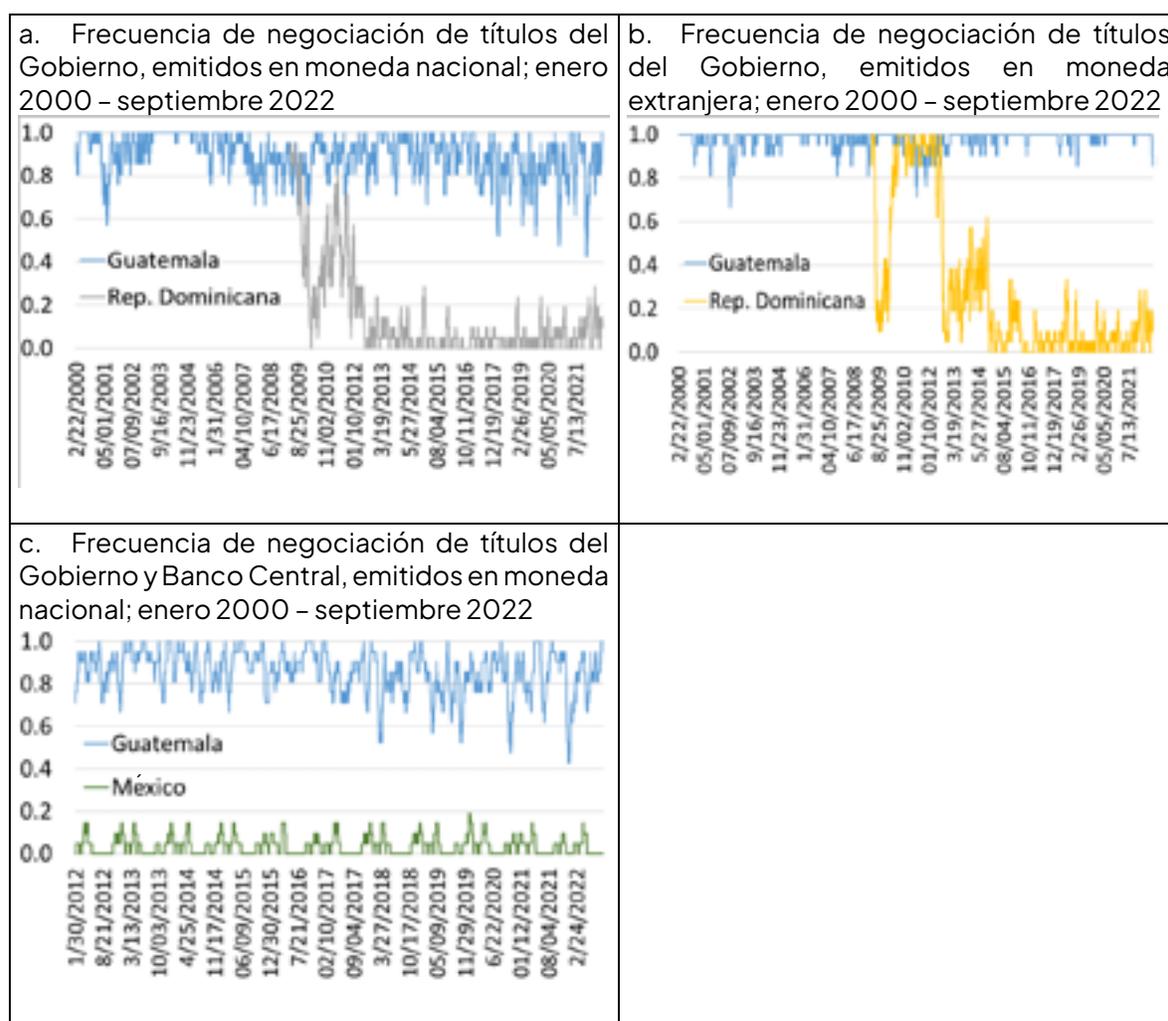
$$\text{Frecuencia de negociación} = (\text{Número de sesiones en las que el título no fue negociado en los últimos 21 días}) / (21 \text{ días})$$

El índice toma un valor de entre 0 y 1: cuanto más cercano a 1, el mercado es más rígido (y, por ende, menos líquido); y cuanto más cercano a 0, el mercado es menos rígido (más líquido).

La frecuencia de negociación de los instrumentos públicos de Guatemala indica que dichos instrumentos han tenido un mercado poco líquido, bastante volátil y sin una ruta clara hacia una mayor liquidez como la de otros países. Con la finalidad de hacer la mejor comparación posible con la información que está públicamente disponible, se calculó la frecuencia de negociación de títulos del Gobierno emitidos en moneda nacional y en moneda extranjera para compararla con la de República Dominicana (gráfica 4.3.a y 4.3.b.); también se calculó la frecuencia de negociación conjunta de títulos del Gobierno y del

Banco Central en moneda nacional para compararla con la de México (gráfica 4.3.c). En ambas comparaciones, se observa que los indicadores para los títulos de Guatemala son muy volátiles y están más cerca de 1 (mercado más rígido) que de 0 (mercado menos rígido). Contrariamente, República Dominicana, luego de mostrar una frecuencia de negociación bastante volátil y cercana a 1, ha logrado evolucionar hacia un nivel menos rígido. México, con una trayectoria más larga, muestra consistentemente un valor cercano a 0 (mercado menos rígido), con cierta estacionalidad ocasionada por los días festivos en los que el mercado financiero está cerrado.

Gráfica 4.3 Mercado de compra-venta. Frecuencia de negociación de títulos del Gobierno y del Banco Central para diferentes países



Fuente: Cálculos propios de los autores con base en información de Bancos Centrales y bolsas de valores.

Indicador de iliquidez de Amihud

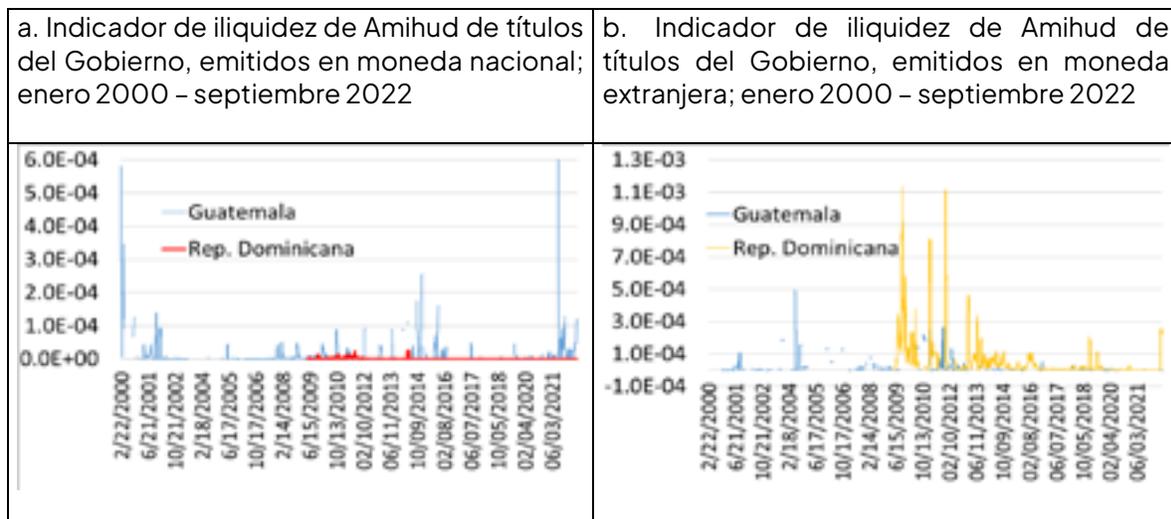
Es uno de los indicadores que mide la amplitud de un mercado, entendiendo la amplitud como la existencia de numerosas órdenes de compraventa y de gran volumen, con un impacto limitado sobre el precio. Este indicador combina la información de volúmenes y precios para identificar períodos de iliquidez del mercado, caracterizados por variaciones significativas de precios junto con volúmenes bajos de negociación (Martínez-Cruz (2021)). La fórmula para la construcción del indicador es la siguiente:

$$Iliq = \frac{1}{D} \sum_{i=1}^D \frac{|r_i|}{Vol_i}$$

Donde D es el número total de días hábiles dentro del intervalo móvil de tiempo (21), r_i es el retorno diario del activo en el día i y Vol_i es el volumen transado del activo ese mismo día. Un nivel mayor de este indicador significa una menor liquidez del instrumento financiero, ya que implica un menor monto transado con una alta volatilidad de su precio.

La comparación del indicador de iliquidez de Amihud sugiere que los títulos del Gobierno de Guatemala son menos líquidos que los de República Dominicana durante el período de 2000 a 2022. La razón por hacer la comparación con República Dominicana es que este país pone a disposición los montos transados y rendimientos diarios identificados para sus títulos gubernamentales, tanto en moneda nacional como en moneda extranjera, al igual que lo publica Guatemala. Con unas alzas relativamente más grandes y más frecuentes en el indicador, los títulos del Gobierno de Guatemala en moneda nacional son menos líquidos que sus contrapartes en la República Dominicana (gráfica 4.3.a). En cuanto los títulos del Gobierno en moneda extranjera, Guatemala ha tenido una liquidez relativamente mejor que los de República Dominicana de 2009 a 2014 aproximadamente; sin embargo, los títulos de República Dominicana han mejorado su nivel de liquidez respecto de los de Guatemala en años posteriores, con la característica adicional de que sus títulos han sido transados más consistentemente que los de Guatemala (visible como una línea más continua, en contraste con algunos puntos sin conectar en el caso de Guatemala, en la gráfica 4.3.b).

Gráfica 4.3 Mercado de compra-venta. Indicador de iliquidez de Amihud de títulos del Gobierno en moneda nacional y extranjera; 2000-2022

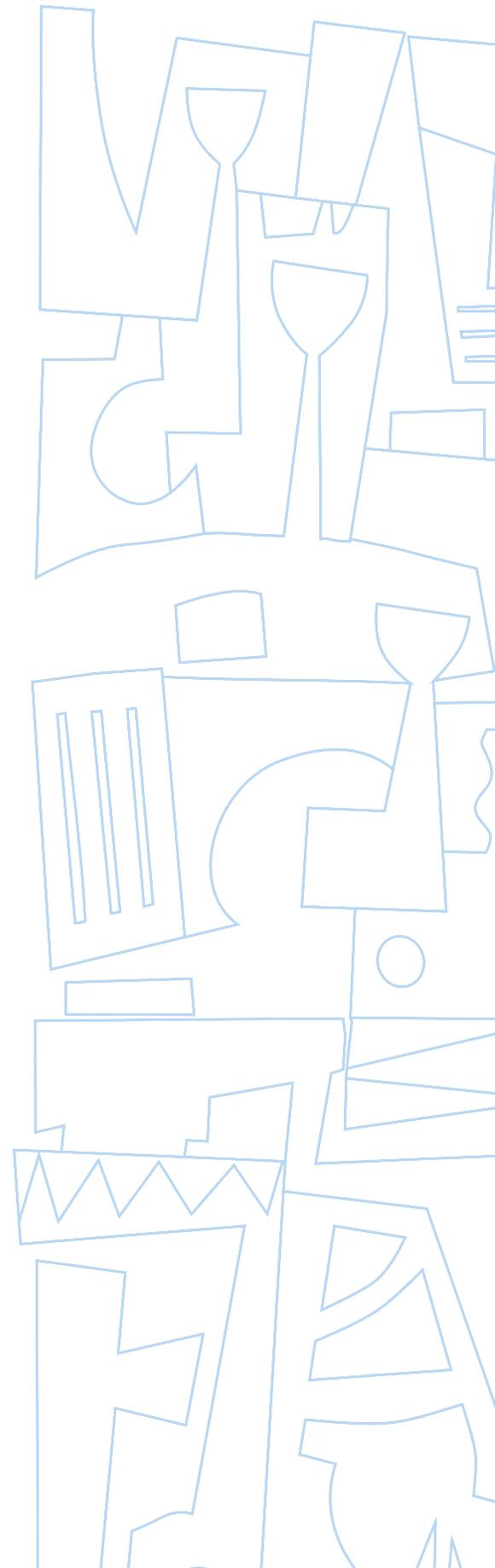


Fuente: Cálculos propios de los autores con base en información de Bancos Centrales y bolsas de valores.

5 | Consideraciones finales

El mercado secundario de instrumentos financieros públicos ofrece un marco bastante retador para el desempeño de la implementación de la política monetaria en Guatemala. Siendo un mercado bastante activo para los estándares de la región centroamericana, el mercado de reportos aún no muestra que las operaciones dominantes sean a 1 día plazo, siendo este el plazo de referencia para la implementación de la tasa de interés líder de política monetaria; adicionalmente, la canalización de recursos a través de operaciones de reporto se origina y permanece dentro del sistema bancario, financiero y offshore, por lo que la transmisión de tasas a otros sectores de la economía está limitada en gran medida a la gestión de liquidez de las entidades que pertenecen a este sistema. Por su parte, con montos y frecuencia de negociación bajos e irregulares, el mercado secundario de compra-venta definitiva de títulos públicos está en una etapa muy incipiente y ha permanecido en esa situación por más de 20 años; haciendo comparación con algunos países, este mercado ha mostrado ser poco líquido, en atención a sus dimensiones de profundidad, amplitud y rigidez.

Como resultado, el análisis de la transmisión de la tasa de política monetaria a las tasas del mercado secundario es bastante complejo, ya que la transmisión a tasas de plazos muy cortos es aparentemente relevante, pero tiende a desvanecerse inclusive más allá de los 2 meses; y, el número de observaciones de tasas a plazos largos es demasiado limitado, aunado a la dificultad de la identificación plena de títulos representativos y que sean transados con regularidad para dar seguimiento a sus rendimientos al vencimiento. La ejecución de la política monetaria definitivamente se facilitaría si el mercado secundario de instrumentos financieros públicos consolidase una senda de crecimiento y profundización, con un aumento sostenido en sus indicadores de liquidez.



6 | Referencias

- Abreu, G., Acosta, M., Álvarez, C., Cortina, J., Gallardo, M., García, J., Jiménez, L., Santaella, J., Tapia, C., Tegho, M. (2014), El Mercado de Valores Gubernamentales en México. Primera Edición, Banco de México.
- Anderson, Stacey and Lavoie, Stéphane (2004), The Evolution of Liquidity in the Market of Government of Canada Bonds, Technical Report, Bank of Canada.
- Árvai, Zsófia and Geoffrey Heenan (2008), A framework for Developing Secondary Markets for Government Securities, Technical Report, International Monetary Fund.
- Banco de Guatemala (2011). Estudio de la Economía Nacional 2011. Disponible en: http://www.banguat.gob.gt/sites/default/files/banguat/Publica/doctos/Estudio_de_la_economia_2011.pdf
- Bolsa de Valores Nacional (2003). Reglamento Interno de la Bolsa de Valores Nacional, S.A. disponible en http://www.bvnsa.com.gt/bvnsa/pdf/legal/Reglamento_Interno.pdf
- Clevy, J., Pedras, G., Pérez, E. (2021). Financing for the Post-Pandemic Recovery: Developing Domestic Sovereign Debt Markets in Central America, WP/21/283 Technical Report, International Monetary Fund.
- Gravelle, Toni (1999), Liquidity of the Government of Canada Securities Market: Stylised Facts and Some Market Microstructure Comparisons to the United States Treasury Market, Technical Report, Bank of Canada.
- International Monetary Fund and World Bank (2021), Guidance Note for Developing Government Local Currency Bond Markets, Technical Report.
- Martínez-Cruz, Diego Alejandro (2021), Indicador Combinado de Liquidez para la Deuda Pública Local Colombiana, Borradores de Economía 1167 del Banco de la República de Colombia.
- OECD, World Bank and IMF. (2008). Secondary Market Liquidity in Domestic Debt Markets, Key Policy Conclusions. Tenth Annual Global Bond Market Forum. Washington, D.C.
- Spiegel, Murray R. and Stephens, Larry J. (2018), *Shaum's Outline of Statistics*. 6th Edition. McGraw-Hill Education.

Junta Monetaria*

Alvaro González Ricci
Presidente

José Alfredo Blanco Valdés
Vicepresidente

Miembros titulares

Edwin Oswaldo Martínez Cameros
Ministro de Finanzas Públicas

Janio Moacyr Rosales Alegria
Ministro de Economía

Edgar René De León Moreno
Ministro de Agricultura, Ganadería y
Alimentación

Duay Antoni Martínez Salazar
Electo por el Congreso de la República

Sergio de la Torre Gimeno
Electo por las asociaciones empresariales
de comercio, industria y agricultura

Luis Rolando Lara Grojec
Electo por los presidentes de los consejos
de administración o juntas directivas de los
bancos privados nacionales

José Rolando Secaida Morales
Electo por el Consejo Superior de la
Universidad de San Carlos de Guatemala

Miembros suplentes

Carlos Roberto Arias Bouscayrol
Electo por las asociaciones empresariales
de comercio, industria y agricultura

Enrique Antonio José Rodríguez Mahr
Electo por los presidentes de los consejos
de administración o juntas directivas de los
bancos privados nacionales

* Al 30 de junio de 2023

Autoridades*

Alvaro González Ricci
Presidente

Oscar Roberto Monterroso Sazo
Gerente General

Herberth Solórzano Somoza
Gerente Administrativo

José Alfredo Blanco Valdés
Vicepresidente

Johny Rubelcy Gramajo Marroquín
Gerente Económico

Leonel Hipólito Moreno Mérida
Gerente Jurídico

Jorge Vinicio Cáceres Dávila
Gerente Financiero

Funcionarios Superiores*

Departamento de Análisis Macroeconómico y Pronósticos

David René Samayoa Gordillo
Director

Jorge Salvador Samayoa Mencos
Subdirector

Juan Antonio Ibañez Reyes
Subdirector

Departamento de Investigaciones Económicas

Juan Carlos Castañeda Fuentes
Director

Juan Carlos Catalán Herrera
Asesor III

Departamento de Estadísticas Macroeconómicas

Víctor Estuardo Flores Súchite
Director

Carlos Ricardo Figueroa Aguilar
Subdirector

Ismael Herlindo Matías Vargas
Asesor III

Departamento de Análisis de Estabilidad Financiera

Héctor Augusto Valle Samayoa
Director

Odalís Hernández Martínez
Subdirector

Departamento de Ejecución de Política Monetaria, Cambiaria y Crediticia

Marco Tulio López Quiñonez
Director

Ariel Wosbeli López Meléndez
Subdirector

Departamento Internacional

Victor Manuel Vásquez García
Director

Neri Alfredo Juracán Par
Subdirector

Departamento de Contabilidad y Sistema de Pagos

William Ariel Cano Hernández
Director

Edgar Iván León Ovalle
Subdirector

Jorge Guillermo Rodas Gomez
Subdirector

Departamento de Emisión Monetaria

Edvin Ariel Morales y Morales
Director

Claudia Waleska Raxón Díaz de Contreras
Subdirector

Departamento de Análisis de Riesgo de Reservas Monetarias Internacionales

Leslie Nalinle Sánchez Barrios de García
Director

Departamento de Tecnologías de Información

Mario Geovanni Cordova Gomar
Director

Luis Arturo González Pineda
Subdirector

Departamento de Servicios Administrativos

Mario Roberto León Ardon
Director

Manuel Lizandro Ramírez Barrios
Subdirector

Departamento de Seguridad

Walter Emilio Barrios Guevara
Director

Kilian René Rayo Saravia
Subdirector

Departamento de Comunicación y Relaciones Institucionales

Oscar Jorge Augusto Hernández Ramirez
Director

Ronald Vinicio Ruiz Alonzo
Subdirector

Departamento de Recursos Humanos

Gloria Edelmira Mayen Veliz de Velez
Director

Carlos Alberto Arriaga Barrios
Subdirector

Asesoría Jurídica

Giovanni Paolo Vitola Mejia
Asesor III

Beatriz Eugenia Ordóñez Porta de Leal
Asesor III

Julio René Martínez Guerra
Asesor II

Oficialía de Cumplimiento

Maynor Augusto Ambrosio Higueros
Oficial de Cumplimiento

Nelton Adolfo Navarro Aguilar
Oficial de Cumplimiento Suplente

Auditoría Interna

Juan Manuel Melendez Godínez
Auditor Interno

Walter Israú Córdova Citalán
Subauditor Interno

Planificación y Desarrollo Organizacional

Marco Tulio Juárez Chavarría
Asesor III

Secretaría de la Junta Monetaria

Romeo Augusto Archila Navarro
Secretario

José Fernando Monteros Portillo
Subsecretario

Varios

Eddy Roberto Carpio Sam
Asesor III

* Autoridades y Funcionarios Superiores en ejercicio de funciones al 30 de junio de 2023.

Nota: Los nombres y apellidos se incluyen textualmente de acuerdo con la lista proporcionada por Sección de Planificación y Relaciones Laborales del Departamento de Recursos Humanos del Banco de Guatemala.

Red de Bibliotecas del Banco de Guatemala*

Guatemala

Ciudad Guatemala

- 1) Biblioteca Central
7ª. avenida, 22-01, zona 1

Amatitlán

- 2) 5ª. calle y 4ª. avenida, esquina,
barrio La Cruz

San José Pinula

- 3) Traslada a: Parcela No. 115, aldea San Luis,
sector Letrán, Escuela Mixta No. 861

Alta Verapaz

Cobán

- 4) Calzada "Rabín Ajau", zona 11,
salida a Chisec
Instituto de la Juventud y el Deporte

Cobán

- 5) 1ª. calle, 5-24, zona 2

Baja Verapaz

Rabinal

- 6) 4a. avenida, 2-37, zona 3

Salamá

- 7) 5ª. avenida, 6-21, zona 1, nivel 2

Chimaltenango

San Martín Jilotepeque

- 8) Plaza Central, frente a municipalidad

Patzún

- 9) 3a. calle, 5-48, zona 1, edificio municipal

Chimaltenango

- 10) 2ª. avenida, 2-20, zona 3, nivel 2

Zaragoza

- 11) 7a. avenida Norte, No. 3

Chiquimula

Quezaltepeque

- 12) 3a. calle y 2ª. avenida,
zona 2

Ipala

- 13) 2a. calle, 3-18, zona 1
nivel 2, edificio municipal

Olopa

- 14) Edificio municipal, nivel 2, barrio El Centro

Concepción Las Minas

- 15) Segundo nivel, mercado municipal

El Progreso

Guastatoya

- 16) Avenida Principal, contiguo
al Banco G&T

El Júcaro

- 17) Edificio municipal, nivel 2

Escuintla

Escuintla

- 18) 3ª. avenida, 3-63, zona 1

Puerto San José

- 19) Avenida El Comercio

Santa Lucía Cotzumalguapa

- 20) 5a. calle, 3-39, zona 1,
edificio municipal

Huehuetenango**Huehuetenango**

- 21) 4ª. calle, 5-07, zona 1
(reapertura)

San Antonio Huista

- 22) Cantón Central

San Mateo Ixtatán

- 23) Cantón Yolwitz

Malacatancito

- 24) 1a. calle A, 4-17, zona 1
barrio El Centro

Izabal**Puerto Barrios**

- 25) 7ª. calle y 8ª. avenida, esquina, zona 1,
parque "José María Reyna Barrios"

Los Amates

- 26) Edificio municipal

Jalapa**Jalapa**

- 27) Calle "Tránsito Rojas"
5-46, zona 6, nivel 2

San Luis Jilotepeque

- 28) Edificio municipal,
barrio El Centro

Jutiapa**Asunción Mita**

- 29) Instituto Nacional de Educación
de Diversificado

El Progreso

- 30) Calle Principal y avenida Achuapa,
Casa de la Cultura

Jutiapa

- 31) 4ª. avenida y 7ª. calle, zona 1

Petén**Melchor de Mencos**

- 32) Escuela Municipal Bilingüe Intercultural
barrio El Arroyito

San Francisco

- 33) A la par del Puesto de Salud

San Luis

- 34) Edificio municipal

San Benito

- 35) Calzada "Virgilio Rodríguez Macal"
5ª. avenida, zona 1,
Escuela Oficial Urbana Mixta
"3 de abril"
(Traslado)

San Andrés

- 36) Edificio municipal

Quetzaltenango**El Palmar**

- 37) Edificio de la Cruz Roja

Coatepeque

- 38) Avenida Ferrocarril, barrio San Francisco,
zona 3

Quetzaltenango

- 39) 12 avenida, 5-12, zona 1

Quiché**Pachalum**

- 40) Edificio mercado Central, nivel 4

Santa Cruz del Quiché

- 41) 3ª. calle, 4-00, zona 5,
barrio La Sirena

Canillá

42) Edificio municipal

Santa María Nebaj43) Caserío Vikolá,
Aldea Río Azul
(Reapertura)**Retalhuleu****Champerico**44) Avenida del Ferrocarril,
a un costado del parque Central,
nivel 2**San Felipe**45) 3ª. avenida, 2-44, zona 1
Edificio municipal**Sacatepéquez****Antigua Guatemala** (cerrada temporalmente)46) Portal Las Panaderas
5ª. avenida Norte, No. 2, nivel 2**Sumpango**

47) 0 avenida, 1-18, zona 3

San Marcos**San Marcos**

48) 9ª. calle, 7-54, zona 1

Tecún Umán49) 1ª. avenida, entre 3ª. y 4ª. calles,
zona 1**Santa Rosa****Chiquimulilla**50) 1ª. calle B y 2ª. avenida,
zona 1, edificio municipal**Barberena**

51) Parque Central, 4a. calle y 4a. avenida, zona 1

Guazacapán

52) Edificio municipal, nivel 2

Sololá**Sololá**53) 7a. avenida, 8-72,
zona 2, nivel 2**Suchitepéquez****Mazatenango**

54) 7ª. calle, 3-18, zona 1

Totonicapán**Totonicapán**55) 7a. avenida y 5a. calle,
zona 1, nivel 2**Zacapa****Zacapa**56) 4a. calle, 14-32,
zona 1, nivel 2**Gualán**57) Barrio El Centro,
edificio municipal, nivel 2**Estanzuela**

58) 1a. calle, 2-00, zona 1

Río Hondo59) 6a. calle, 2-49, zona 1,
edificio municipal

* Al 30 de junio de 2023



¡Trabajando para los guatemaltecos!

