

NUEVA LITERATURA ECONÓMICA DOMINICANA

Nueva literatura económica dominicana

Premios del Concurso de Economía
Biblioteca «Juan Pablo Duarte» 2020

Colección del Banco Central de la República Dominicana
Vol. 285
Serie Nueva Literatura Económica No. 25

Concurso Anual de Economía Biblioteca «Juan Pablo Duarte»
(2020 : Banco Central)

Nueva literatura económica dominicana [texto] : premios del Concurso Anual de Economía Biblioteca «Juan Pablo Duarte» 2020. -- 1a. ed. -- Santo Domingo : Banco Central de la República Dominicana, 2021.

xx, 426 p. : ils. ; 23 cm. -- (Colección del Banco Central de la República Dominicana ; v. 285. Serie nueva literatura económica ; no. 25)

ISBN 978-9945-443-62-2 (serie). -- ISBN 978-9945-629-06-4 (v. 285)

1. Política monetaria – República Dominicana. 2. Mercado de trabajo – República Dominicana. 3. Inflación – República Dominicana. 4. Encaje legal – República Dominicana. 5. Economía del bienestar - República Dominicana. 6. Transparencia – República Dominicana. 7. Teoría económica. I. Título. II. Serie.

LC HC153.5.A1N8 2021

CDD 21. ed. 330.972 93

CEP/BCRD

©2021 Primera edición

Publicaciones del Banco Central de la República Dominicana

Comité de Publicaciones:

José Alcántara Almánzar, Presidente
Luis Martín Gómez Perera, Miembro
Luis José Bourget, Miembro
Miguel A. Pichardo García, Miembro
Miguel A. Frómata Vásquez, Miembro
Elvis Francis Soto, Secretario

Edición al cuidado de: José Alcántara Almánzar y Elvis Francis Soto

Coordinación del concurso: Elvis Francis Soto

Diagramación: Federico Antonio Pérez Quiñones

Diseño y arte de la cubierta: Irina Miolán

Colaboración: Hipólito Batista

Impresión:

Subdirección de Impresos y Publicaciones

Banco Central de la República Dominicana

Av. Dr. Pedro Henríquez Ureña esq. calle Leopoldo Navarro,
Santo Domingo de Guzmán, D. N., República Dominicana

Impreso en la República Dominicana

Printed in the Dominican Republic

Prohibida la reproducción parcial o total de esta obra,
sin la debida autorización.

Contenido

Presentación	xiii
Introducción	xvii

PRIMERA PARTE

Comunicados de política monetaria del Banco Central
como instrumentos complementarios de política:
un análisis semántico para el caso dominicano

Liliana Eugenia Cruz Quezada

Resumen	3
1. Introducción	5
2. Información de contenido	7
3. Revisión de la literatura	10
3.1. Función objetivo de los bancos centrales	10
3.2. Comunicados de política monetaria y expectativas ...	11
4. Metodología	13
4.1. Enfoque de lectura	14
4.2. Análisis de la Semántica Latente o (LSA)	21
5. Análisis empírico y resultados	26
6. Pruebas de robustez	35
6.1. Otros factores que impactan en las expectativas de inflación	36
7. Conclusiones	39
8. Bibliografía	41
9. Apéndice	43

SEGUNDA PARTE

Reglas de política monetaria y evaluación de bienestar
 en una economía pequeña y abierta con fricciones financieras:
 evidencia para República Dominicana
 desde un enfoque DSGE Neo Keynesiano

Manuel Alberto Pérez Pérez

Resumen	49
1. Introducción	51
2. Revisión de la literatura	55
3. Estructura del modelo	63
3.1. Restricción presupuestaria	64
3.2. Hogares	66
3.2.1. El problema intratemporal	67
3.2.2. El problema intertemporal	69
3.3. Sector externo	71
3.4. Firmas	73
3.5. Equilibrio	75
3.6. Reglas de política monetaria (RPM)	81
3.7. Especificación de choques estructurales	83
3.8. Evaluación de costo en bienestar de las reglas RPM	83
4. Estimación	85
4.1. Metodologías	85
4.2. Datos	86
4.3. Parámetros	88
5. Resultados	90
5.1. Análisis de bienestar agregado	91
5.1.1. Análisis de bienestar por choques individuales	93
5.1.2. Análisis de bienestar por ponderaciones en reglas binomiales	98
5.2. Análisis de impulso respuesta	100

5.2.1. Choque de política monetaria	100
5.2.2. Choque de productividad.....	101
5.2.3. Choque de preferencias	102
5.2.4. Choque de tasa de interés internacional	102
5.2.5. Choque de nivel de precios mundial	103
5.3. Análisis comparativo bayesiano de las reglas RPM.....	104
5.4. Análisis de fuentes de fluctuaciones	105
5.5. Descomposición de varianza del error de predicción	108
5.6. Diagnósticos de estimaciones.....	109
6. Conclusiones.....	109
7. Bibliografía.....	114
8. Apéndice	120

TERCERA PARTE

Caracterización del riesgo de tasa de interés
de la cartera de inversión de los bancos múltiples
y su importancia en el análisis de la estabilidad
financiera en la República Dominicana

Víctor José Reyes Hernández
Alerso Pimentel Domínguez

Resumen	165
1. Introducción	167
2. Revisión de la literatura	177
3. Metodologías.....	182
4. Datos	197
5. Resultados	198
6. Conclusiones.....	213
7. Bibliografía.....	216
8. Apéndice	219

CUARTA PARTE

Política monetaria óptima con múltiples instrumentos:
el caso de la República DominicanaFrancisco A. Ramírez de León
Ariadne M. Checo de los Santos

Resumen	255
1. Introducción	257
2. Contacto con la literatura	261
3. Descripción del modelo.....	263
3.1. Hogares	265
3.2. Productores del bien final	268
3.3. Productores de bienes domésticos.....	270
3.4. Productores de bienes de capital	275
3.5. Bancos comerciales	277
3.6. Banco Central	279
3.7. Gobierno.....	280
3.8. Resto del mundo	281
3.9. Agregación y equilibrio de mercados	281
4. Estimación	284
4.1. Parámetros calibrados	285
4.2. Parámetros estimados	285
5. Propiedades del modelo.....	288
5.1. Choque de productividad.....	288
5.2. Choque de política monetaria	289
5.3. Choque de tasa de interés externa.....	290
5.4. Descomposición histórica.....	291
6. Política monetaria óptima con múltiples instrumentos y choques.....	292
7. Conclusiones.....	304
8. Bibliografía.....	306
9. Apéndice	309

QUINTA PARTE

Incidencia de la automatización en el mercado
de trabajo de la República Dominicana

Sabeida Pérez Reyes
Eduardo R. Vásquez Nolasco

Resumen	325
1. Introducción	327
2. Revisión de la literatura	329
3. Caracterización del mercado laboral según la automatización de sus ocupaciones	334
4. Metodología	341
4.1. Modelo empírico	343
4.1.1. Reglas de asociación	343
4.1.2. Modelo logit	347
4.1.3. Clúster jerárquico	351
4.2. Datos	354
5. Resultados	355
5.1. Patrones de características en individuos que realizan tareas automatizables	355
5.2. Determinantes de realizar una tarea automatizable	359
5.3. Determinantes de realizar una tarea automatizable según macrorregión	364
5.4. Políticas públicas	367
6. Conclusión	372
7. Bibliografía	375
8. Apéndice	380
Ganadores del Concurso Anual de Economía 1986-2020	383
Jurados Concurso Anual de Economía	
Biblioteca «Juan Pablo Duarte»	401
Colección del Banco Central	
de la República Dominicana	407

Presentación*

En nombre de las autoridades del Banco Central de la República Dominicana y de quien les habla, en su condición de gobernador, me complace recibirles en este acogedor espacio de nuestra biblioteca, para la ceremonia de entrega de los Premios Anuales de Economía Biblioteca «Juan Pablo Duarte», correspondientes a la versión del año 2020, como parte de los actos conmemorativos del septuagésimo tercer aniversario de la institución.

Los Premios de Economía Biblioteca «Juan Pablo Duarte» cumplen 35 años de haber sido establecidos, marcando un verdadero récord de continuidad en un país donde los mejores esfuerzos se desvanecen muy pronto por falta de motivaciones e incentivos adecuados. Estos galardones fueron creados en 1986 para estimular la investigación en materia de economía dominicana, apoyando el trabajo intelectual y técnico de los economistas nacionales, tanto los que residen en el país como en el exterior, con un justo reconocimiento a su labor, siempre a cargo de un jurado de notables en el que han figurado, desde sus inicios, 53 de las mentes más preclaras de la ciencia económica de nuestro país.

A propósito de esta celebración de siete lustros de permanencia de los galardones, pienso que conviene hacer un recuento

* Palabras del licenciado Héctor Valdez Albizu, Gobernador del Banco Central de la República Dominicana, en el acto de entrega de premios del Concurso Anual de Economía Biblioteca «Juan Pablo Duarte», el martes 17 de noviembre de 2020.

somero de los premios de economía del Banco Central. Entre 1986 y 2008, se premiaban tres trabajos, y a partir de 2009, dada a la calidad de las investigaciones, fueron llevados a cinco. Hasta el presente, han sido otorgados 93 premios y 16 menciones de honor acerca de múltiples temas de economía dominicana, que han sido recogidos en 24 volúmenes de la serie Nueva literatura económica dominicana, título genérico que debemos a la sugerencia del recordado Padre José Luis Alemán, uno de los primeros jurados del certamen, y cuyo tomo correspondiente al año 2019 se pondrá en circulación en el curso de esta misma ceremonia. Como dato interesante, diré que, hasta ahora, 54 hombres y 29 mujeres economistas han resultado agraciados con los diversos premios, algunos de los cuales fueron ganadores en más de una ocasión.

Queremos reconocer de manera especial esta noche el extraordinario trabajo de evaluación de los ensayos sometidos al concurso, por un jurado de primera en el que figuran:

- Opinio Álvarez Betancourt, ex vicegobernador del Banco Central y consultor privado.
- Porfirio García, ex rector magnífico de la Universidad Autónoma de Santo Domingo.
- Yamileh García de Kuhnert, directora del Departamento de Tesorería del Banco Central.
- José Luis De Ramón, consultor independiente.
- Ramón González, subgerente de Cuentas Nacionales y Estadísticas Económicas del Banco Central.
- Rolando Guzmán, rector del Instituto Tecnológico de Santo Domingo (INTEC).
- Indhira Santos, funcionaria del Banco Mundial.
- Harold Vásquez Ruiz, consultor económico del Departamento Internacional del Banco Central; y
- Huáscar Jiménez Pichardo, consultor económico del Departamento Internacional del Banco Central, quien este año se estrena como jurado.

A todos ellos les damos las más sentidas gracias por su valiosa colaboración en beneficio de la ciencia económica de nuestro país y apoyo al Banco Central. Gracias también a la señora vicegobernadora, Clarissa de la Rocha de Torres, presidenta del Comité de Biblioteca que coordina todo lo relativo al concurso de economía del banco. Aprovechamos la oportunidad para felicitar de todo corazón a quienes han resultado ganadores en esta ocasión y cuyos nombres conoceremos dentro de unos instantes, y agradecer, por último, la presencia de autoridades, funcionarios y participantes en el certamen, en esta ceremonia que nos llena de orgullo y satisfacción.

Buenas noches.

Introducción*

Ciertamente la pandemia ha tenido impacto económico, social y humano importante. Solo en nuestro país, se han registrado poco más de 2 mil muertes. Hace unos días, dentro de la comunidad de economistas, perdimos al colega Lucas Vincent, a quien me gustaría dedicar estas palabras por su labor en promover la investigación económica dominicana, labor que últimamente realizó mientras dirigió el Fondo para la Investigación Económica y Social del Ministerio de Economía.

Este año, el Concurso Anual de Economía celebra su 35 Aniversario. Bajo cualquier estándar, podemos decir que 35 años es una edad de madurez, por lo que creo importante destacar algunos logros alcanzados y retos importantes que nos depara el futuro.

El Concurso Anual de Economía inicia en 1986 y durante su primera década fue declarado desierto en unas seis ocasiones, lo que en parte creo se debió al intento de alinear los participantes con el producto y nivel de investigación deseado. A lo largo de estos 35 años, han sido premiados un total de 114 trabajos de investigación y otorgado 155 reconocimientos a sus autores, de los cuales un 68% han sido hombres y 32%

* Palabras de Harold A. Vásquez en el acto de premiación a los ganadores del Concurso de Economía Biblioteca «Juan Pablo Duarte», celebrado en el Banco Central de la República Dominicana, el martes 17 de noviembre de 2020.

mujeres. Estos porcentajes han variado de forma importante en el tiempo pues, durante los primeros años de inicio del concurso, entre 1986 y 2000, casi el 80% de los autores premiados fueron hombres. Esto no quiere decir que desde sus inicios el Concurso de Economía no haya tenido un interés activo de las investigadoras, ya que la primera mujer reconocida con el primer lugar fue en Certamen de 1998 y, al año siguiente, hubo una entusiasta investigadora que recibió dos premios en el Certamen de 1999.

Así, en estos 35 años, las principales temáticas galardonadas del *Concurso* han girado en torno a los temas de Política Monetaria (con 23% del total de los trabajos); temas de Políticas Sociales, relacionados a la pobreza, la desigualdad y las políticas de redistribución de ingresos (15%); temas de Economía Financiera y Bancaria (12%); y los temas relacionados al Mercado Cambiario (con 11%). Este año en particular, vimos una alta participación de trabajos relacionados al mercado laboral, ya que los investigadores están aprovechando la publicación de la base de datos de la Encuesta Nacional Continua de Fuerza de Trabajo. Y, cada vez más, estamos viendo el uso de grandes fuentes de información (o Big Data) en el análisis empírico.

Es bueno destacar que no todo el trabajo de nuestros investigadores ha sido enfocado en temas puramente (o tradicionalmente) económicos —ya que hemos visto la premiación de trabajos relacionados al *impacto económico de la diabetes mellitus*, o *el impacto del registro tardío de nacimientos de los dominicanos*, por citar unos casos—. De igual forma, siguiendo el avance en la aplicación de los temas económicos, podríamos esperar que nuestros investigadores pongan el foco en el análisis macro-prudencial, de medios de pagos electrónicos, de ciberseguridad, de economía ambiental y hasta economía conductual, solo por referir algunos tópicos de vanguardia. Como definió en una ocasión en este podio uno de nuestros miembros del jurado, el Dr. Rolando Guzmán, «economía es todo lo que hacen los economistas».

Ciertamente, creo que en los próximos años necesitaremos de todo el ingenio y creatividad de los investigadores dominicanos para responder a otras inquietudes de vital importancia que, sin proponérselo, se nos han añadido a la lista, como los efectos que esta pandemia, las medidas de cierre, y los cambios en nuestros patrones de conducta —debido a un mayor uso de la virtualización— podrían tener en el mercado laboral, la productividad, la educación, y hasta en la salud física y psicológica de las personas. Si de algo podemos estar seguro, es que esta no será nuestra última pandemia, ya que las mismas siempre serán el resultado no deseado de un mundo cada más integrado.

En este tiempo de gran dificultad, debemos poner todas nuestras mentes, corazones y talentos tanto en comprender las problemáticas que enfrentamos, como en participar en solucionar las dificultades que enfrentan nuestros prójimos, ya sea desde nuestro rol profesional, o como simples ciudadanos. Así, como dejó plasmado el filósofo Adam Smith, padre de la economía clásica, en su obra *Teoría de los Sentimientos Morales*, en 1759:

«Y de ahí que sentir mucho por los demás y poco por nosotros mismos, refrenar nuestro egoísmo y complacer nuestros afectos benévolentes, constituye la perfección de la naturaleza humana».

Finalmente, en nombre de los miembros del *Jurado del Concurso* quiero agradecer a las autoridades del Banco Central, representadas por el Sr. Gobernador, a todo el equipo que dirige el Sr. Alcántara en la Biblioteca «Juan Pablo Duarte», a los participantes y a todos los presentes por acompañarnos en este magno evento de celebración de la investigación económica dominicana.

¡Muchas gracias!

PRIMERA PARTE

Comunicados de política monetaria del Banco Central
como instrumentos complementarios de política:
un análisis semántico para el caso dominicano

Liliana Eugenia Cruz Quezada



Liliana Eugenia Cruz Quezada

Nació en octubre de 1995. Graduada de Economía en la Pontificia Universidad Católica Madre y Maestra de 2013-2017. En 2017 realizó una especialidad en Matemática Aplicada y en 2019 una Maestría en Políticas Macroeconómicas y Mercados Financieros. En el ámbito profesional se ha especializado en macroeconomía, especialmente en temas relacionados con Política Monetaria y Fiscal, y en herramientas de pronóstico.

Resumen

La relevancia de la política monetaria no convencional escaló a nivel internacional, luego de que las tasas de política monetaria alcanzaran niveles de cero a razón de la más reciente crisis financiera. Hay evidencias que sugieren que los comunicados emitidos por los bancos centrales anunciando su decisión de política monetaria, se han convertido en una herramienta clave para guiar las expectativas de los mercados. Este trabajo supone la primera contribución a la literatura que explora los efectos de los comunicados de política monetaria de República Dominicana, y sienta un marco replicable para evaluar este tipo de impactos en otras economías emergentes. Primero, se estima el grado de coherencia que existe entre los comunicados del Banco Central dominicano y sus acciones de política. En segundo lugar, se emplea una técnica de *machine learning* de Análisis de Semántica Latente (LSA, por sus siglas en inglés) para descomponer por valores singulares cada comunicado en sus temas característicos, y, posteriormente, evaluar con un SVAR si las autoridades dominicanas han logrado mover las expectativas de los agentes a través de los comunicados de política monetaria. Los resultados sugieren que los comunicados de política monetaria de República Dominicana sí influyen en los cambios de expectativas de inflación de los agentes dominicanos.

Clasificación JEL: C32, E4, E52, E58

Palabras clave: política monetaria, transparencia, expectativas de inflación, análisis semántico latente, comunicados de política monetaria.

1. Introducción

Desde enero 2012, el Banco Central de la República Dominicana formalizó su intención de adoptar un esquema de metas de inflación para manejar la política monetaria, junto a otras medidas que buscaban mantener ancladas las expectativas de inflación. Para reforzar su credibilidad, la transparencia se convirtió en la principal aliada de las autoridades de política monetaria en su tarea de evitar desviaciones importaciones de las expectativas del mercado del objetivo del Banco Central.

Un alto grado de transparencia y reportes convincentes y de calidad han sido catalogados como esenciales para establecer y mantener la credibilidad de un banco central. Además, un alto nivel de credibilidad le otorga al banco central más libertad para ser «flexible» y también para estabilizar la economía real (Svenson, 2010).

Asimismo, si la política monetaria no es solo creíble, pero también es bien entendida por los mercados, su efectividad incrementa. «Cuando los mercados financieros entienden y anticipan las acciones del banco central, el primer paso del mecanismo de transmisión entre acciones de política, e inflación y actividad económica funciona sin problemas» (Freedman & Laxton, 2009).

Después de la crisis financiera de 2008, la relevancia de la política monetaria no convencional escaló a nivel internacional. Como resultado, el rol de los comunicados ganó importancia y estos se convirtieron en una herramienta complementaria de política monetaria (ver Borio & Zabai, 2016).

Hay evidencias que sugieren que los comunicados emitidos por los bancos centrales anunciando su decisión de política monetaria, se han convertido en una herramienta clave para guiar, de manera exitosa, las expectativas de los mercados a través de contenidos de *forward guidance* y tonos que revelan las

intenciones de mediano y largo plazo de las autoridades. Específicamente, Smith y Becker (2015) afirman que el *forward guidance*, como ha sido practicado por el Comité Federal de Mercado Abierto (FOMC, por sus siglas en inglés) desde 2008, ha tenido efectos en la economía real similares a los cambios en la tasa de fondos federales.

Existe un vacío en la literatura dominicana sobre política monetaria no convencional.¹ A la luz de esto, y por la creciente popularidad internacional de la política monetaria no convencional, este trabajo pretende investigar si los comunicados de política monetaria (vistos como vehículos de información entre el Banco Central y los mercados) son efectivos en la tarea de conducir las expectativas de inflación de los agentes. Es decir, se busca examinar si los comunicados de política monetaria son usados como herramientas complementarias a la decisión de tasa de política monetaria (TPM).

Este estudio propone un mecanismo para evaluar los efectos de los comunicados en economías de mercados emergentes, donde la identificación de efectos basados en data de alta frecuencia no es siempre una alternativa, por su rara disponibilidad.

Para servir este propósito, primero se evalúa el grado de coherencia entre los comunicados del Banco Central de República Dominicana y sus acciones de política monetaria, como paso de motivación, a través de la construcción de reglas de Taylor cualitativas —compuestas de variables *dummy* que contienen el tono usado en cada comunicado para describir variables macroeconómicas clave— formadas a partir de un enfoque de lectura exhaustiva. En segundo lugar, se utiliza la técnica de

1 Definidas por BIS (2019) como política monetaria no tradicional implementadas a través de otros mecanismos que no son las tasas de interés. Específicamente el organismo identifica cuatro herramientas principales: tasas de interés negativas, nuevas operaciones de préstamos de los bancos centrales, programas de compra de activos y forward guidance a través de las declaraciones de los bancos centrales.

machine learning de Análisis de la Semántica Latente (LSA, por sus siglas en inglés) para extraer el cambio mensual en el significado semántico de cada comunicado publicado por el Banco Central de República Dominicana desde enero 2013 hasta marzo 2019. Finalmente, con el resultado del LSA, se evalúa si los comunicados tienen efectos en las expectativas de inflación con un VAR estructural (SVAR, por sus siglas en inglés).

Este trabajo es el primer estudio conducido para República Dominicana sobre comunicados de política monetaria, sus tonos, coherencia y su interacción con las expectativas de inflación. Este tipo de análisis es de alta relevancia para el manejo de la política monetaria, especialmente en tiempos en que las condiciones económicas futuras se avistan inestables. La pandemia desatada por el COVID-19 ha vuelto imprescindible para la estabilidad macroeconómica, la capacidad de los bancos centrales de suscitar confianza en los mercados. En este contexto, evaluar la efectividad de este reto es ineludible.

El presente documento está estructurado de la forma siguiente. La sección 2 resume el contexto de la política monetaria (PM) dominicana. La sección 3 presenta una revisión de la literatura natural sobre coherencia entre comunicados y acciones de políticas; y sobre análisis semánticos de los comunicados. La sección 4 la metodología implementada en las dos partes del trabajo. La sección 5 discute los resultados y la sección 6 introduce validaciones con pruebas de robustez de los resultados.

2. Información de contenido

La República Dominicana adoptó oficialmente el esquema de metas de inflación (EMI) a principios de 2012, pero no fue hasta el último trimestre que se implementó de manera

efectiva. Al mismo tiempo que ha garantizado la estabilización de los precios, el Banco Central de la República Dominicana ha seguido de cerca otras variables macroeconómicas locales y externas relevantes para la economía.

El Gráfico 1 presenta la evolución de los cambios en la tasa de política monetaria, la inflación subyacente y sus límites central, inferior y superior en la historia del marco de metas de inflación. El gráfico sugiere movimientos conjuntos entre la tasa de política monetaria (TPM) y la tasa de inflación. Camacho y Checo (2018) demostraron que, bajo el esquema de metas de inflación, la política monetaria ha tenido una alta respuesta a los cambios en la tasa de inflación; específicamente, argumentaron que *ante un aumento de 100 puntos básicos en la brecha de inflación, la tasa de interés se ajusta en 132 puntos básicos*.



Fuente: Elaboración propia con datos del Banco Central de la República Dominicana.

Se ha demostrado que la política monetaria, vista como movimientos en la tasa de interés, tiene un efecto importante en la economía dominicana. En uno de los estudios más reciente en este campo, se concluyó que la política monetaria explica aproximadamente el 10.8% de las variaciones en la actividad económica y el 23.2% de la inflación (Pérez, 2019). Sin embargo, la literatura de política monetaria no convencional no ha sido explorada en la República Dominicana.

Las decisiones de política monetaria se toman al final de cada mes por el Comité de Operaciones de Mercado Abierto (COMA²) e inmediatamente se publica el comunicado³ de política. Los datos oficiales de inflación se publican mensualmente quince días después de concluido el mes y después de esta publicación, la Encuesta de Expectativas Macroeconómicas es recolectada. Los datos de crédito diarios por sector y las proyecciones de la actividad económica también están disponibles para el Comité en el momento de la reunión mensual de política monetaria. Este orden de publicación será clave para el marco metodológico del presente trabajo.

2 Comité creado por la Junta Monetaria, para que, bajo los lineamientos y directrices aprobados por dicho Organismo, lleve a la práctica aspectos específicos relativos a la implementación de las operaciones de mercado abierto del Banco Central y de la aplicación de la política monetaria (resolución del 2017 dictada por la Junta Monetaria).

3 El comunicado de política monetaria de noviembre 2013 no está disponible, en sustitución de este se encuentra publicado el documento de octubre 2013 y así fue procesado por el presente estudio.

3. Revisión de la literatura

3.1. Función objetivo de los bancos centrales

Numerosos estudios se han realizado para encontrar el objetivo subyacente a las decisiones de política monetaria, con la finalidad de construir instrumentos exitosos que anticipen estas decisiones. Específicamente, definir la función objetivo del banco central ha sido la motivación principal de varias investigaciones empíricas en el campo de la macroeconomía. Muchas reglas de política han sido propuestas, influenciadas por Taylor (1993) con su famosa regla de Taylor.

En una de las más recientes contribuciones a este debate, Shapiro y Wilson (2019) proponen una alternativa a la regla de Taylor para inferir la función objetivo de las autoridades monetarias. Ellos construyen una función objetivo de la Reserva Federal de Estados Unidos para revelar sus preferencias, lo que les permite evitar dos inconvenientes relacionados con la regla de Taylor.

Se ha demostrado que los principales objetivos del Banco Central de la República Dominicana son, principalmente la inflación y, en segundo lugar, la actividad económica (Camilo, 2018). Adhiriéndose a los objetivos declarados por las autoridades monetarias dominicanas, este trabajo se basará en una regla de Taylor cualitativa para establecer la coherencia entre los comunicados y las acciones del banco central. Arango, Pantoja, y Velásquez (2017) priorizan esta metodología debido al propósito que ellos persiguen: evaluar la relación entre las medidas tomadas y la información de los comunicados de prensa emitidos por el Banco de la República.

Shapiro y Wilson (2019) utilizan los pronósticos del *Greenbook*⁴ para medir en tiempo real las percepciones de los valores actuales y futuros de las variables de interés. Como para República Dominicana, (y prácticamente el resto de los países del mundo) no hay ningún pronóstico exógeno y en tiempo real de la inflación y la actividad económica utilizado por el COMA en sus reuniones, esta investigación se atiene a la regla de Taylor como la segunda mejor opción siguiendo a Arango, Pantoja, y Velásquez (2017).

3.2. Comunicados de política monetaria y expectativas

Se han desarrollado varios enfoques para explorar los efectos de los comunicados de política monetaria sobre las expectativas del mercado. Algunos de los trabajos empíricos en este campo se centran, específicamente, en la guía futura de política monetaria (conocida como *forward guidance*) contenida en los comunicados de los bancos centrales. Parece haber un consenso sobre el impacto significativo de los documentos publicados por las autoridades monetarias en las expectativas del mercado.

Blot y Hubert (2018) resumen varios estudios sobre este tema y destacan la importancia de la comunicación en la banca central moderna. Ellos afirman que «el anuncio de una flexibilización cuantitativa del Banco Central Europeo y la implementación de una estrategia de *forward guidance* ciertamente han sido fundamentales para estabilizar la economía de la zona del euro».

Smith y Becker (2015) utilizan un VAR para analizar si la *forward guidance* ha tenido un efecto sobre las expectativas del

4 El *Greenbook* de la Junta de Gobernadores de la Reserva Federal es un libro que contiene las proyecciones de varios indicadores económicos de los Estados Unidos producido por la Reserva Federal antes de cada reunión de política monetaria.

mercado. Para hacerlo identifican un choque de *forward guidance* como el cambio exógeno en la trayectoria futura esperada de las tasas de interés que no afecta al empleo y la inflación de forma contemporánea. De esta forma, encuentran evidencia de que la *forward guidance* tiene efectos cualitativos similares a cambios inesperados de la tasa de fondos federales.

Borio y Zabai (2016) resumen los principales hallazgos de varios estudios empíricos sobre el impacto del *forward guidance* sobre las expectativas del mercado y la curva de rendimientos en Estados Unidos, Reino Unido y Japón. Las investigaciones referidas se llevaron a cabo entre 2012 y 2015. En particular, se reportaron 10 estudios con diferentes metodologías señalando evidencias de efectos significativos de *forward guidance* sobre las expectativas de mercado, a excepción de Filardo y Hofmann (2014), quienes encontraron efectos pequeños de los anuncios sobre las tasas futuras en Japón (Borio & Zabai, 2016).

Otros estudios han aplicado una técnica avanzada de aprendizaje automático (*machine learning*) conocida como Análisis de la Semántica Latente (popularizado en inglés como *Latent Semantic Analysis* o *LSA*) para analizar la relación entre los temas expresados en las comunicaciones del banco central y las expectativas del mercado. En particular, Boukus y Rosenberg (2005) encontraron que las expectativas del mercado contenida en los rendimientos de la curva de rendimiento de bonos a mediano y largo plazo están impulsadas por la información específica transmitida en las actas de la FED.

Implementando la misma técnica, Hendry y Madeley (2010) concluyeron que la información contenida en las comunicaciones del Banco de Canadá puede mover significativamente los retornos y la volatilidad del mercado. Además, Takeda y Keida (2017) concluyeron que esta metodología es útil para analizar documentos sobre política monetaria y

podieron identificar cambios en las estrategias de comunicación del Banco Central de Japón.

Finalmente, también aplicando LSA, Arango, Pantoja y Velázquez (2017), llegaron a la conclusión de que «el banco central de Colombia utiliza las comunicaciones como una herramienta de política monetaria y que esta estrategia influye en las expectativas de inflación del mercado». Este trabajo implementa tanto la metodología del enfoque de lectura exhaustiva como el SVAR que se utilizaron en esta investigación, con algunas modificaciones que permiten dar más robustez a los resultados.

4. Metodología

Para estudiar los comunicados como herramienta complementaria de política monetaria, que logra incidir en las expectativas de inflación efectivamente, se divide la metodología en dos grandes enfoques. El primer enfoque, basado en un análisis de lectura exhaustiva, evalúa la coherencia entre las acciones de política monetaria y los comunicados emitidos por el Banco Central (BC) a través de reglas de Taylor cualitativas. El segundo enfoque, construye un SVAR con diferentes temas, obtenidos de los comunicados con la técnica de Análisis de la Semántica Latente. Con el primero, se espera encontrar un vínculo entre las acciones y las declaraciones del BC que motive el próximo enfoque. El objetivo de la segunda parte es identificar cómo diferentes choques de comunicados de PM influyen en las expectativas de inflación de los mercados; es decir, evaluar cómo los flujos de comunicación contenidos en los comunicados sirven el propósito de transmitir las declaraciones del Banco Central al público y a los mercados.

4.1. Enfoque de lectura

En esta sección, se implementa un enfoque de lectura exhaustiva, para, posteriormente, construir reglas de Taylor cualitativas. Para esto, se procedió a leer cada comunicado de política monetaria desde enero 2013 a abril 2020. Este periodo se escogió para lograr un análisis homogéneo basado en la historia de esquema de metas de inflación.

De acuerdo con los principales tópicos abordados por cada comunicado, las siguientes palabras fueron seleccionadas como clave para las decisiones dominicanas de PM: inflación; crecimiento; panorama económico de Estados Unidos, de la Zona Euro y de América Latina; petróleo y tasa de cambio. Luego, se asignó un valor de 0, 1 y -1 a cada variable dependiendo del tono (neutral, hacia arriba y hacia abajo) empleado para describirla en cada documento.

Por ejemplo, el comunicado de agosto 2016 afirma que:

en el ámbito doméstico, la economía dominicana mostró un fuerte dinamismo al crecer 7.4% en enero-junio, impulsado por la expansión del PIB real de 8.7% durante el segundo trimestre del año. De este modo, la proyección de crecimiento apunta a una tasa en torno a 7.0%, muy por encima de lo estimado en el Marco Macroeconómico para 2016.

En ese mes, se le asignó un valor de 1 a la variable «crecimiento».

De manera general, frases como «por encima de su crecimiento potencial», «mayor que lo esperado», «por encima del rango superior de la meta de inflación» fueron interpretadas como tono hacia arriba, si el contexto en que fueron empleadas no indicaba lo contrario. Por su parte, con afirmaciones como

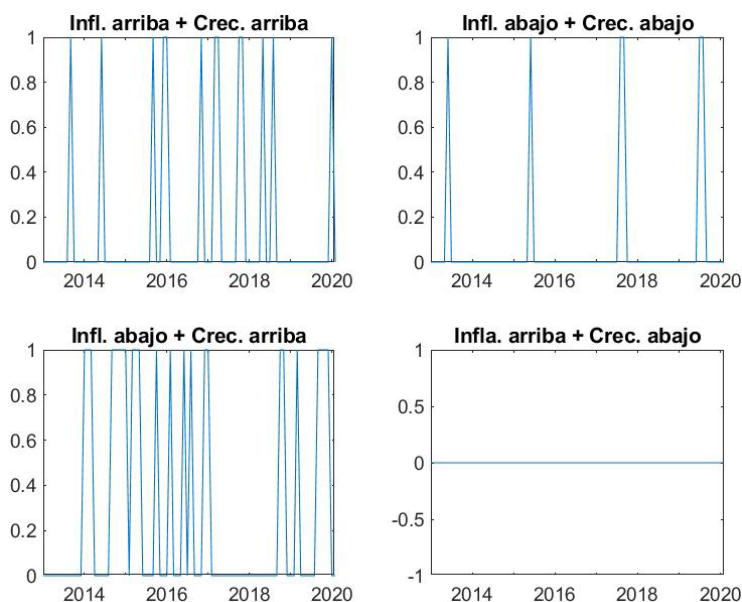
«desaceleración de demanda», «crecimiento menos que su potencial», «el más bajo dinamismo» fueron asociadas con un tono hacia abajo. El tono neutral fue relacionado con oraciones como «sin desviaciones importaciones del objetivo de política» y «comportándose de acuerdo con lo proyectado». La Tabla 2 del apéndice contiene la matriz de tonos mensuales y palabras clave usadas para cada variable desde enero 2013 a marzo 2020.

Todos los comunicados contienen las palabras crecimiento e inflación. Las palabras petróleo, Estados Unidos, Zona Euro y América Latina no son siempre empleadas; en momentos en los que no se vislumbran desviaciones importantes relacionadas con estos dos temas, y que, por lo tanto, las palabras no son incluidas en los comunicados, se asigna un valor de cero a estas variables, interpretando su ausencia como un tono neutral. La palabra tasa de cambio no se emplea con mucha frecuencia en los documentos de PM, pero esta juega un rol fundamental en las expectativas de mercado y su aparición está relacionada con desequilibrios en el mercado cambiario.

Con base en las variables de tono mensual usado por las autoridades para tratar la inflación y el crecimiento, se construyen variables interactivas para identificar la reacción de política a movimientos simultáneos en estas variables. En este sentido, cuatro variables interactivas fueron creadas en los casos en que las autoridades asignaron: i. un tono hacia arriba para la inflación y el crecimiento; ii. un tono hacia abajo para la inflación y el crecimiento; iii. un tono hacia arriba para la inflación y hacia abajo para el crecimiento; y iv. un tono hacia abajo para la inflación y hacia arriba para el crecimiento. Como resultado, se obtienen cuatro variables dicotómicas con el valor de 1 en los meses en que la condición indicada es satisfecha, y cero en caso contrario. Por construcción, solo una de estas cuatro variables interactivas podrá tener valor de 1 en cada mes.

El Gráfico 2 muestra la evolución mensual de estas variables interactivas. No se encuentra simultaneidad entre tonos expansivos para describir la inflación y contractivos para crecimiento.

Gráfico 2. Interacción entre las variables de tono



Fuente: Cálculos del autor con documentos del Banco Central de la República Dominicana.

Con las variables de tono y las interactivas, se construyen reglas de Taylor cualitativas regresando con Mínimos Cuadrados Ordinarios (MICO) el cambio efectivo en la TPM con diferentes variables explicativas (tonos e interactivas). Aquí se presta particular atención a los coeficientes estadísticamente significativos.

El primer grupo de modelos utiliza como regresores las variables de tono contra los cambios de TPM. El segundo grupo de modelos fue construido usando tonos y variables interactivas como regresores. Y finalmente, para condicionar la respuesta de PM al estado actual de la economía, se introduce un tercer tipo

de modelo que incluye como variables explicativas el dato observado de inflación y crecimiento.

El modelo empírico base utilizado en este enfoque es el siguiente:

$$\Delta TPM_t = \alpha_0 + \alpha_1 Inf_T_t + \alpha_2 AE_T_t + \alpha_3 TC_T_t \quad (1)$$

donde ΔTPM_t es el cambio en puntos básicos de la tasa de política monetaria, Inf_T_t es el tono mensual empleado para inflación, AE_T_t es el tono usado en los comunicados para referirse a la actividad económica, y TC_T_t es el tono con el que se habla de tasa de cambio (dólar estadounidense por peso dominicano).

La Tabla 1 presenta los resultados de las diferentes regresiones lineales obtenidas aplicando MICO a la serie de tiempo de cambios en la TPM y las variables explicativas.

En los modelos 1-4, se regresa el cambio de la TPM y los diferentes tópicos abordados por los comunicados, resumidos en las variables tono. Como se esperaba, los resultados muestran una correlación positiva y significativa entre los tonos de la inflación y el crecimiento y los cambios en la TPM, en línea con la evidencia empírica internacional. La variable *petróleo*, uno de los principales determinantes de la inflación dominicana, es también significativa como variable explicativa de los cambios de la TPM. De manera individual, la tasa de cambio y el panorama de los Estados Unidos guardan una correlación positiva y significativa con los cambios en la TPM. Los coeficientes de los tonos asignadas a las variables América Latina y Zona Euro no son significativos en ninguna de las especificaciones probadas.

El modelo 5 introduce las variables de interacción para evaluar la respuesta de PM a cambios combinados en el tono usado en inflación y crecimiento. Se encuentra que cuando se

emplean tonos alcistas para abordar inflación y crecimiento, la TPM, en promedio disminuye. Al contrario, cuando ambos tonos son a la baja, la reacción de política, en promedio, es expansiva.

Finalmente, como una extensión del modelo 5 y como forma de validar la robustez de lo anterior, los modelos 6 y 7 introducen variables macroeconómicas observadas. Los nuevos regresores intentan aislar el cambio de la TPM que está relacionado por el estado actual de la economía. Aún con estos controles, los resultados mantienen los signos alineados con los fundamentos económicos.

La relación entre la respuesta de política monetaria y los tonos utilizados en temas de inflación y en crecimiento, en las diferentes estimaciones, es consistente con la literatura. En detalle, la inflación parece tener la más alta correlación con las decisiones de TPM, en línea con el declarado objetivo de EMI del Banco Central de la República Dominicana.

Los modelos 5-7 muestran la reacción de política cuando los tonos de inflación y crecimiento se mueven en la misma dirección. La reacción de política a movimientos conjuntos entre los tonos de inflación y el crecimiento es visiblemente mayor a la respuesta ante casos en que solo una de las variables *dummy* de tono está activa (como se advierte al comparar coeficientes de variables interactivas de los modelos 5-7 vs. los coeficientes de tono e inflación de los modelos 1-4).

Tabla 1. Respuesta de política a los tópicos seleccionados

Variable	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4	Modelo 5	Modelo 6	Modelo 7
Constante	-0.041	-0.051	-0.096**	-0.067**	-0.035	-0.131**	-0.12
Inflación	0.134***	0.142***		0.146***			
Crecimiento	0.084**	0.082**	0.098**	0.084**			
Tasa de cambio		0.315***	0.003***	0.003***	0.275***	0.270***	0.269***
Petróleo			0.082**				
Estados Unidos	0.017*			0.036			
Latinoamérica				-0.024			
Unión Europea				-0.052			
Inflación arriba + Crecimiento arriba					0.244***	0.238***	0.238***
Inflación abajo + Crecimiento abajo					-0.34**	-0.315**	-0.317**
Inflación (-2)						0.035**	-0.001**
Crecimiento (-2)							0.034
R-cuadrado ajustado	17.7%	28.6%	20.2%	28.3%	31.3%	33.5%	33.2%

***p<0.01, **p<0.05, *p<0.1

Fuente: Cálculos del autor con datos del Banco Central de la República Dominicana.

También se encuentra evidencia de una respuesta más marcada de parte de las autoridades monetarias ante escenarios de bajo desempeño económico que ante escenarios de optimismo y dinamismo económico (como muestran los coeficientes de los modelos 5-7 de las variables inflación abajo + crecimiento abajo vs inflación arriba + crecimiento arriba, respectivamente).

Como se esperaba, se rechaza la hipótesis nula de la prueba de significancia global para todos los modelos. En general, los hallazgos sugieren un nivel de coherencia plausible entre las acciones de política monetaria y los comunicados emitidos por las autoridades.

Estos resultados están en línea con la evidencia internacional. Arango, Pantoja y Velásquez (2017), con este mismo enfoque, también encontraron una coherencia de carácter anticíclica de la política monetaria colombiana.

Este ejercicio puede además servir como señal de sesgo de política en los meses en que la TPM se mantiene invariable. Considerando que la TPM se mueve en un espacio discreto, las magnitudes resultantes de las reglas de Taylor cualitativas arrojan información adicional obtenida de los comunicados que podrían revelar las preferencias subyacentes de los hacedores de políticas. Vinculando tonos y acciones pasados, este ejercicio permite describir con más detalle la posición de política monetaria.

Dados las señales de coherencia entre las palabras y las acciones, se procede a analizar si las autoridades monetarias son exitosas en su objetivo de anclar las expectativas del mercado a través de los comunicados de política monetaria. A la siguiente sección le antecede un análisis exploratorio de los comunicados que revele si estos documentos han sido utilizados para transmitir información con miras al futuro, que es el tipo de contenido que luego se espera que afecte las expectativas de inflación.

En los últimos años, los comunicados de la República Dominicana han sido vehículos de *forward guidance* sobre

potenciales decisiones de PM. Las frases *forward looking* han sido generalmente ligadas a las expectativas de PM de la Reserva Federal de los Estados Unidos, por la gran capacidad que tienen este país de incidir en los mercados locales. Este seguimiento ha sido revelado a los mercados de manera explícita. Por ejemplo, en el comunicado de agosto de 2018 se afirma:

el Banco Central está dando seguimiento a las futuras alzas de tasas de interés de la Reserva Federal anunciadas por su presidente Jerome Powell, asociadas a una economía de EUA que opera en pleno empleo y con un crecimiento cerca de su potencial. En ese sentido, en caso de ser necesario, el Banco Central de la República Dominicana se encuentra preparado para continuar normalizando su política monetaria en los meses siguientes con el objetivo de evitar desvíos importantes en el diferencial entre las tasas de interés domésticas y las tasas de EUA y moderar posibles presiones inflacionarias.

Además, al explicar sus acciones de política, las autoridades anuncian sus expectativas sobre la inflación y el desempeño de la actividad económica.

Borio y Zabiá (2016) distinguen entre dos dimensiones del *forward guidance*. Señalan la guía relacionada con un periodo específico (basada en calendario) o guía condicionada a desempeño económico (estado-contingente); y la guía que contiene valores numéricos específicos (cuantitativa) o expresada en términos menos concretos (cualitativa). En este marco, y con fines ilustrativos, se identifica que la mayoría de las señales de *forward guidance* contenidas en los comunicados dominicanos de PM son estado-contingentes y afirmaciones cualitativas (al igual que los comunicados de la Reserva Federal de EUA, Banco Central Europeo y Banco Central de Japón).

Considerando el extenso uso del *forward guidance* por las autoridades, a continuación, se investiga si además del efecto en expectativas que causan los cambios en la TPM, los comunicados han logrado mover las expectativas de inflación de los agentes a través de la semántica adscrita a los documentos de PM.

4.2. Análisis de la Semántica Latente o (LSA)

Para el análisis de los comunicados de política monetaria se utiliza un análisis de la semántica latente, una herramienta que permite extraer el significado conceptual del cuerpo de un texto. Esta técnica surgió a finales de 1980 con el propósito de identificar patrones en grandes conjuntos de textos, además, ha sido exitosa en la labor de modelar la adquisición de conocimiento humano.

LSA no se enfoca en el orden de las oraciones para encontrar el significado del texto, sino que se centra en la elección de las palabras dentro de cada pasaje. Por esto, una de las principales críticas de este método es que ignora el orden de las palabras. Sin embargo, los partidarios del LSA estiman que la elección de las palabras por sí sola representa entre el 80%-90% del significado de un texto, lo que explica por qué LSA ha funcionado con tanta precisión y eficacia en muchas aplicaciones (Hendry & Madeley, 2010).

El algoritmo analiza la ocurrencia estadística de las palabras para obtener patrones asociativos en la data, que se denominan temas (Boukus & Rosenberg, 2005). LSA permite identificar temas comunes en todos los comunicados y luego caracteriza cada documento por la prevalencia relativa de cada uno de estos.

Antes de aplicar LSA, los comunicados de política monetaria del Banco Central de la República Dominicana fueron agrupados y se procesaron siguiendo la metodología de Boukus y Rosenberg (2006). Se eliminó todo formato que incluía

mayúsculas, puntuación, símbolos y dígitos. Después fueron eliminadas palabras comunes que no generan ningún valor informativo dentro del texto, que se conocen en la literatura como *stop words* —por lo general, estas incluyen pronombres, artículos, preposiciones, conjunciones, verbos auxiliares, números, días, semanas, meses y nombres propios que se mencionan con alta frecuencia—. Además, se omitieron las frases que se refieren a la decisión del banco central, así como frases sistémicas tales como «El Banco Central de la República Dominicana reafirma su compromiso de conducir la política monetaria hacia el logro de su meta de inflación...». Finalmente, se obtuvo la raíz del restante de palabras con el fin de evitar que conjugaciones de verbos fueran contadas como palabras diferentes.

Una vez realizado el procesamiento de los textos, se siguió el primer paso de LSA que consiste en contar el número de veces que una palabra aparece en un documento específico. De esta forma, se puede determinar la importancia de cada palabra dentro del documento, o desde otro punto de vista, la palabra describe mejor el documento. El siguiente paso fue repetir el conteo de las palabras en todos los documentos y crear una matriz en la que cada fila representa una palabra y cada columna un documento. Por lo tanto, cada elemento de esta matriz representa el número de veces que una palabra i aparece en el documento j (Arango, Pantoja, & Velásquez, 2017).

De la matriz se extraen ponderaciones locales y globales de cada término. La ponderación local se refiere al peso (o importancia relativa) de la palabra i en el documento j , obtenida dividiendo la frecuencia de la palabra i en el documento j por el número más alto de frecuencia entre todas las palabras contenidas en dicho documento. La palabra con mayor frecuencia tiene un peso de 1 mientras que la palabra menos frecuente tiene un peso cercano a cero.

$$local(i, j) = \frac{f_{i,j}}{\max\{f_{i,j}\}} \quad (1)$$

La ponderación global de un término considera la función inversa de las frecuencias obtenidas para cada documento, por lo que, cuantos más documentos contengan una misma palabra, menos discriminadora será esta (la palabra será relevante si describe las diferencias entre documentos). Este peso se obtiene con el logaritmo del inverso del número de documentos en el que la palabra i aparece (n_i) dividido por el número total de documentos (n). Al hacer esto, se tiene una mejor representación de las palabras más importantes dando poco peso a los términos con alta frecuencia (que aparecen en muchos documentos) y alto peso a los términos de baja frecuencia (que aparecen en algunos documentos).

$$global(i) = \log \left(\frac{n}{n_i} \right) \quad (2)$$

Finalmente, estos dos pesos se combinan para obtener una tercera medida que introduce un balance entre la relevancia de la palabra i para el documento j y la relevancia de la palabra i en todo el conjunto de documentos. Para asegurar que los documentos más largos no dominen en los resultados, se normalizan los documentos para ajustar la diferencia en la longitud. Al final cada elemento de la matriz X , se obtiene de la siguiente forma:

$$x_{i,j} = \frac{local(i,j)*global(i)}{\sqrt{\sum_{i=1}^m local(i,j)*global(i)}} \quad (3)$$

Una vez esta matriz se crea, el siguiente paso es aplicar Descomposición en Valores Singulares (DVS). Esta es una forma generalizada de componentes principales que se puede usar en

cualquier matriz rectangular. Usando DVS se puede descomponer la matriz X en el producto de tres matrices tal que:

$$X = UDV^T \quad (4)$$

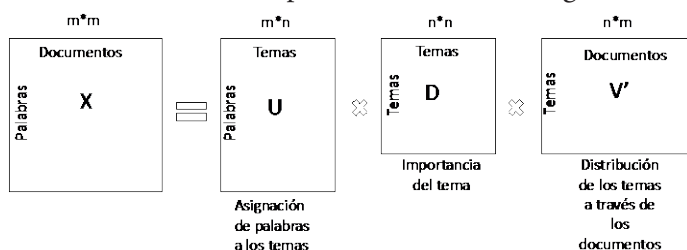
La matriz U relaciona palabras con temas, donde las m -filas son palabras y las n -columnas son temas que representan contenido específico que aparece en los documentos. El elemento i, j^{th} de U define la contribución del término i en el tema j .

Por otro lado, la matriz V relaciona documentos con temas, donde las n -filas son los documentos y las n -columnas los mismos temas. El elemento i, j^{th} de V define la contribución del tema i al documento j , es decir, qué tanto un tema en particular representa un documento dado. Si los documentos están ordenados de forma cronológica, cada fila de V define una serie de tiempo de la importancia de un tema en cada documento.

Las filas de V resultantes de aplicar LSA a los comunicados de PM de la República Dominicana, fueron las que se utilizaron para medir, con un VAR estructural, la capacidad que tienen los comunicados para mover las expectativas de inflación.

Finalmente, D es una matriz diagonal ordenada de forma descendente, donde cada entrada representa la importancia del tema i en explicar la varianza a través de los documentos, es decir, la ponderación global de cada tema en el conjunto de documentos.

Gráfico 3. Descomposición en valores singulares



Fuente: Elaboración propia.

Interpretando los temas utilizando palabras clave

En este apartado se atribuye un significado específico a cada tema basándose en los patrones de las palabras que los constituyen. El análisis depende de las columnas de la matriz U que definen la contribución de cada palabra a un tema en particular.

Para la selección del número de temas se sigue la metodología de Hendry y Madeley (2010). Típicamente, si se utiliza un gran número de documentos y palabras, el número de temas debería estar entre un rango de 100-300. Dado que la muestra de este estudio es pequeña, se extrajeron 20 temas de todos los comunicados. Cada tema tiene siete palabras que son las que tienen el mayor valor dentro de la matriz U .

Una inspección de las palabras indica que los temas más comunes incluidos en los comunicados están relacionados con actividad económica, precios, sector financiero, sector externo, petróleo y política fiscal. Lo anterior parece mostrar que el Banco Central de la República Dominicana asigna mayor peso en sus comunicados a sus principales objetivos y, por ende, prioridades del COMA (precios y actividad económica).

Las palabras más importantes para el tema 1 están relacionadas con condiciones de desaceleración económica, incluyendo términos como desaceleración, economías desarrolladas,

incertidumbre, presiones inflacionarias, exportaciones, mercado cambiario y política fiscal.

El tema 2 se enfoca en el contexto económico externo, incluyendo palabras como incertidumbre, dólar, guerra comercial, demanda, mercado secundario, barril y liquidez. El tema 13 está relacionado con cuentas externas al tener términos presentes como balanza de pagos, barril, mercados financieros, OPEC, inversión, Agencia Internacional de Energía (AIE) y desempleo. El Gráfico 9, contenido en el apéndice, presenta en detalle los veinte temas seleccionados con las siete palabras que caracterizan cada uno.

Este estudio se concentrará en el tema 1 que es el que tiene mayor importancia dentro de todos los documentos y explica un 13% de la variancia total explicada por los 20 temas. Además, este tema guarda un vínculo muy fuerte con las principales preocupaciones declaradas por el banco central (advertido a través de correlaciones negativas con la actividad económica y la inflación).

5. Análisis empírico y resultados

Se construye un Vector Autoregresivo Estructural (o SVAR, por sus siglas en inglés) para evaluar los efectos de cambios en la estructura semántica de los comunicados de políticas monetarias en las expectativas de inflación. Se parte de la siguiente caracterización de las expectativas de inflación:

$$\pi^e_t = g(\Omega_t) + \varepsilon_t \quad (5)$$

Donde π^e_t es la serie histórica de la mediana de las expectativas de inflación a doce meses obtenidas con la Encuesta de

Expectativas Macroeconómicas (EMM)⁵, g es una función lineal, Ω_t es un conjunto de variables macroeconómicas explicativas y ε_t es un choque de comunicación ortogonal a las variables Ω_t .

Primero, se estima un Vector Autoregresivo de orden dos⁶ con las variables clave del modelo y luego se obtiene las proyecciones de las variables macroeconómicas en valores presentes y pasados del choque ε_t .

En el VAR(2) se incluyen las siguientes variables estacionarias:

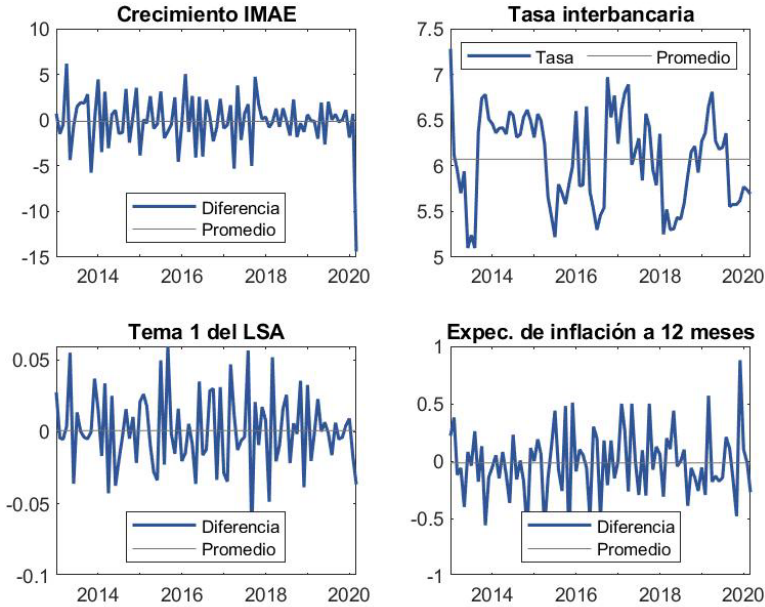
$$Y_t = [\Delta IMAE_t \text{ interbancaria}_t \Delta \pi^e_t \Delta tema_{j,t}] \quad (6)$$

Donde $\Delta IMAE_t$ es el cambio en el Indicador Mensual de Actividad Económica referente al mismo mes en que la decisión es tomada (periodo t), $interbancaria_t$ es la tasa de interés interbancaria en el periodo t , $\Delta \pi^e_t$ es el cambio en la inflación esperada a 12 meses obtenida de la EMM del periodo t , $\Delta tema_{j,t}$ es el cambio mensual en la contribución del tema j en el periodo t extraído por LSA de los comunicados de política monetaria publicados en el periodo t . El Gráfico 46 resume el comportamiento de estas variables.

5 Esta encuesta mide las expectativas que tienen los agentes nacionales y extranjeros sobre el comportamiento futuro de las variables macroeconómicas.

6 Según lo sugerido por los criterios de información Akaike y Schwarz.

Gráfico 4. Variables incluidas en el VAR



Fuente: Elaboración propia con datos del Banco Central de la República Dominicana.

La forma reducida de este VAR se reescribe de la siguiente manera:

$$Y_t = c + \sum_{k=1}^K D_k Y_{t-k} + \varepsilon_t \quad (7)$$

mismo que, de ser invertible, lleva a la representación de media móvil de orden infinito (MA(∞)) siguiente:

$$Y_t = m + \sum_{k=1}^K C_k v_{t-k} \quad (8)$$

Donde v_t contiene cuatro choques. Para transformar (8) en un modelo estructural, en el que los choques sean ortogonales y puedan ser sujetos a interpretación económica, se realiza una identificación recursiva de corto plazo utilizando el factor

Cholesky de la matriz de varianza-covarianza obtenida de los errores en (6).

En particular, se identifica el choque de comunicación de política monetaria como el choque que no tiene efecto contemporáneo en el cambio mensual del IMAE, la tasa de interés interbancaria ni en el cambio mensual de las expectativas de inflación.

Esta estrategia de identificación se basa en el calendario de publicación de estas variables. Considerando que los comunicados de PM son publicados al final de cada mes, no pueden incidir en las expectativas de inflación recolectadas días antes (aunque en ese mismo mes). Asimismo, las otras restricciones están justificadas. Los comunicados no tienen efecto contemporáneo en el Indicador Mensual de Actividad Económica (que condensa la actividad de un mes completo) ni en la tasa de interés interbancaria (que es un promedio ponderado diario de operaciones diarias de todo el periodo t).

Para este tipo de análisis, otros autores han basado sus supuestos de identificación en restricciones de largo plazo. Por el carácter estacionario de las variables macroeconómicas aquí estudiadas, se desestima la identificación de largo plazo y se implementan restricciones basadas en la dinámica verdadera de estas variables, sin la necesidad de cargar de supuestos el SVAR.

Para identificar los efectos de un choque de comunicación en las expectativas de inflación, se selecciona el tópico 1 por ser el más relevante de todos para este análisis. Este tema está relacionado con condiciones de desaceleración de la actividad económica, y entre todos los otros temas, explica el mayor porcentaje de la varianza de los comunicados desde 2013 a la fecha.

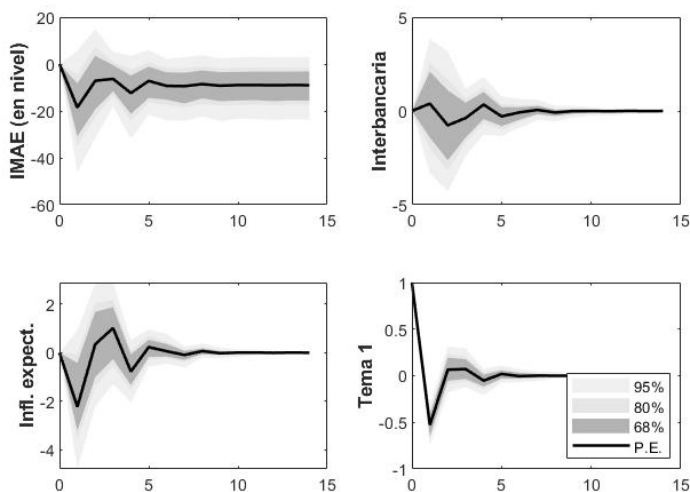
El Gráfico 5 muestra la reacción de las variables en (6) a un choque de comunicación relacionado al tema 1, es decir, un choque comunicación con mensajes pesimistas sobre la actividad real y la inflación. En particular, el panel inferior izquierdo sugiere que un cambio de 1% en t en el flujo de información

contenido por el tópico 1 en los comunicados de PM, contrae el cambio mensual en expectativas de inflación en -2.25% en $t+1$.

Este hallazgo es coherente con el hecho de que las expectativas de los agentes internalizan rápidamente desviaciones importantes en los mercados. En detalle, el resultado es significativo a un 84% de nivel de confianza (considerando solo la cola superior que se acerca más a cero).

El panel superior del Gráfico 5 resume la reacción de la actividad económica y la tasa interbancaria a un choque de comunicación relacionado con el tema 1. El IMAE parece desacelerar el periodo después de la publicación de mensajes desalentadores en los comunicados; esta reacción pudiera ser resultado del fenómeno de profecía autocumplida. Los efectos de este choque se disipan rápidamente. La tasa interbancaria no se ve afectada por este choque.

Gráfico 5. Función de impulso respuesta
a un choque de comunicación
(Relacionado con el tema 1)



Fuente: Cálculos del autor.

Nota: Se utiliza P.E para abreviar estimador puntual. Los porcentajes se refieren a niveles de confianza.

Los resultados apuntan a una respuesta significativa de las expectativas de inflación a los comunicados de política monetaria del Banco Central de República Dominicana, en línea con Smith & Becker (2015); Arango, Pantoja, & Velázquez (2017) (quienes también encontraron que choques de comunicación afectan las expectativas de inflación); y con Knütter, Mohr, and Wagner (2011) quienes concluyeron que había evidencia que indicaba un pronunciado efecto de los comunicados de los bancos centrales en los mercados.

En 2011, Knütter, Mohr, and Wagner condujeron una encuesta que compilaba evidencia empírica acerca del rol de los comunicados de los bancos centrales en la estabilización de precios y de actividad financiera. Ellos identificaron un efecto significativo de los comunicados de los bancos centrales en las variables del mercado financiero, y concluyeron también que las conferencias de prensa y otras declaraciones escritas eran los canales más efectivos de la estrategia de comunicación de los bancos. De manera concisa, los autores encontraron que los bancos centrales podían mover las expectativas a través de sus canales de comunicación.

Considerando que la información publicada en los comunicados está relacionada con la perspectiva actual y de corto plazo de la actividad económica, podemos establecer un vínculo entre nuestros hallazgos y otros estudios realizados sobre consecuencias del *forward guidance*. Borio y Zabai (2016) reportaron cuatro estudios que habían encontrado un efecto significativo del *forward guidance* en los Estados Unidos en la parte larga de la curva de rendimiento de bonos (los autores señalaron como referencia a Del Negro et al (2015), Swanson (2015), Campbell et al (2012) y Filardo y Hoffman (2014)). Se señaló el mismo efecto encontrado para el caso del Reino Unido.

A continuación, se considera el mismo modelo que propone la literatura, pero aumentando (6) con la serie de inflación

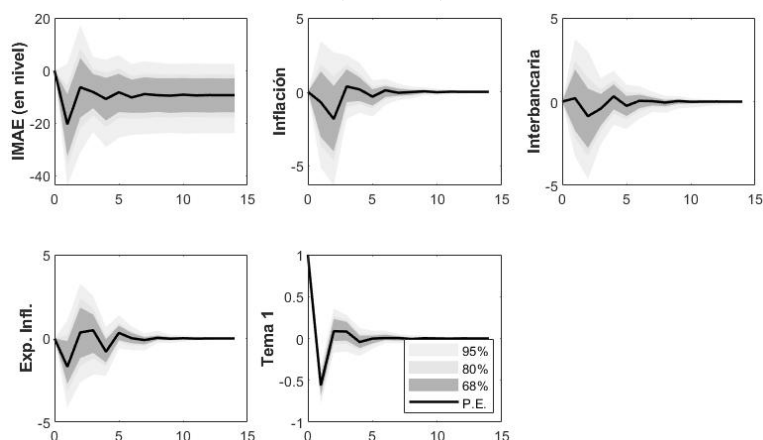
observada para aislar los cambios en las expectativas de inflación que responden a cambios en el estado de la economía. De esta manera, se evita atribuir a los comunicados respuestas que fueron ocasionadas por el contexto económico que enfrentaban los agentes. Para este propósito, se sigue el mismo procedimiento que antes, pero ahora se agrega al vector de variables estacionarias una variable adicional:

$$Y_t = [\Delta IMAE_t \ \Delta Infl_t \ interbancaria_t \ \Delta \pi^e_t \ \Delta tema_{1,t}] \quad (9)$$

donde $\Delta Infl_t$ se refiere a cambios en la tasa de inflación interanual. Como fue hecho anteriormente, se recurre a la estrategia de identificación de corto plazo basada en el calendario de publicación de las variables. El choque de comunicación es aquel que no tiene efecto contemporáneo en los cambios de tasa de crecimiento de la actividad económica, ni sobre los cambios en la tasa de crecimiento de la inflación, la tasa de interés interbancaria, ni en los cambios en las expectativas de inflación.

La justificación de la nueva condición de ortogonalidad que se introdujo se basa en el hecho de que los comunicados de política monetaria son publicados al final de cada mes. Por tanto, no puede existir un efecto contemporáneo de los comunicados publicados en t en la inflación observada del mismo periodo.

Gráfico 6. Función de impulso respuesta
a un choque de comunicación
(Tema 1)



Fuente: Cálculos del autor.

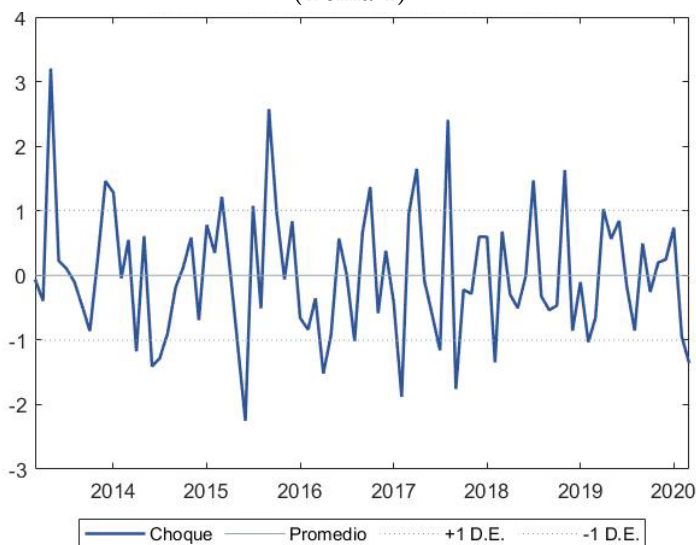
Nota: Se utiliza P.E para abreviar estimador puntual. Los porcentajes se refieren a niveles de confianza.

Se encuentra que un choque de comunicación relacionado con el tema 1 tiene menores efectos sobre la inflación bajo esta especificación, aunque aún es mayor al -1%. En particular, un choque de 1% en la comunicación de política monetaria reduce el cambio de las expectativas de inflación en -1.69% en el próximo periodo, como se muestra en la Gráfico 6. La respuesta de la actividad económica y la tasa de interés interbancaria parece no verse alterado por esta nueva especificación. La respuesta de la inflación es negativa pero no estadísticamente significativa.

El choque de comunicación relacionado con el tema 1 se muestra en el Gráfico 7. Sus máximos están relacionados con un tono pesimista en los comunicados de PM respecto a la actividad real y la inflación. Los mínimos responden a flujos de mensajes positivos y alentadores sobre actividad real e inflación.

Los tres picos más pronunciados fueron consecuencia de comunicaciones que describían condiciones económicas extraordinarias. El pico de mayo de 2013 es el resultado de un comunicado de política monetaria que transmite mensajes fuertes sobre la desaceleración del crecimiento económico y las salidas de capital debido a *Taper Tantrum*; este comunicado justificaba una disminución en la TPM de 75 puntos básicos. En septiembre de 2015, las autoridades monetarias destacaron una disminución global en los precios de los productos básicos, un nivel récord de inflación baja, así como una perspectiva baja para la inflación esperada. En agosto de 2017, la comunicación enfatizó una desaceleración persistente en la demanda y precios más bajos del petróleo, lo que justificó la disminución en la TPM de 50 puntos básicos.

Gráfico 7. Función de impulso respuesta
a un choque de comunicación
(Tema 1)



Fuente: Cálculos del autor.

Nota: se utiliza D.E para abreviar desviación estándar.

Los valles responden a las comunicaciones que cubren recuperaciones excepcionales o períodos de estabilidad. El mínimo de este choque se registró en junio de 2015 cuando el comunicado de política monetaria describía el inicio de un período de recuperación como resultado de tres acciones de política contractivas consecutivas (que sumaron hasta -125 puntos básicos a fines de mayo de 2015). Aunque la economía fue golpeada por dos huracanes en septiembre de 2017, las autoridades transmitieron mensajes positivos en esta fecha sobre la actividad económica a la luz de las buenas consecuencias tempranas que se le atribuían a las medidas implementadas para compensar el efecto de los eventos atmosféricos.

Para propósitos ilustrativos, en el Gráfico 10, contenido en el apéndice, se presentan las funciones de impulso respuesta de las expectativas de inflación a los choques relacionados con todos los temas que se extrajeron del LSA. Sólo los temas 2, 11, 17, y 19 generan un incremento en las expectativas de inflación, los cuales están relacionados con petróleo y tasa de cambio. El resto de los temas reduce o no genera ningún efecto sobre las expectativas de inflación.

6. Pruebas de robustez

Para indagar en la exogeneidad del choque de comunicación, identificado previamente, se proponen dos pruebas. Esta sección busca concluir si los movimientos en las expectativas de inflación, previamente atribuidos a los choques de comunicados de PM, son efectivamente debido a esta razón y no son un resultado de variables omitidas en el análisis.

6.1. Otros factores que impactan en las expectativas de inflación

Como República Dominicana es una economía pequeña, abierta y altamente dependiente de los EUA, sus flujos de capitales pueden ser muy susceptibles a las decisiones de tasas de la Reserva Federal estadounidense. Internalizando la exposición dominicana a la política monetaria de EUA, este análisis introduce como control los contratos futuros a 30 días⁷, con los que se ha logrado anticipar de manera muy efectiva los cambios en la tasa de fondos federales de EUA (ver CME Group *FedWatch Tool and Fed Funds Futures Probability Tree Calculator*). En este sentido, se considera el siguiente vector de variables estacionarias:

$$Y1_t = \begin{matrix} \Delta IMAE_t & \Delta Infl_t & interbancaria_t & \Delta \pi^e_t & \Delta FF_futures_t & \Delta tema_{1,t} \end{matrix} \quad (10)$$

Donde $\Delta FF_futures_t$ es el cambio mensual en los contratos futuros a 30 días de los Fondos Federales y es introducido en el VAR como variable exógena.

En segundo lugar, en virtud del papel determinante que tiene el petróleo en la inflación dominicana, se controla por los precios esperados del barril de petróleo WTI (West Intermediate Texas). Específicamente, se consideran los cambios mensuales en los precios de liquidación del contrato 1⁸ de futuros

7 Estos contratos son enlistados mensualmente y su precio es igual a 100 menos la tasa esperada de fondos federales.

8 Para el contrato 1, de acuerdo con la Agencia de Información de Energía, cada contrato expira el tercer día laborable anterior al día 25 (calendario) del mes que antecede el mes de entrega. Después de que un contrato expira, el contrato 1 para el resto del mes calendario es el segundo mes siguiente.

de petróleo entregable en un mes. Se parte del siguiente vector de variables estacionarias:

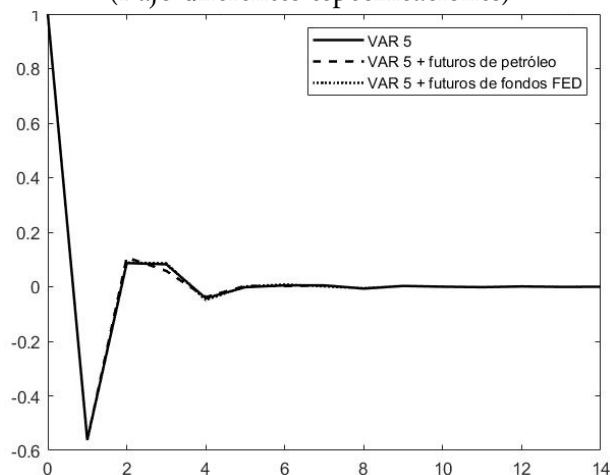
$$Y2_t = [\Delta IMAE_t \Delta Infl_t \text{interbancaria}_t \Delta \pi^e_t \Delta oil_futures_t \Delta tema_{1,t}] \quad (11)$$

En (8) la variable $\Delta oil_futures_t$, precio de liquidación del contrato 1 a futuro de petróleo, es tratada como exógena en el modelo.

En ambos vectores, $Y1_t$ y $Y2_t$, se utiliza la identificación recursiva de corto plazo para identificar el choque de comunicación, imponiendo así que los comunicados no tengan efecto contemporáneo en el cambio mensual del IMAE, el cambio mensual en la inflación, la tasa de interés interbancaria o el cambio mensual de las expectativas de inflación a 12 meses. El choque de comunicación tampoco tiene efecto en las variables $\Delta FF_futures_t$ y $\Delta oil_futures_t$ por ser exógenas en el modelo.

Cualquier cambio exógeno que pueda afectar las expectativas de inflación y que esté relacionado con la política monetaria estadounidense o los precios del petróleo, está ahora siendo considerado en el SVAR. Si el choque de comunicación identificado antes es efectivamente exógeno, bajo esta nueva representación se debería obtener reacciones similares a un choque de comunicación a los mostrados en el Gráfico 7. El Gráfico 8 resume los resultados.

Gráfico 8. Respuesta de las expectativas de inflación a un choque de comunicación
(Bajo diferentes especificaciones)



Fuente: Cálculos del autor.

Con estas pruebas de robustez, se concluye que el choque de comunicación obtenido con la estrategia de identificación previamente presentada es capaz de afectar las expectativas de inflación de los agentes. Sin embargo, la falta de data de alta frecuencia⁹, que permita aislar de forma más precisa los efectos de los comunicados de política monetaria pueden ser una fuente de sesgo en este análisis. Las economías (la vasta mayoría) que no cuenten con mercados financieros con este tipo de datos pueden recurrir a la alternativa que aquí se presenta, por sugerirse robusta a la introducción de varios controles, así como a cambios en la especificación del modelo.

9 Esta estrategia de identificación tiene la ventaja de que se enfoca solo en el momento exacto en que se hacen los anuncios de política monetaria, evaluando la reacción de los mercados financieros a esa noticia particular (Ferrari & Ters, 2016).

7. Conclusiones

En este documento, se analizan los efectos de los cambios en la estructura semántica de los comunicados de política monetaria sobre las expectativas de inflación en la República Dominicana.

Primero, se construye una regla de Taylor cualitativa, de la que se extrae evidencia a favor de una plausible coherencia entre los comunicados de PM y las acciones de PM del Banco Central. Se concluye que, cuando hay movimientos conjuntos en la misma dirección entre la inflación y el crecimiento económico, el Banco Central responde en promedio de manera más activa. Este ejercicio proporciona un instrumento que permite describir mejor la postura de la política monetaria, incluso en meses en que la TPM no cambia.

En la segunda parte del trabajo, a través del LSA se concluye que hay evidencia que sugiere que los comunicados de política monetaria del Banco Central de la República Dominicana tienen éxito en afectar las expectativas de inflación de los agentes —como ha sido demostrado para la Reserva Federal, el Banco Central Europeo, Banco Central de Japón, Banco Central de Canadá, el Banco Central de Colombia, entre otros—, especialmente cuando los temas tratados están relacionados con una desaceleración económica significativa u otras perturbaciones en los precios.

Específicamente, se encuentra que los efectos son significativos en los primeros meses después de la publicación del documento, de acuerdo con lo esperado.

A pesar de que se hicieron pruebas de robustez y se introdujeron controles importantes para aislar los cambios de las expectativas de inflación que realmente responden a un choque de comunicación, un ejercicio idóneo para identificar esta

relación causal habría sido conducido a partir de data de alta frecuencia. El enfoque propuesto presenta una alternativa viable que permite evaluar este importante efecto de los comunicados de PM.

Estos hallazgos suponen una primera contribución a la literatura dominicana sobre política monetaria no convencional, estudiando los efectos de los comunicados, y abre una puerta para continuar explorando este campo de investigación. El procedimiento presentado es un marco replicable y plausible que puede utilizarse en otras economías emergentes, donde los datos de alta frecuencia no siempre están disponibles para investigar los efectos de un sentido más amplio de la política monetaria en las expectativas del mercado.

Los efectos de los comunicados de los bancos centrales han sido ampliamente defendidos entre la academia, pero como señalaron Haldane y McMahon (2018), estos estudios se han centrado principalmente en los efectos de las comunicaciones de los bancos centrales sobre las expectativas derivadas de los precios de los activos y los pronosticadores profesionales.

Como posible extensión a este trabajo sería conveniente identificar si las autoridades pueden influir, no solo en las expectativas de agentes especializados en materia económica, sino también en el público en general.

8. Bibliografía

Arango, L., Pantoja, J., & Velásquez, C. (2017). Effects of the central bank's communications in Colombia: A content analysis. *Banco Central de Colombia*.

Blot, C., & Paul, H. (2018). Central bank Communication during Normal and Crisis Times. *European Parliament - Policy Department for Economic, Scientific and Quality of Life Policies*.

Borio, C., & Zabai, A. (2016). Unconventional monetary policies: a re-appraisal. *Bank for International Settlement - Working Papers*.

Boukous, E., & Rosenberg, J. (2005). The information content of FOMC minutes. *Federal Reserve Bank of New York*.

Camacho, F., & Checo, A. (2018). Impacto macroeconómico de una política monetaria con metas de inflación. *Concurso Biblioteca Juan Pablo Duarte. Banco Central de República Dominicana*.

Camilo, C. (2018). Caracterizando la postura de política monetaria de República Dominicana. *Informe de Política Monetaria*, 32-33.

Campbell, J. R., Evans, C. L., Fisher, J. D., & Justiniano, A. (2012). Macroeconomic Effects of Federal Reserve Forward Guidance. *Brookings Papers on Economic Activity*, 1-80.

Ferrari, M., & Ters, K. (2016). The benefits of using large high frequency financial datasets for empirical analyses.

Freedman, C., & Laxton, D. (2009). Inflation Targeting Pillars: Transparency and Accountability. *IMF Research Department*.

Hendry, S., & Madeley, A. (2010). Text Mining and the Information Content of Bank of Canada Communications. *Bank of Canada*.

Knütter, R., Mohr, B., & Wagner, H. (2011). The Effects of Central Bank Communication on Financial Stability: A

Systematization of the Empirical Evidence. *University of Hagen, Department of Economics, Universitaetsstrasse.*

Pérez, M. P. (2019). Midiendo los efectos y canales de transmisión de la política monetaria en la República Dominicana. *Concurso Anual de Economía Biblioteca.*

Poole, W. (2001). Expectations. *Review, Federal Reserve Bank of St. Louis*, 1-10.

Rigobon, R., & Sack, B. (2006). Noisy Macroeconomic Announcements, Monetary Policy and Assets Prices. *National Bureau of Economic Research, Inc*, 335-370.

Romer, C. D., & Romer, D. H. (2000). Federal Reserve Information and the Behavior of Interest Rates. *American Economic Review*, 90 (3): 429-457.

Settlement, B. f. (2019). *Unconventional monetary policy tools: a cross-country analysis.* CGFS Papers.

Shapiro, A. H., & Wilson, D. (2019). Taking the Fed at its Word: A New Approach to Estimating Central Bank Objectives using Text Analysis. *Federal Reserve Bank of San Francisco - Working paper series.*

Smith, L., & Becker, T. (2015). Has Forward Guidance been Effective? *Federal Reserve Bank of Kansas City.*

Svenson, L. E. (2010). Inflation Targeting. *Handbook of Monetary Economics, Volume 3b, chapter 22.*

Takeda, Y., & Keida, M. (2017). Computer-based narrative analysis of the Bank of Japan's Governor Kuroda. *RIETI Discussion Paper Series.*

Taylor, J. B. (1993). Discretion vs policy rules in practice. *Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy*, 195-214.

Woodford, M. (2001). Monetary Policy in the Information Economy'. *National Bureau of Economic Research, Inc*, 297-370.

9. Apéndice

Tabla 2. Variables tono y frases relevantes

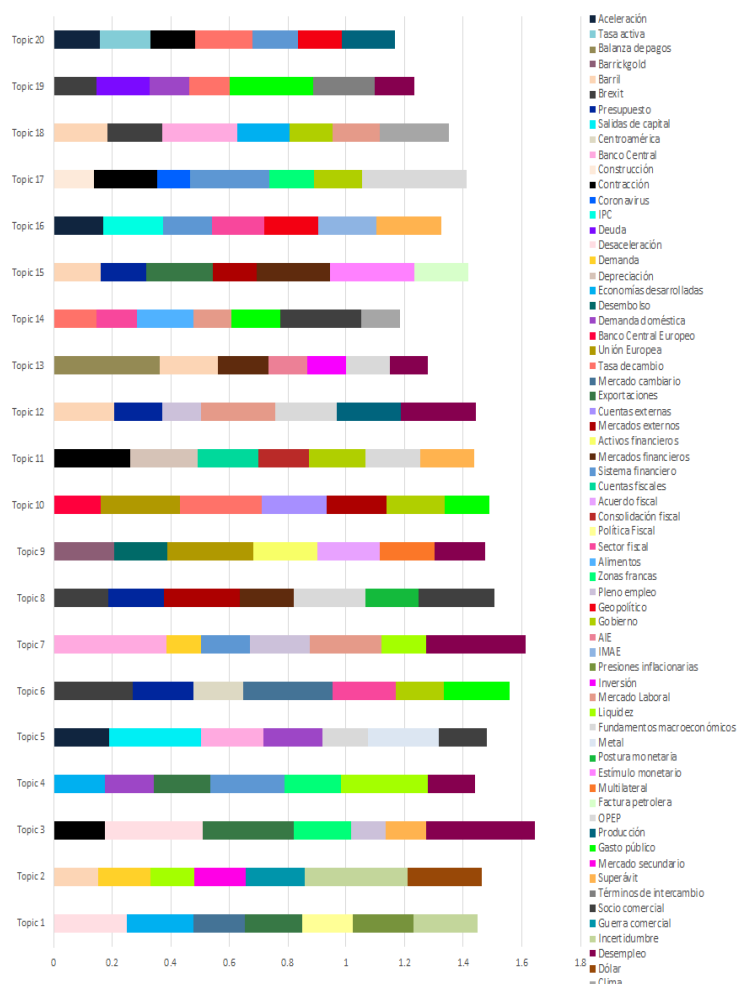
Fecha	Inflación	Tono	Crecimiento económico	Tono
1/1/2013	se ubicó en 3.91%	0	se comportan según lo previsto	0
2/1/2013	la inflación interanual alcanzó 4.76%	0	en consonancia con lo previsto	0
3/1/2013	la inflación general se situó en 4.73	0	por debajo de la capacidad potencial	-1
4/1/2013	se situó en 4.97%	0	muestran una desaceleración	-1
5/1/2013	inflación interanual se redujo a 4.9%	-1	reflejando una notable debilidad de la demanda	-1
6/1/2013	se situó en 4.99%	0	una incipiente mejora	1
7/1/2013	se situó en 4.80%	0	una mejora moderada	0
8/1/2013	potencial traspaso a los precios internos	1	alcanzó un punto de inflexión	1
9/1/2013	no hay desvíos importantes de las metas	0	muestra signos de mejora.	1
10/1/2013	se situó en 5.13%	0	presentan una importante mejora	1
11/1/2013	se situó en 5.13%	0	presentan una importante mejora	1
12/1/2013	disminuyó por tercer mes consecutivo	-1	dinamismo de crecimiento económico por encima del 3.0%	1
1/1/2014	disminuyendo por cuarto mes consecutivo	-1	un notable dinamismo	1
2/1/2014	por debajo del extremo inferior del rango-meta	-1	evolución de forma positiva	1
3/1/2014	se mantuvo prácticamente sin cambios	0	mantiene un desempeño saludable	1
4/1/2014	por debajo del extremo inferior del rango-meta	-1	de acuerdo a lo previsto en el marco macroeconómico	0
5/1/2014	en el extremo inferior del rango-meta	1	podría exceder las proyecciones de crecimiento	1
6/1/2014	alrededor del extremo inferior del rango meta	0	indicando dinamismo	1
7/1/2014	alrededor del extremo inferior del rango meta	0	dinámica económica positiva	1
8/1/2014	inflación descendió a 3.41%	-1	superior al 5% estimado	1
9/1/2014	inflación descendió a 3.13%	-1	al mes de agosto ascendió a 6.9%	1
10/1/2014	inflación descendió a 2.83%	-1	tendencia de crecimiento positiva	1
11/1/2014	por debajo del extremo inferior del rango meta	-1	tendencia de crecimiento positiva	1
12/1/2014	por debajo del extremo inferior del rango meta	-1	varias variables macroeconómicas positivas	1
1/1/2015	inflación cerró en 1.58%	0	varias variables macroeconómicas positivas	1
2/1/2015	tasa por debajo de la meta	-1	mantiene su dinamismo	1
3/1/2015	al descender a 1.02%	-1	se mantiene dinámica	1
4/1/2015	al descender a 0.64%	-1	evolución de manera favorable	1
5/1/2015	se ubicó en -0.04%	-1	menor a la tasa de 8.1% de igual período	-1
6/1/2015	ascendió a 0.23%	1	conforme a las proyecciones	1
7/1/2015	ascendió a 0.62%	1	según la trayectoria esperada	0
8/1/2015	ascendió a 0.50%	1	mostrando un alto dinamismo	1
9/1/2015	inflación descendió a 0.43%	-1	mostrando un alto dinamismo	1
10/1/2015	inflación se situó en 0.39%	0	mostrando un alto dinamismo	1
11/1/2015	inflación descendió a 1.23%	1	evolución favorablemente	1
12/1/2015	ascendió a 1.54%	1	creciendo por encima de su potencial	1
1/1/2016	por debajo del límite inferior de la meta	-1	creciendo por encima de su potencial	1
2/1/2016	El balance de riesgos está balanceado	0	evolucionan positivamente	1
3/1/2016	inflación se ubicó en 1.74%	0	evolucionan positivamente	1
4/1/2016	inflación se situó en 1.59%	0	evolucionan positivamente	1
5/1/2016	por debajo del extremo inferior del rango-meta	-1	un crecimiento por encima de su potencial	1
6/1/2016	inflación se situó en 1.71%	0	observan un comportamiento positivo	1
7/1/2016	manteniéndose por debajo del rango meta	-1	observan un comportamiento positivo	1
8/1/2016	inflación fue de 1.85%	0	un fuerte dinamismo	1
9/1/2016	inflación se situó en 1.47%	0	evolucionan positivamente	1
10/1/2016	incremento gradual en los precios del petróleo	1	expansiéndose a un ritmo superior a su potencial	1
11/1/2016	inflación disminuyó a 0.91%	-1	evolucionan favorablemente	1
12/1/2016	terminaría muy por debajo del límite inferior	-1	evolucionan favorablemente	1
Fecha	Estados Unidos	Tono	Unión Europea	Tono
1/1/2017	economía mundial estaría influenciada por Estados Unidos	1	ha mantenido una tendencia positiva	1
2/1/2017	línea con mejores proyecciones	1	la Zona Euro (ZE) crecería 1.6% en 2017 y 1.5% en 2018	0
3/1/2017	revisó al alza su tasa de crecimiento	1	BCE a mantener una postura expansiva	-1
4/1/2017	mostrando un alto dinamismo	1	BCE a mantener una postura expansiva	-1
5/1/2017	continúe el proceso de normalización	1	expansiéndose en torno al potencial	0
6/1/2017	continúe la normalización de la política monetaria	1	expansiéndose en torno al potencial	0
7/1/2017	revisó a la baja las perspectivas de crecimiento de EEUU	-1	proyecta un crecimiento de 1.9% en 2017 y 1.7% en 2018	0
8/1/2017	El dinamismo de las economías avanzadas	1	El dinamismo de las economías avanzadas	1
9/1/2017	experimentan una aceleración en su crecimiento	1	experimentan una aceleración en su crecimiento	1
10/1/2017	la expansión de la producción en las economías avanzadas	1	la expansión de la producción en las economías avanzadas	1
11/1/2017	un escenario más optimista que el mes anterior	1	mejoras en el crecimiento de las economías avanzadas	1
12/1/2017	el comportamiento de las economías avanzadas	1	el comportamiento de las economías avanzadas	1
1/1/2018	impulsado por el desempeño de las economías avanzadas	1	impulsado por el desempeño de las economías avanzadas	1
2/1/2018	impulsada por crecimientos de 2.8% en Estados Unidos	1	impulsada por 2.3% en la Zona Euro (ZE)	1
3/1/2018	impulsada principalmente por el dinamismo de las economías indu	1	impulsada principalmente por el dinamismo de las economías industrializa	1
4/1/2018	liderado por el crecimiento de las economías industrializadas	1	liderado por el crecimiento de las economías industrializadas	1
5/1/2018	mantiene un alto dinamismo económico	1	el crecimiento en la Zona Euro y en japon tiende a moderarse	-1
6/1/2018	mantiene una tendencia positiva	1	mantiene una tendencia positiva	1
7/1/2018	continuaría liderando a los países industrializados	1	Le seguiría la economía de la Zona Euro (ZE)	1
8/1/2018	fueron revisadas al alza de 2.8% a 2.9%	1	una ligera moderación en el crecimiento	0
9/1/2018	Dada la dinámica de expansión y pleno empleo	1	Zona Euro (ZE) crecería 2.1 % en 2018 y 1.8 % en 2019	0
10/1/2018	continuo dinamismo de la economía de EUA	1	Zona Euro (ZE) crecería 2.0 % en 2018 y 1.8 % en 2019	0
11/1/2018	impulsada por la economía de EUA	1	se han revisado a la baja las perspectivas	-1
12/1/2018	impulsada por los Estados Unidos de América	1	la ralentización de algunas de sus principales economías	-1
1/1/2019	se espera una moderación en su crecimiento	0	su previsión de crecimiento moderado	0
2/1/2019	vislumbran algunas señales de moderación	0	revisando a la baja las perspectivas	-1
3/1/2019	indicios de una moderación gradual	0	corrigió nueva vez a la baja las perspectivas	-1
4/1/2019	señales de una desaceleración	-1	se siguen corrigiendo a la baja	-1
5/1/2019	una potencial desaceleración	-1	ante la ralentización del crecimiento	-1
6/1/2019	desacelerarse en el mediano plazo	-1	se mantienen bajas	-1
7/1/2019	existen indicios de desaceleración	-1	se revisan a la baja	-1
8/1/2019	contexto de menor dinamismo	-1	las perspectivas de crecimiento en la Zona Euro (ZE) son bajas	-1
9/1/2019	el menor dinamismo de la actividad económica	-1	las perspectivas de crecimiento se mantienen bajas	-1
10/1/2019	el menor dinamismo de la actividad económica	-1	las perspectivas de crecimiento se mantienen bajas	-1
11/1/2019	se ha desacelerado gradualmente	-1	las perspectivas de crecimiento se mantienen bajas	-1
12/1/2019	se ha desacelerado gradualmente	-1	las perspectivas de crecimiento se mantienen bajas	-1
1/1/2020	se ha desacelerado gradualmente	-1	la desaceleración de este bloque	-1
2/1/2020	se ha desacelerado gradualmente	-1	la desaceleración de este bloque	-1
3/1/2020	crecimiento se moderaría de 2.3% en 2019 a 1.6 % en 2020.	-1	Consensus proyecta una expansión aún menor	-1
4/1/2020	la actividad económica se contraería durante el presente año	-1	provocará una contracción aún mayor en este bloque de países	-1

Fecha	Inflación	Tono	Crecimiento económico	Tono
1/1/2017	inflación cerró en 1.70%	0	la más alta de la región	1
2/1/2017	inflación ascendió a 2.33%	1	por encima de su potencial	1
3/1/2017	inflación ascendió a 3.34%	1	por encima de su potencial	1
4/1/2017	manteniéndose dentro del rango	0	por encima de su potencial	1
5/1/2017	manteniéndose dentro del rango	0	acercándose gradualmente a su potencial	0
6/1/2017	descendió a 3.11%	-1	tendrá a converger gradualmente a su potencial	0
7/1/2017	descendió a 2.55%	-1	por debajo de su potencial	-1
8/1/2017	por debajo del límite inferior de la meta	-1	una desaceleración de la demanda	-1
9/1/2017	la inflación interanual escaló a 3.18%	1	ha reaccionado favorablemente	1
10/1/2017	ascendió a 3.80%	1	mantiene perspectivas positivas	1
11/1/2017	dentro del centro del rango meta	0	actividad económica se vio afectada	-1
12/1/2017	en torno al valor central del rango	0	reaccionado muy positivamente a las medidas	1
1/1/2018	cercano al valor central del rango meta	0	ha reaccionado favorablemente	1
2/1/2018	ligeramente por debajo del valor central del rango meta	0	reaccionando favorablemente	1
3/1/2018	inflación interanual se ubicó en 3.32%	0	bajo los efectos favorables	1
4/1/2018	interanual ascendió a 3.91	1	por encima de su potencial	1
5/1/2018	en torno al centro del rango	0	evolucionando favorablemente	1
6/1/2018	en torno al centro del rango meta	0	evolucionando favorablemente	1
7/1/2018	por encima del punto medio del rango meta	1	evolucionando favorablemente	1
8/1/2018	dentro de la meta de 4.0%	0	evolucionando favorablemente	1
9/1/2018	inflación interanual bajó de 4.43 %	-1	evolucionando favorablemente	1
10/1/2018	bajó por tercer mes consecutivo	-1	creciendo por encima de su potencial	1
11/1/2018	manteniéndose dentro de la meta de 4.0	0	creciendo por encima de su potencial	1
12/1/2018	la inflación cerraría el año en 1.3 %.	0	creciendo por encima de su potencial	1
1/1/2019	cerrando el año en 1.17 %	0	creciendo por encima de su potencial	1
2/1/2019	continuó desacelerándose	-1	creciendo por encima de su potencial	1
3/1/2019	la inflación interanual se situó en 1.19 %	0	creciendo por encima de su potencial	1
4/1/2019	a inflación interanual se situó en 1.47 %	0	creciendo por encima de su potencial	1
5/1/2019	la inflación interanual se situó en 1.61 %	0	ha desacelerado	-1
6/1/2019	descendió a 1.31 %	-1	reflejo una desaceleración	-1
7/1/2019	por octavo mes consecutivo por debajo del límite inferior	-1	una desaceleración de la demanda	-1
8/1/2019	por noveno mes consecutivo por debajo del límite inferior	-1	ha comenzado a recuperarse	1
9/1/2019	por debajo del límite inferior del rango meta	-1	ha comenzado a recuperarse	1
10/1/2019	por debajo del límite inferior del rango meta.	-1	ha reaccionado favorablemente	1
11/1/2019	por debajo del límite inferior del rango meta.	-1	reaccionando favorablemente	1
12/1/2019	retornando al rango meta	1	han impulsado la demanda interna	1
1/1/2020	dentro del centro de la meta	0	reaccionado favorablemente	1
2/1/2020	manteniéndose dentro del rango meta	0	reaccionado favorablemente	1
3/1/2020	manteniéndose dentro del rango meta	0	fuertes fundamentos macroeconómicos	1
4/1/2020	por debajo del rango meta	-1	señala una marcada ralentización	-1

Fecha	América Latina	Tono	Fecha	América Latina	Tono
1/1/2016	la política monetaria mantiene una postura neutral	0	3/1/2016	la región se mantendrían en recesión	-1
2/1/2016	promedio de América Latina de 3.1%, según CEPAL	0	10/1/2016	se explica por recesiones importantes	-1
3/1/2016	podría verse afectada por una caída en los precios de commodities	-1	11/1/2016	AL sigue en recesión	-1
4/1/2016	mantuvieron su postura de política monetaria	0	12/1/2016	América Latina registraría una caída (-0.5%)	-1
5/1/2016	sono neutro para economías emergentes	0	1/1/2017	habría cerrado en el 2016 con una contracción de -0.6%	1
6/1/2016	sono neutro para economías emergentes	0	2/1/2017	la región iniciaría la recuperación	1
7/1/2016	las proyecciones de crecimiento de América Latina se ubican en 3.0%	0	3/1/2017	iniciaría la recuperación del crecimiento	1
8/1/2016	se revisaron a la baja	-1	4/1/2017	se beneficiarían de mayores precios de los bienes primarios	1
9/1/2016	que implica una moderación	0	5/1/2017	contempla una salida de la recesión en 2017	1
10/1/2016	apuntan a un crecimiento regional de 2.7%	0	6/1/2017	se espera una recuperación de la recesión en el presente año 2017	1
11/1/2016	apuntan a un crecimiento regional de 2.7%	0	7/1/2017	saliendo de la recesión en el presente año 2017	1
12/1/2016	sono neutro para economías emergentes	0	8/1/2017	continúa observándose una recuperación económica	1
1/1/2017	sono neutro para economías emergentes	0	9/1/2017	se observa una recuperación económica	1
2/1/2017	NO	0	10/1/2017	se observa una recuperación económica	1
3/1/2017	el consenso apunta a un crecimiento de 2.5% para 2014	0	11/1/2017	ha salido de la recesión que le afectó el pasado año	1
4/1/2017	el consenso apunta a un crecimiento de 2.3% para 2014	0	12/1/2017	en América Latina se consolida la recuperación durante 2017	1
5/1/2017	sono neutro para economías emergentes	0	1/1/2018	la recuperación continuó en América Latina	1
6/1/2017	también han sido revisadas a la baja	-1	2/1/2018	el proceso de recuperación continuaría en toda la región	1
7/1/2017	las proyecciones de crecimiento han sido revaloradas hasta 1.7%	1	3/1/2018	las perspectivas de recuperación	1
8/1/2017	han sido revaloradas a la baja	-1	4/1/2018	las perspectivas de crecimiento del FMI apuntan a una expansión	1
9/1/2017	señales de recesión en algunas de las economías	-1	5/1/2018	presenta perspectivas de crecimiento de 2.7% para 2018 y 3.0% para 2019	0
10/1/2017	se proyecta un menor dinamismo económico	-1	6/1/2018	mantiene unas perspectivas favorables	1
11/1/2017	ha sido afectada por la baja en los precios de los commodities	-1	7/1/2018	mantiene un crecimiento positivo	1
12/1/2017	la caída en AL se explica por el final del denominado "Super Ciclo de Commodities"	-1	8/1/2018	presentan una perspectiva de crecimiento positivo	1
1/1/2018	ha ajustado a la baja las proyecciones	-1	9/1/2018	presentan una perspectiva de crecimiento positiva	1
2/1/2018	aumento ligeramente mayor que el alcanzado en el año previo	1	10/1/2018	se han corregido a la baja/ han sido revaloradas al alza	0
3/1/2018	continúa dando muestras de ralentización	-1	11/1/2018	se proyecta que la región estaría creciendo 1.4% en 2018 y 2.0% en 2019	0
4/1/2018	han sido reducidas de 0.8% a 0.5%	-1	12/1/2018	estaría creciendo de forma moderada	0
5/1/2018	continúa creciendo muy por debajo de su promedio histórico	-1	1/1/2019	se proyecta que la región crecerá 1.3 % en 2019 y 2.5 % en 2020	0
6/1/2018	fueron revaloradas a la baja de 0.4% a 0.3%	-1	2/1/2019	se proyecta que la región estaría creciendo 1.9 % en 2019 y 2.5 % en 2020	0
7/1/2018	fueron revaloradas a la baja y apuntan a que la economía no crecerá en 2015	-1	3/1/2019	persiste un comportamiento heterogéneo	0
8/1/2018	el crecimiento continúa disminuyendo	-1	4/1/2019	también se han revisado a la baja las previsiones	-1
9/1/2018	el consenso proyecta una contracción de 0.6% en 2015	-1	5/1/2019	las previsiones de crecimiento se revaloran a la baja	-1
10/1/2018	se proyecta una contracción de 0.7% en 2015	-1	6/1/2019	las previsiones de crecimiento se han corregido a la baja	-1
11/1/2018	la reorientación del resto de las economías	-1	7/1/2019	continúan reduciéndose las proyecciones de crecimiento	-1
12/1/2018	América Latina se contraería en 1.0% en 2015	-1	8/1/2019	continúan deteriorándose	-1
1/1/2019	mantienen débiles	-1	9/1/2019	las proyecciones de crecimiento de América Latina se han deteriorado	-1
2/1/2019	una caída en su actividad económica	-1	10/1/2019	que ha resultado en una reducción de las proyecciones	-1
3/1/2019	presentaría una contracción económica de -0.5% en 2016	-1	11/1/2019	deteriorando aún más las perspectivas	-1
4/1/2019	una contracción en su producción	-1	12/1/2019	se ha acentuado el deterioro	-1
5/1/2019	presentaría una contracción en su producción	-1	1/1/2020	se ha acentuado el deterioro	-1
6/1/2019	NO	0	2/1/2020	se ha acentuado el debilitamiento	-1
7/1/2019	expectativa de contracción en 0.5%	-1	3/1/2020	América Latina que ya enfrentaba una situación económica debilitada	-1
8/1/2019	continuaría en recesión	-1	4/1/2020	se enfrentaba una situación económica debilitada	-1

Fuente: Cálculos del autor con documentos del Banco Central de la República Dominicana.

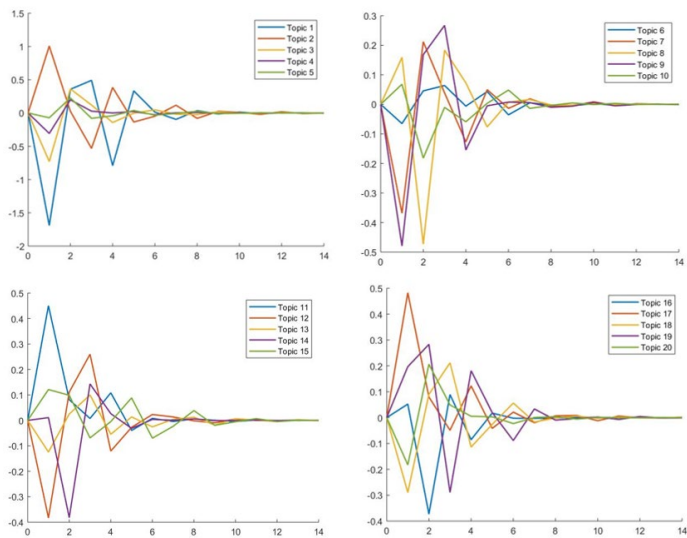
Gráfico 9. Temas en los comunicados del Banco Central de la República Dominicana¹⁰



Fuente: Cálculos del autor con documentos del Banco Central de la República Dominicana.

10 El eje X de la gráfica muestra el peso que tiene cada palabra en cada tema de acuerdo con la matriz U.

Gráfico 10. Respuesta de las expectativas de inflación a un choque de comunicación
(Diferentes temas extraídos por LSA)



Fuente: Cálculos del autor.

SEGUNDA PARTE

Reglas de política monetaria y evaluación de bienestar en una economía pequeña y abierta con fricciones financieras: evidencia para República Dominicana desde un enfoque DSGE Neo Keynesiano

Manuel Alberto Pérez Pérez



Manuel Alberto Pérez Pérez

Nació el 23 de julio de 1991 en la ciudad de Santo Domingo. Ingeniero Civil (Summa Cum Laude) de la Universidad Autónoma de Santo Domingo. Realizó una Maestría en Economía Aplicada en la Pontificia Universidad Católica Madre y Maestra (PUCMM), un Master in Engineering Management de la Universidad Politécnica de Puerto Rico y una Certificación en Matemática Pura de la Universidad de Indiana, Estados Unidos. Galardonado con becas del Ministerio de Educación Superior, Ciencia y Tecnología (MESCYT), del Ministerio de la Juventud y de la Organización de los Estados Americanos (OEA). Labora en el Departamento de Regulación y Estabilidad Financiera del Banco Central de la República Dominicana.

Resumen

En este trabajo se realiza un análisis empírico para determinar las reglas de política monetaria (RPM) óptimas que permiten minimizar el costo en bienestar social en la República Dominicana. Para esto, se presenta un modelo de equilibrio general dinámico y estocástico (DSGE) Neo Keynesiano estructurado para una economía pequeña y abierta con fricciones financieras provenientes del mercado de bonos gubernamentales, el cual se estima siguiendo técnicas bayesianas y de máxima verosimilitud con datos trimestrales en el período 2007T1-2020T1. En términos generales, las estimaciones sugieren que una RPM de orientación *forward-looking*, en la que se pondere la inflación observada, la inflación proyectada y un componente de inercia de la tasa de interés, exhibe los resultados más propicios en términos de bienestar. Ante choques externos, sin embargo, se obtienen evaluaciones favorables desde una RPM que pondera principalmente la inflación, el tipo de cambio y el suavizamiento de la tasa de interés. Posteriormente, a través de simulaciones multivariadas y probabilidades marginales posteriores, se confirma que la RPM de inflación IPC estricta es la que mejor explica la interacción dinámica de las variables domésticas observables, siendo coherente con el esquema de política monetaria vigente. Por último, se derivan análisis complementarios bajo diversos marcos de simulación con miras a identificar fuentes de fluctuaciones económicas e interrelaciones esperadas de respuesta, permitiendo retroalimentar el diseño e implementación de políticas futuras según la naturaleza de los choques estructurales percibidos.

Palabras clave: política monetaria, reglas monetarias óptimas, metas de inflación, estimación bayesiana, DSGE, economía pequeña y abierta.

Clasificación JEL: E52, E58, C61, C68, F41.

1. Introducción

El análisis de la política monetaria instrumentada por los bancos centrales ha sido abordado en los últimos años desde una perspectiva que trata de sintetizar la gestión monetaria de estas instituciones en el marco de una serie de «reglas de política monetaria». Este marco en particular, ha cobrado un auge sustancial con la adopción de los esquemas de metas de inflación desde la década de los noventa, donde los bancos centrales pasan a enfocarse directamente en un objetivo de inflación que apuntan con la tasa de interés de corto plazo como instrumento principal.

Una regla de política monetaria (en lo adelante, RPM) es definida por Taylor (1993, 1999) como una descripción (expresada de forma algebraica, numérica o gráfica) de cómo un instrumento de política monetaria es modificado por la autoridad monetaria en respuesta a cambios en variables macroeconómicas. Así, la propuesta inicial de Taylor (1993) considera a la tasa de interés nominal como el instrumento de política monetaria, que responde a la brecha de inflación (desviaciones de la inflación respecto del nivel objetivo) y a la brecha del producto (desviación del producto respecto de su nivel potencial). Este planteamiento original, no obstante, ha sido modificado significativamente desde varias aristas, entre estas: la incorporación de una variable que recoja la tendencia de los bancos centrales a ajustar la tasa de interés de forma gradual para evitar alteraciones bruscas que pudieran generar inestabilidad e incertidumbre en los mercados financieros (*interest rate smoothing*); la inclusión de otras variables en la regla monetaria que puedan afectar las decisiones de política monetaria en economías pequeñas y abiertas (por ejemplo, el tipo de cambio); y el proceso de formación de las expectativas sobre la inflación y el producto, bien sea a través de aproximaciones con valores

rezagados de las variables (especificación *backward-looking*) o mediante valores anticipados teniendo en cuenta su evolución futura (especificación *forward-looking*).

En todo caso, el análisis primario de las RPM estriba en un intento de aproximar la función de reacción de los bancos centrales. En tal sentido, una vertiente de las metodologías más recientes modela las RPM como el resultado de un problema de optimización intertemporal donde los hacedores de política elijen una trayectoria para la tasa de interés que minimiza una función de pérdida (o maximiza una función de bienestar) descontada en el tiempo, sujeto a restricciones provistas por la estructura de la economía. Estas funciones de pérdidas, por lo general, son expresiones cuadráticas que dependen de las desviaciones de la inflación y la brecha del producto respecto a una meta y, por ende, se asocian directamente con los objetivos de los bancos centrales de mantener la estabilidad macroeconómica. Es por este motivo que, en el transcurso de los años, se le ha asignado una ponderación creciente al estudio de RPM alternativas que se acoplen a las características intrínsecas de cada economía y a los esquemas vigentes de política monetaria, y que su vez, permitan aminorar en la medida de lo posible el costo en bienestar. Lo anterior preserva relevancia en episodios de alta incertidumbre macroeconómica, como se ha visto en las pasadas crisis económicas, o de forma más contemporánea, con el choque global del COVID-19.

La República Dominicana (RD), al ser una economía pequeña y abierta, está condicionada por un entorno internacional cambiante. En este aspecto, depende de los mercados internacionales para importar bienes de capital y materias primas para la producción, por un lado, y de bienes de consumo para satisfacer las necesidades de los ciudadanos. Asimismo, depende en una proporción importante de los mercados de capitales para acceder al ahorro para la inversión y producción, y de

la colocación de valores de deuda por parte del gobierno. Por consiguiente, los análisis de política económica deben considerar estas características a fin de obtener inferencias consistentes que permitan establecer estrategias eficaces y eficientes.

Si bien la literatura dominicana sobre el mecanismo de transmisión de la política monetaria es abundante, no es el caso para la agenda que se orienta al estudio de las RPM, bien sea para determinar las reglas que mejor describen las decisiones de la autoridad monetaria o para proponer reglas alternativas que puedan exhibir resultados plausibles en términos de estabilidad macroeconómica. En efecto, los estudios empíricos para RD en su mayoría asumen en las estimaciones una única RPM que podría exhibir poco ajuste con la praxis de la política monetaria nacional y, en consecuencia, sesgar los análisis de política consecuentes.

En este sentido, y en base a algunas RPM que plantea la literatura internacional, surgen algunas interrogantes: 1) ¿Cuáles RPM podrían ser óptimas para RD en el contexto de disminuir la volatilidad en la inflación y el producto cuando en la economía actúan conjuntamente varios choques económicos; 2) ¿Qué implicaciones tiene cada regla cuando estos choques están presentes de forma aislada?; 3) ¿Cómo varía el mecanismo de transmisión de la política monetaria en función a cada RPM?; 4) ¿Cuáles reglas explican en mayor ajuste la interacción dinámica de las variables domésticas?; 5) ¿Cómo se explica las fluctuaciones observadas y esperadas de las variables macroeconómicas principales?

El objetivo de este trabajo es precisamente responder las interrogantes anteriores. Para esto, se presenta un modelo de equilibrio general dinámico y estocástico (DSGE) Neo Keynesiano estructurado para una economía pequeña y abierta con fricciones financieras provenientes del mercado de bonos gubernamentales, el cual se estima siguiendo técnicas bayesianas y de máxima verosimilitud con datos trimestrales en el período

2007T1-2020T1. En este modelo, se identifican choques estructurales de política monetaria, productividad, preferencias, tasa de interés internacional y nivel de precios mundial.

A modo de síntesis, las estimaciones sugieren que una RPM de orientación *forward-looking* de estructura trinomial, en la que se pondere la inflación observada, la inflación proyectada y un componente de inercia de la tasa de interés, exhibe las evaluaciones más propicias en términos de bienestar, siendo esta regla altamente robusta bajo la presencia de choques domésticos. Ante choques externos, sin embargo, se obtienen resultados favorables desde una RPM que pondera la inflación, el tipo de cambio y el suavizamiento en la tasa de interés. De su parte, las variables reaccionan a los choques estructurales en el sentido cualitativo sugerido por la teoría, aunque con magnitudes heterogéneas en función a las RPM. Asimismo, se obtiene evidencia de que la regla de inflación IPC estricta es la que explica en mayor ajuste la interacción dinámica de las variables domésticas. Por último, los resultados reconocen una contribución importante de la política monetaria en las fluctuaciones del producto, la inflación y el tipo de cambio.

Este trabajo está estructurado en seis secciones, incluyendo esta introducción. La segunda sección contiene la revisión de literatura sobre el tema en estudio. La tercera sección presenta la estructura del modelo, mientras que la cuarta sección discute la estimación, explicando la metodología empírica y los datos empleados. La quinta sección desarrolla los resultados encontrados. Por último, la sexta sección expone las conclusiones del trabajo, recomendaciones de política y futuras líneas de investigación.

2. Revisión de la literatura

A lo largo de los años, el análisis de la política monetaria se ha centrado en responder cuando menos dos preguntas fundamentales. La primera es: ¿cuáles son los efectos de un cambio en la postura de la política monetaria sobre la economía? Esta interrogante ha sido abordada extensamente por la agenda de investigación referente al mecanismo de transmisión de la política monetaria, en razón de que un amplio conocimiento de este proceso es esencial para los bancos centrales en su compromiso de mantener la estabilidad de precios. La segunda pregunta concierne a: ¿cuáles circunstancias llevan a un banco central a modificar la postura monetaria? Este tema suele entenderse como el análisis de la función de reacción de los bancos centrales, y ha cobrado un auge creciente y de importancia especial en países que siguen un esquema de metas explícitas de inflación.

Un debate natural que se presenta en el análisis de la función de reacción de la política monetaria yace en si la respuesta a eventos específicos debe seguir una regla en particular o si ésta debe ser discrecional. En este contexto, Kydland y Prescott (1977) y Barro y Gordon (1983) muestran que la consecuencia de una extrema flexibilidad o discrecionalidad en el manejo monetario conduce a la pérdida de credibilidad, afectando directamente el objetivo de estabilización y generando así un «sesgo de inflación»¹. Lo antes dicho, se acude a que la autoridad monetaria tiene objetivos que podrían ser contrapuestos y que para lograrlos tenga que comprometer el cumplimiento de los anuncios en materia de inflación (Aboal y Lorenzo, 2005).

1 El sesgo de inflación ocurre cuando un banco central, por buscar objetivos reales de corto plazo, infla la economía y, en consecuencia, aumenta el crecimiento en el nivel de precios. En este sentido, las reglas monetarias brindan una guía a los bancos centrales de cómo intervenir en el mercado (Giraldo, 2008).

Las reglas, en cambio, permiten que las decisiones tengan un referente sistemático; son instrumentos de comunicación eficaces que permiten explicar lo que se hace; constituyen un medio de compromiso con un comportamiento claro, evitando presiones externas; y permiten alcanzar mayor credibilidad en menos tiempo (De La Dehesa, 2001).

El enfoque de las RPM, indudablemente, empezó a manifestarse con mayor apogeo a partir de la evidencia identificada por Taylor (1993). Este estudio ha sido especialmente relevante no solo porque aporta el primer ejemplo de la metodología de RPM, sino que también ha guiado subsecuentemente los análisis de esta naturaleza. En su forma inicial, la regla propuesta por Taylor (1993) considera a la tasa de interés nominal como el instrumento de política monetaria, que responde a las desviaciones de la inflación respecto de su nivel objetivo (brecha de inflación) y a la desviación del producto de su nivel potencial (brecha del producto). El autor identifica que las políticas monetarias que se centran en estos objetivos son mucho más eficientes que aquellas que se ajustan con la oferta de dinero y el tipo de cambio. Añade, sin embargo, que una RPM no debe ser interpretada como una fórmula mecánica a seguir, pues un elemento de discreción en su uso es siempre deseable. De hecho, sostiene que una RPM se describe mejor como un enfoque sistemático para analizar la política monetaria.

La estrategia de Taylor (1993), asimismo, condujo a que se a profundizaran las reglas monetarias en especial como una herramienta de política en los esquemas de inflación objetivo (*inflation targeting*) que se estaban adoptando contemporáneamente. De esta forma, otros autores emprendieron en formalizar los fundamentos teóricos de la regla de Taylor (1993) y a plantear diversas propuestas y modificaciones sobre esta base de referencia. Al respecto, Svensson (1996) y Clarida, Galí y Gertler (1999) demuestran que aproximaciones a esta regla

pueden obtenerse de un proceso de optimización en la que el banco central minimiza una función de pérdida (cuadrática en la brecha de inflación y en la brecha del producto) sujeta a un modelo macroeconómico estructural. En particular, estos autores establecen que la regla monetaria se formule en respuesta a la evolución esperada de las brechas de inflación y del producto, en lugar de hacerlo en función al desempeño pasado y actual como en la primera regla de Taylor (1993).

Por otro lado, el uso de la regla de Taylor (1993) fue cuestionado para el caso de economías pequeñas y abiertas, donde el tipo de cambio es un mecanismo de transmisión importante que opera afectando el objetivo de inflación a través de movimientos en los precios de bienes importados. En este ámbito, Ball (1999) argumenta que las reglas óptimas de política monetaria podrían incluir, además de las brechas de inflación y producto, otras variables que puedan afectar las decisiones de política monetaria, entre ellas, el tipo de cambio, la tasa de interés externa o la percepción riesgo país. Así pues, Ball (1999) modifica la regla de Taylor (1993) utilizando como meta intermedia una combinación de la tasa de interés y del tipo de cambio.

Mientras tanto, un aspecto influyente que se estaba indagando paralelamente era el mecanismo de inercia, gradualidad o suavizamiento que se evidenciaba en la función de reacción de la tasa de interés de política monetaria (*interest rate smoothing*). En referencia a esto, Goodfriend (1991) y Roley y Sellon (1995) argumentan que la implementación de una trayectoria predecible para la tasa de interés de corto plazo permite al banco central ejercer una mayor influencia sobre las tasas de largo plazo y, por lo tanto, sobre la actividad económica y la inflación futura. Sobre la misma vena, Poole (1991) sostiene para entonces, que los bancos centrales se movían en pequeños pasos para tener una brecha de ver cómo reaccionaban las tasas de mayor plazo; si éstas últimas no respondían suficientemente,

entonces podrían optar por otro movimiento. Por su parte, Goodhart (1997) y Woodford (1999) arguyen que el mecanismo de gradualidad en la tasa de interés posibilita variaciones moderadas de corto plazo que conllevan a una estabilización uniforme de la inflación, evitar reacciones desfavorables en los mercados financieros y a la realización de un ciclo económico homogéneo. Luego, Sack y Wieland (2000) añaden que el *interest rate smoothing* puede ser deseable porque engloba un enfoque prospectivo, errores de medición en las variables macroeconómicas e incertidumbre en los parámetros. En lo adelante, estos eventos fueron validados parcial o totalmente de forma empírica por Rojas (2002), Orphanides (2003), Giannoni y Woodford (2003), Woodford (2003a), Consolo y Favero (2009), Giannoni (2012), entre otros.

Adicionalmente, en los esquemas de reglas monetarias se estaba considerando el proceso de formación de expectativas sobre las variables de inflación y brecha del producto, distinguiéndose dos vertientes. En la primera, las expectativas se aproximan mediante valores rezagados, teniendo en cuenta su evolución pasada (especificación *backward-looking*), como puede verse en Kozicki (1999). En la segunda, las expectativas se estiman por medio de valores anticipados, teniendo en cuenta su evolución futura (especificación *forward-looking*), como proponen Batini y Haldane (1998) y Clarida, Galí y Gertler (2000). Esta segunda vertiente en específico, muestra alinearse de forma más precisa con los esquemas de inflación objetivo. En concreto, las reglas de orientación «hacia adelante» o *inflation forecast-based* (IFB) se retroalimentan a partir de los valores esperados de la inflación futura, donde la tasa de interés se define con miras a lograr que el valor final de la inflación converja o se mantenga con la meta establecida en un horizonte de tiempo operativo.

De cualquier forma, el análisis primario de las RPM radicó en un intento de aproximar la función de reacción de los bancos centrales. Las metodologías más estructurales modelan las RPM como el resultado de un problema de optimización intertemporal donde los hacedores de política elijen una trayectoria para la tasa de interés que minimiza una función de pérdida (o maximiza una función de bienestar) descontada en el tiempo, sujeto a restricciones provistas por la estructura de la economía. Estas funciones, por lo general, son expresiones cuadráticas que dependen de las desviaciones de la inflación y la brecha del producto respecto a una meta y, por ende, se asocian directamente con los objetivos de los bancos centrales de mantener la estabilidad macroeconómica. De esta manera, en línea con los argumentos de Svensson (1999), los esquemas de metas inflación se pueden interpretar como una regla meta (*targeting rule*) con una función de pérdida relativamente explícita a ser minimizada.

Siguiendo el criterio de funciones de pérdida, Batini y Haldrup (1998) fundamentan que las reglas *forward-looking* o IFB proveen ganancias en términos de bienestar sobre las reglas tipo Taylor, esto al estimar un modelo que caracterizaba la dinámica de economías pequeñas y abiertas que fueron pioneras en adoptar el esquema de inflación objetivo (Reino Unido, Canadá y Nueva Zelanda). Al considerar explícitamente rezagos en la transmisión monetaria e información potencial sobre la inflación futura, los autores indican que esta familia de reglas permite lograr un mayor control sobre la inflación y un alto grado de suavizamiento del producto, lo que incide favorablemente para conseguir un nivel de bienestar óptimo. En la misma línea, Batini, Harrison y Millard (2003) al examinar una batería de RPM para una economía pequeña y abierta, concluyen que las reglas IFB muestran las evaluaciones más óptimas en términos de bienestar, asociadas con una menor variabilidad de la inflación en comparación con otras RPM alternativas para economías

cerradas o abiertas. En adición, sostienen que la inclusión de una respuesta separada al nivel del tipo de cambio solo aporta ganancias marginales. Posteriormente, los argumentos en favor de las reglas *forward-looking* fueron validados por varios estudios enfocados a economías pequeñas y abiertas, entre ellos, Aboal y Lorenzo (2005), Gil (2015), Mariusz y Zbigniew (2018).

En lo concerniente a la metodología para derivar o evaluar RPM óptimas, la literatura más contemporánea acude a modelos de equilibrio general dinámico y estocástico (DSGE) Neo Keynesianos. Como extensiones de los modelos de ciclo económico real (RBC), la modelación Neo Keynesiana especifica explícitamente los objetivos y las restricciones de optimización que enfrentan los hogares y las empresas, donde estos agentes interactúan en un entorno incierto para determinar precios y cantidades de equilibrio. La existencia de rigideces de precios y salarios nominales a corto plazo generadas por la competencia monopolística y la reoptimización escalonada en la producción y los mercados laborales, permiten a la política monetaria un papel estabilizador cíclico, que generalmente se implementa a través del control de la tasa de interés nominal de acuerdo con una RPM (Vitek, 2006).

Entre las referencias que evalúan RPM óptimas para economías pequeñas y abiertas desde un enfoque Neo Keynesiano, cabe destacar el trabajo pionero de Galí y Monacelli (2005). Estos autores muestran que la estructura de una función de pérdida basada en la utilidad de los consumidores para una economía pequeña y abierta es análoga a la correspondiente para economías cerradas (es decir, penaliza las fluctuaciones en la inflación doméstica y la brecha del producto). Luego, al comparar tres regímenes monetarios alternativos estrictos de: (a) inflación doméstica (SDIT), (b) inflación IPC (SCIT), y (c) tipo de cambio fijo (PEG), concluyen que el esquema SDIT emerge como el más óptimo, mientras que el PEG genera

sustancialmente mayores pérdidas de bienestar debido al exceso de suavidad en los términos de intercambio.

Más adelante, Galí (2015) extiende su análisis anterior añadiendo dos reglas estilizadas tipo Taylor, que pueden considerarse como versiones flexibles de las reglas de metas de inflación especificadas anteriormente, donde ahora asignan una mayor preocupación por las fluctuaciones del producto. La primera hace que la tasa de interés nacional responda sistemáticamente a la inflación doméstica y al producto (FDIT), mientras que la segunda (FCIT) asume que la inflación IPC es la variable a la que reacciona el banco central (además del producto). De los cinco esquemas analizados, los cálculos indican que la regla SDIT resulta ser nuevamente la más óptima, seguido de la SCIT. Similarmente, las estimaciones señalan la regla PEG como la que amplifica en mayor medida la volatilidad tanto en la brecha del producto como en la inflación doméstica, mientras que las reglas flexibles implicaron mayores pérdidas que las estrictas.

Por otra parte, conforme han evolucionado los mercados de capitales y la dependencia de las economías sobre la colocación de valores de deuda, los modelos Neo Keynesianos han sido extendido plausiblemente para incluir el mercado de bonos gubernamentales y sus correspondientes fricciones financieras provenientes de los costos de ajuste de portafolio. En este campo de análisis, Harrison (2017) obtiene que el uso de la expansión cuantitativa (*quantitative easing*) como instrumento adicional por parte del banco de Inglaterra puede mejorar el nivel de bienestar, dado que permite compensar los efectos de los choques sobre el producto y la inflación. Más recientemente, Aliaga (2020) aplica el enfoque de Galí (2015) y Harrison (2017) para examinar diez RPM para la economía peruana, encontrando que la RPM basada en el pronóstico de la inflación (IFB) y las reglas que ponderan el tipo de cambio

muestran los resultados más óptimos al minimizar la función de pérdida considerada.

Evidentemente, las estrategias más consistentes para estimar los modelos DSGE Neo Keynesianos se cimientan en métodos denominados «fuertes» o de información completa. Estos se basan en la especificación de una estructura probabilística para el modelo que permite la construcción de una función que maximiza la probabilidad de observar un conjunto determinado de datos en base a los parámetros del modelo subyacente (función de verosimilitud). Así, en la versión clásica de computación de estos métodos, las estimaciones de los parámetros se determinan de forma directa a partir de este proceso². En tanto que en la versión más moderna -el enfoque bayesiano-, se incorporan distribuciones de probabilidad adicionales provistas por el investigador que se combinan con la información de la verosimilitud y luego la función resultante se maximiza bajo el criterio indicado previamente³. Particularmente, el método de estimación bayesiana es el más popular dentro de los métodos de información completa (Piña, 2016), ofreciendo entre sus ventajas que: la estimación no es sensible al valor estimado de cada parámetro, implican una mayor eficiencia por el uso de toda la información disponible y permiten una mayor caracterización del proceso de generación de datos. Por estos y otros beneficios es que se opta por la estrategia de estimación bayesiana en este trabajo.

2 Algunas aplicaciones de este enfoque para modelos DSGE se encuentran en Kim (2000) y Irland (2001).

3 La aplicación de estas técnicas de estimación en un modelo DSGE se realizó inicialmente por DeJong, Ingram y Whiteman (2000). Desde entonces, han sido adoptadas por varios investigadores.

3. Estructura del modelo

El modelo estructural que se desarrolla en este estudio se basa principalmente en los trabajos de Galí y Monacelli (2005), Galí (2015), Harrison (2017) y Aliaga (2020), donde se emplea un enfoque Neo Keynesiano extendido para incluir fricciones financieras provenientes del mercado de bonos gubernamentales para una economía pequeña y abierta, como la dominicana.

La economía está habitada por cuatro agentes que toman decisiones óptimas en base a una función objetivo: hogares, firmas domésticas, importadores y gobierno representado por el banco central. El hogar representativo enfrenta costos de ajuste de portafolio o cartera al asignar sus recursos entre bonos de corto y largo plazo, donde se crea una brecha entre los rendimientos de estos activos que puede verse influenciada por las acciones de política monetaria. La demanda agregada está compuesta por el promedio ponderado de las tasas de interés de corto y largo plazo, en tanto que la oferta agregada, caracterizada por la curva de Phillips, asume que los precios son rígidos y no se ajustan inmediatamente ante cambios en los costos o en la demanda. Por su parte, el tipo de cambio nominal y la paridad descubierta de tasas de interés cumplen el rol de propagar choques internacionales en la economía doméstica.

En la economía que caracteriza el modelo, la incertidumbre proviene del lado de la oferta y de la demanda, donde se asumen choques de política monetaria, productividad, preferencias, tasa de interés internacional y nivel de precios mundial. En cada caso, se aborda las implicaciones macroeconómicas con un énfasis especial en las reglas que utilizan los bancos centrales en la actualidad para el diseño e implementación de la política monetaria. De este modo, los resultados permiten resaltar estrategias óptimas según la naturaleza del choque prevalente.

3.1. Restricción presupuestaria

Una economía pequeña y abierta típica habitada por familias tiene limitaciones de recursos; con los ingresos que recaudan, asignan sus gastos a un conjunto de bienes y activos. Se considera que hay tres activos en la economía: bonos gubernamentales nominales de corto plazo, bonos gubernamentales nominales de largo plazo y activos contingentes estatales. Los bonos nominales de largo plazo se toman como instrumentos de madurez infinita y los activos contingentes estatales se negocian en los mercados internacionales. Considerando el planteamiento de Woodford (2003b), la restricción presupuestaria estaría compuesta por activos nominales, en una economía sin balances monetarios, mediante la siguiente especificación:

$$B_t^S + B_t^L + E_t Q_{t,t+1} A_{t+1}^C + P_t C_t = R_{t-1} B_{t-1}^S + R_t^L B_{t-1}^L + A_t^C + W_t N_t + T_t + D_t - \Psi_t \quad (1)$$

El lado izquierdo de la ecuación (1) contiene los gastos: B_t^S , son los bonos gubernamentales nominales de corto plazo; B_t^L son los bonos gubernamentales nominales de largo plazo; A_{t+1}^C son las tenencias de activos contingentes (transados internacionalmente), $Q_{t,t+1}$ es el precio de estos activos (también conocido como factor de descuento estocástico) y E_t su expectativa condicional; C_t son los bienes de consumo; y P_t es el índice de precios al consumidor. En contraposición, el lado derecho de la ecuación (1) contiene los ingresos: B_{t-1}^S son los bonos gubernamentales nominales de corto plazo comprados en el período anterior, que vencen en el período actual con un pago nominal de R_{t-1} por bono; B_{t-1}^L son los bonos gubernamentales nominales de largo plazo comprados en el período anterior, que vencen en el período actual con un pago

nominal de R_t^l por bono; N_t son las horas trabajadas; W_t es el salario nominal; T_t son las transferencias netas o impuestos; D_t son los dividendos de las compañías; y Ψ_t son los costos de ajuste del portafolio. Por tanto, R_t y R_t^l son las tasas de interés de corto plazo y largo plazo, respectivamente.

Estos bonos gubernamentales nominales, al ser sustitutos imperfectos, mantienen costos de ajuste cuadráticos, configurados en una función convexa que refleja los gastos de corretaje:

$$\begin{aligned} \Psi_t = & \frac{P_t(b^s + b^l)}{2} \left[\delta \frac{B_t^s}{B_t^l} - 1 \right]^2 \\ & + \frac{P_t(b^s + b^l)}{2} \left[\frac{B_t^s/B_t^l}{B_{t-1}^s/B_{t-1}^l} - 1 \right]^2 \end{aligned} \quad (2)$$

donde b^s y b^l denotan, respectivamente, los niveles reales de los bonos gubernamentales de corto plazo y largo plazo en el estado estacionario, mientras que δ corresponde a la relación de tenencia en estado estacionario de los bonos de largo plazo a los bonos de corto plazo, de manera que estos costos son cero en el estado estacionario no estocástico.

Estos costos de ajuste tienen dos componentes. El primer componente, que es una función de la desviación de la mezcla de cartera B_t^s/B_t^l de su nivel deseado, intenta capturar las variaciones en la oferta de estos bonos que pueden tener efectos directos en sus tasas de rendimiento y, en consecuencia, en las decisiones de consumo e inversión de los agentes económicos. El segundo componente, que es una función de la desviación del cambio en la mezcla de cartera, muestra que las variaciones en la oferta de los bonos asociados con su adquisición tienen un efecto en la tasa de los bonos comprados y sus sustitutos cercanos.

3.2. Hogares

La economía está poblada por un continuo de hogares que tienen preferencias sobre una canasta de bienes de consumo diferenciados y trabajo. Estos hogares resuelven tres disyuntivas principales en un escenario estocástico: (a) el diseño de un plan de consumo-ahorro, (b) la asignación de recursos a distintos bienes de consumo en cada período y a la tenencia de activos financieros, y (c) la decisión de cuántas horas de trabajo ofrecer. Las decisiones de consumo y ahorro son realizadas en mercados completos y los hogares son tomadores de precios. En contraste, la decisión de cuánto trabajo ofrecer se hace en un contexto en el que los hogares tienen poder de mercado sobre el tipo de trabajo a ofrecer, lo cual puede ser interpretado como la existencia de un sindicato que negocia período a período el salario vigente en el mercado para cada una de las variedades o tipos de empleo.

Formalmente, cada hogar resuelve maximizar la función objetivo expresada en la ecuación (3), sujeto a la restricción presupuestaria (4) que incluye la formulación de costos de ajuste de cartera, y a la condición de acumulación no excesiva de deuda (5), es decir:

$$\max_{\{B_t^s, B_t^l, A_{t+1}^c, C_t, N_t\}_{t=0}^{\infty}} E_0 \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t g_t \left\{ \frac{C_t^{1-\sigma}}{1-\sigma} - \frac{N_t^{1+\varphi}}{1+\varphi} \right\} \quad (3)$$

con

$$\begin{aligned}
 & B_t^s + B_t^l + E_t Q_{t,t+1} A_{t+1}^c + P_t C_t \\
 & = R_{t-1} B_{t-1}^s + R_t^l B_{t-1}^l + A_t^c + W_t N_t + T_t \\
 & + D_t - \frac{P_t(b^s + b^l)}{2} \left[\delta \frac{B_t^s}{B_t^l} - 1 \right]^2 \\
 & - \frac{P_t(b^s + b^l)}{2} \left[\frac{B_t^s/B_t^l}{B_{t-1}^s/B_{t-1}^l} - 1 \right]^2 \quad (4)
 \end{aligned}$$

$$\lim_{T \rightarrow \infty} E_t Q_{t,T+1} \{ R_T B_T^s + R_{T+1}^l B_T^l + A_{T+1}^c \} \quad (5)$$

donde β es el factor de descuento, σ es el coeficiente de aversión al riesgo, φ corresponde a la inversa de la elasticidad de la oferta laboral o comúnmente conocida como elasticidad de Frisch, y g_t representa el choque de preferencias que influye en el comportamiento de la tasa de interés real natural.

La restricción de acumulación no excesiva de deuda (5) establece que, en el largo plazo, los pasivos nominales netos del hogar deben crecer a una tasa más baja que la tasa de interés nominal. Esta condición excluye esquemas en los que los hogares renuevan sus deudas netas de forma permanente.

3.2.1. El problema intratemporal

El gasto de consumo está compuesto por los gastos en bienes nacionales y en bienes importados:

$$P_t C_t = P_{d,t} C_{d,t} + P_{m,t} C_{m,t} \quad (6)$$

donde $P_{d,t}$ es el índice de precios domésticos, $P_{m,t}$ es el índice de precios importados expresado en moneda nacional, $C_{d,t}$ y $C_{m,t}$ son índices de consumo de bienes domésticos e

importados, respectivamente. El consumo C_t y el índice de precios al consumidor P_t están definidos por funciones de Elasticidad de Sustitución Constante (CES):

$$C_t \equiv \left[(1 - \alpha)^{\frac{1}{\eta}} C_{d,t}^{\frac{\eta-1}{\eta}} - \alpha^{\frac{1}{\eta}} C_{m,t}^{\frac{\eta-1}{\eta}} \right]^{\frac{\eta}{\eta-1}} \quad (7)$$

$$P_t \equiv \left[(1 - \alpha)^{\frac{1}{\eta}} P_{d,t}^{1-\eta} - \alpha^{\frac{1}{\eta}} P_{m,t}^{1-\eta} \right]^{\frac{1}{1-\eta}} \quad (8)$$

El parámetro η es la elasticidad de sustitución entre bienes domésticos e importados, y el parámetro $\alpha \in [0,1]$ es el coeficiente de apertura de la economía, medido como proporción de los productos importados en relación al consumo agregado.

A su vez, los índices de consumo de bienes domésticos e importados quedan definidos mediante:

$$C_{d,t} \equiv \left(\int_0^1 C_{d,t}(i)^{\frac{\epsilon-1}{\epsilon}} di \right)^{\frac{\epsilon}{\epsilon-1}} \quad (9)$$

$$C_{m,t} \equiv \left(\int_0^1 C_{m,t}(j)^{\frac{\epsilon-1}{\epsilon}} dj \right)^{\frac{\epsilon}{\epsilon-1}} \quad (10)$$

donde $i \in [0,1]$ representa la variedad de bienes domésticos y $j \in [0,1]$ la variedad de bienes importados. De este modo, $C_{d,t}(i)$ es el consumo individual doméstico y $C_{m,t}(j)$ es el consumo individual importado. Por su parte, el parámetro ϵ denota la elasticidad de sustitución intratemporal entre las diferentes variedades de bienes.

Asimismo, los índices de precios de bienes domésticos e importados se definen mediante:

$$P_{d,t} \equiv \left(\int_0^1 P_{d,t}(i)^{1-\epsilon} di \right)^{\frac{1}{1-\epsilon}} \quad (11)$$

$$P_{m,t} \equiv \left(\int_0^1 P_{m,t}(j)^{1-\epsilon} dj \right)^{\frac{1}{1-\epsilon}} \quad (12)$$

donde $P_{d,t}(i)$ es el precio individual doméstico y $P_{m,t}(j)$ es el precio individual importado.

La solución del problema intertemporal arroja las siguientes funciones de demanda de consumo de bienes domésticos e importados, que son las asignaciones óptimas dentro de la variedad de bienes disponibles:

$$C_{d,t}(i) = (1 - \alpha) \left(\frac{P_{d,t}(i)}{P_{d,t}} \right)^{-\epsilon} \left(\frac{C_{d,t}}{P_t} \right)^{-\eta} C_t \quad (13)$$

$$C_{m,t}(j) = \alpha \left(\frac{P_{d,t}(i)}{P_{d,t}} \right)^{-\epsilon} \left(\frac{C_{d,t}}{P_t} \right)^{-\eta} C_t \quad (14)$$

3.2.2. El problema intertemporal

Como se muestra en el Apéndice A1, las condiciones de primer orden de los hogares con respecto al consumo, los bonos de corto plazo y los bonos de largo plazo se pueden combinar y log-linealizarse alrededor del estado estacionario⁴, resultando la siguiente ecuación de Euler:

4 Siguiendo el método de Uhlig (1995), $\hat{a}_t = \log(a_t) - \log(a_{ss})$ es la desviación de la variable a_t de su estado estacionario a_{ss} .

$$\begin{aligned}\hat{c}_t = & E_t \hat{c}_{t+1} - \frac{1}{\sigma} [\hat{R}_t - E_t \hat{\pi}_{t+1}] + \frac{\delta(1+\delta)}{\sigma} [\hat{b}_t^s - \hat{b}_t^l] \\ & + \frac{(1+\delta)}{\sigma} \Delta [\hat{b}_t^s - \hat{b}_t^l] \\ & - \frac{(1+\delta)}{\sigma} \beta E_t \Delta [\hat{b}_{t+1}^s - \hat{b}_{t+1}^l] + \frac{1}{\sigma} (1 - \rho_g) \hat{g}_t\end{aligned}\quad (15)$$

De esta forma, el consumo agregado es una función del consumo esperado $E_t \hat{c}_{t+1}$, la tasa de interés nominal \hat{R}_t , la inflación esperada $E_t \hat{\pi}_{t+1}$, la tenencia de bonos reales de corto plazo \hat{b}_t^s , la tenencia de bonos reales de largo plazo \hat{b}_t^l , y el choque de preferencias \hat{g}_t . Esta ecuación también se puede representar como un promedio ponderado de las tasas de interés de los bonos de corto y largo plazo, por medio de:

$$\hat{c}_t = E_t \hat{c}_{t+1} - \frac{1}{\sigma} \left[\frac{1}{1+\delta} \hat{R}_t + \frac{\delta}{1+\delta} E_t \hat{R}_{t+1} - E_t \hat{\pi}_{t+1} \right] + \frac{1}{\sigma} (1 - \rho_g) \hat{g}_t \quad (16)$$

Adicionalmente, de las condiciones de optimización se obtiene la ecuación de la tasa de interés nominal de largo plazo esperada, la cual tiene la siguiente forma:

$$\begin{aligned}E_t \hat{R}_{t+1} = & \hat{R}_t - \delta \gamma [\hat{b}_t^s - \hat{b}_t^l] - \gamma \Delta [\hat{b}_t^s - \hat{b}_t^l] + \\ & \beta \gamma E_t \Delta [\hat{b}_{t+1}^s - \hat{b}_{t+1}^l]\end{aligned}\quad (17)$$

donde $\gamma = (1 + \delta)/\delta$. Esta ecuación indica que la tasa de largo plazo esperada depende de las tenencias relativas de los bonos de corto y largo plazo de los hogares. Como resultado, un aumento en las tenencias relativas de bonos de corto plazo de los hogares actúa como una reducción en la tasa de interés nominal de largo plazo, aumentando la demanda de consumo.

3.3. Sector externo

En esta parte, se definen un conjunto de relaciones que vinculan el comportamiento de la inflación total a la dinámica de los precios externos. Por un lado, se asume que la economía no tiene influencia en la determinación del precio de exportación de los bienes de producción domésticos, por lo que se considera que la ley de un solo precio se cumple en este tipo de bienes. Además, existe un traspaso incompleto de las variaciones del costo de importación a los precios de bienes importados a nivel doméstico.

Términos de intercambio:

$$\hat{t}t_t = \hat{p}_{m,t} - \hat{p}_{d,t} \quad (18)$$

Esta identidad se define como la diferencia entre el índice de precios de productos importados y el índice de precios de productos domésticos.

Índice de precios al consumidor (IPC):

$$\hat{p}_t = (1 - \alpha)\hat{p}_{d,t} + \alpha\hat{p}_{m,t} \quad (19)$$

$$\hat{p}_t = \hat{p}_{d,t} + \alpha\hat{t}t_t \quad (20)$$

El IPC (19) está compuesto por el índice de precios domésticos y el índice de precios importados. Este índice de precios agregado también puede expresarse por medio de la identidad (20) que incluye los términos de intercambio.

Inflación IPC e inflación doméstica:

$$\hat{\pi}_t = \hat{p}_t - \hat{p}_{t-1} \quad (21)$$

$$\hat{\pi}_{d,t} = \hat{p}_{d,t} - \hat{p}_{d,t-1} \quad (22)$$

$$\hat{\pi}_t = \hat{\pi}_{d,t} + \alpha(\hat{t}t_t - \hat{t}t_{t-1}) \quad (23)$$

La inflación IPC (21) se define como la tasa de cambio en el IPC, mientras que la inflación doméstica (22) es la tasa de cambio en el índice de precios domésticos. Estas dos identidades pueden relacionarse usando los términos de intercambio, mediante la ecuación (23).

Tipo de cambio nominal:

$$\hat{t}t_t = \hat{e}_t + \hat{p}_t^* - \hat{p}_{d,t} \quad (24)$$

Se asume que la ley de un solo precio se mantiene en todos los períodos, siendo \hat{e}_t el tipo de cambio nominal y \hat{p}_t^* el nivel de precios mundial expresado en moneda extranjera (en lo adelante, esta variable está representada mediante un choque).

Tipo de cambio real:

$$\hat{q}_t = \hat{p}_{m,t} - \hat{p}_t \quad (25)$$

$$\hat{q}_t = (1 - \alpha)\hat{t}t_t \quad (26)$$

El tipo de cambio real (25) se define como la diferencia entre el índice de precios importados y el IPC, pudiendo de igual modo expresarse en función a los términos de intercambio en la ecuación (26).

Riesgo compartido internacional:

$$\hat{c}_t = \hat{y}_t^* + \frac{1}{\sigma}\hat{g}_t + \left(\frac{1 - \alpha}{\sigma}\right)\hat{t}t_t \quad (27)$$

Esta identidad asume un conjunto completo de activos contingentes negociados en el mercado internacional, donde \hat{y}_t^* es el producto mundial y \hat{g}_t el choque de preferencias.

Paridad descubierta de tasas de interés:

$$\hat{R}_t = \hat{R}_t^* + E_t \hat{e}_{t+1} - \hat{e}_t \quad (28)$$

Se asume un régimen de tipo de cambio flexible con perfecta movilidad de capitales, siendo \hat{R}_t^* la tasa de interés internacional. Esta ecuación parte del diferencial entre la tasa de interés doméstica e internacional, donde el tipo de cambio se ajusta gradualmente.

Exportaciones:

$$X_t = \alpha T T_{ss}^\eta \hat{y}_t^* \quad (29)$$

Donde $T T_{ss}$ son los términos de intercambio de estado estacionario. Esta identidad supone que las preferencias de los hogares domésticos son idénticas a las preferencias de los hogares en el resto del mundo, y también implica un consumo internacional equivalente a la producción mundial, $\hat{c}_t^* = \hat{y}_t^*$.

3.4. Firmas

Se considera un conjunto de firmas monopolísticamente competitivas indexadas por $i \in [0,1]$ que producen bienes diferenciados que son comprados por los hogares.

$$Y_t \equiv \left(\int_0^1 Y_t(i)^{\frac{\epsilon}{\epsilon-1}} di \right)^{\frac{\epsilon-1}{\epsilon}} \quad (30)$$

siendo Y_t el producto interno agregado, análogo al consumo interno.

Tecnología:

Las firmas producen sus bienes siguiendo una función de producción de rendimientos constantes:

$$Y_t(i) = A_t N_t(i) \quad (31)$$

donde $Y_t(i)$ es el producto de la firma (i) ; $a_t \equiv \log(A_t)$ representa el nivel de tecnología que evoluciona exógenamente en el tiempo; y $N_t(i)$ es el nivel de trabajo empleado por cada firma.

Formación óptima de precios:

Siguiendo a Calvo (1983), la firma doméstica fija los precios de forma escalonada, es decir, existen rigideces nominales en los precios, donde la función objetivo a optimizar viene dada por:

$$\max_{\{\tilde{P}_{d,t}\}} E_t \sum_{k=0}^{\infty} Q_{t,t+k} \theta^k \left\{ \tilde{P}_{d,t} - (1-s) \frac{W_{t+k}}{A_{t+k}} \right\} Y_{t+k} \quad (32)$$

Esta función indica que las firmas eligen el precio $\tilde{P}_{d,t}$ que maximiza el valor presente de los beneficios de mercado generados mientras ese precio sigue siendo efectivo. De su parte, $Q_{t,t+k}$ representa el factor de descuento estocástico para el período $t+k$; θ es el índice natural de rigidez de precios o también conocido como la probabilidad de que la empresa no vuelva a optimizar su precio; y s es un subsidio que neutraliza la distorsión asociada con el poder de mercado de las firmas.

Curva de Phillips con rigideces de precios:

Resolviendo las expresiones que se derivan del problema de optimización de las firmas (ver Apéndice A2), la expresión de la Curva de Phillips que considera rigideces de precios, en su forma linealizada, tiene la siguiente especificación:

$$\hat{\pi}_{d,t} = \beta E_t \hat{\pi}_{d,t+1} - \lambda \hat{\mu}_t \quad (33)$$

Esta ecuación muestra que la inflación interna se compone de la inflación interna esperada $\hat{\pi}_{d,t+1}$, y la brecha de margen $\hat{\mu}_t = -(\sigma_\alpha + \varphi)\hat{x}_t$, con $\lambda = (1 - \theta)(1 - \beta\theta)/\theta$. Inicialmente, bajo la anterior especificación se deduce que la inflación interna no depende de ningún parámetro que caracterice una economía abierta.

3.5. Equilibrio

El equilibrio en el mercado de bienes domésticos se satisface cuando la producción de bienes domésticos es igual a la demanda total de dichos bienes, con lo que en resumen se requiere la siguiente identidad:

$$Y(i) = \left(\frac{P_{d,t}(i)}{P_{d,t}}\right)^{-\epsilon} \left\{ (1 - \alpha) \left(\frac{P_{d,t}}{P_t}\right)^{-\eta} C_t + \alpha TT_{ss}^\eta \hat{y}_t^* \right\} + \Psi_t \quad (34)$$

Al acoplar el producto interno agregado (30) en la definición de demanda interna agregada, se obtiene la siguiente condición:

$$Y_t = (1 - \alpha) \left(\frac{P_{d,t}}{P_t}\right)^{-\epsilon} C_t + \alpha TT_t^\eta \hat{y}_t^* + \Psi_t \quad (35)$$

Los costos de ajuste de cartera log-linealizados no afectan el equilibrio en el mercado de bienes. Así, el producto agregado en equilibrio se puede aproximar a través de su estado estacionario simétrico:

$$\hat{y}_t = (1 - \alpha)\hat{c}_t + \alpha\eta\hat{t}\hat{t}_t + \alpha\hat{y}_t^* \quad (36)$$

Combinando las expresiones (27) y (36), se pueden expresar los términos de intercambio como:

$$\hat{t}\hat{t}_t = \sigma_\alpha(\hat{y}_t - \hat{y}_t^*) - (1 - \alpha)\Phi\hat{g}_t \quad (37)$$

donde $\sigma_\alpha \equiv \sigma\Phi$, $\Phi \equiv 1/(1 + \alpha(\bar{\omega} - 1))$, y $\bar{\omega} \equiv \sigma\eta + (1 - \alpha)(\sigma\eta - 1)$.

El consumo en una economía abierta es el resultado de combinar la ecuación de Euler (16) y la inflación interna (23):

$$\begin{aligned} \hat{c}_t = E_t \hat{c}_{t+1} - \frac{1}{\sigma} \left\{ \frac{1}{1+\delta} \hat{R}_t - E_t \hat{\pi}_{d,t+1} + \frac{\delta}{1+\delta} E_t \hat{R}_{t+1}^l \right\} + \\ \frac{\alpha}{\sigma} E_t \Delta \hat{t}\hat{t}_{t+1} + \frac{1}{\sigma} (1 - \rho_g) \end{aligned} \quad (38)$$

La combinación de las ecuaciones (36), (37), y (38) arroja la primera versión de la curva IS dinámica para una economía pequeña y abierta:

$$\begin{aligned} \hat{y}_t = E_t \hat{y}_{t+1} - \frac{1}{\sigma_\alpha} \left\{ \frac{1}{1+\delta} \hat{R}_t - E_t \hat{\pi}_{d,t+1} + \frac{\delta}{1+\delta} E_t \hat{R}_{t+1}^l \right\} + \\ \Gamma_{\bar{\omega}} E_t \Delta \hat{y}_{t+1}^* + \frac{1-\alpha}{\sigma} (1 - \rho_g) \hat{g}_t \end{aligned} \quad (39)$$

donde $\Gamma_{\bar{\omega}} = \alpha\bar{\omega} - \alpha$.

Por otro lado, el ciclo económico se caracteriza por la brecha del producto, esto es, la desviación entre el producto y el producto natural:

$$\hat{x}_t = \hat{y}_t - \hat{y}_t^n \quad (40)$$

Por lo tanto, la brecha del producto es positiva si el producto actual excede al producto natural, y negativa si el producto actual no alcanza el producto natural.

En general, la ecuación (39) se puede reformular en términos de la brecha del producto:

$$\hat{x}_t = E_t \hat{x}_{t+1} - \frac{1}{\sigma_\alpha} \left\{ \frac{1}{1+\delta} \hat{R}_t - E_t \hat{\pi}_{d,t+1} + \frac{\delta}{1+\delta} E_t \hat{R}_{t+1}^l - \hat{i}_t^n \right\} \quad (41)$$

De esta forma, la curva IS dinámica depende del promedio ponderado de las tasas de interés de corto y largo plazo, siendo \hat{i}_t^n la tasa de interés real natural. Esta última tiene un concepto de equilibrio implícito que permite determinar si la política monetaria es contractiva o expansiva. Mediante cambios en la tasa de interés nominal de corto plazo, el banco central puede corregir las desviaciones del producto o mantener la inflación interna en un rango determinado. En adición, con una sustitución imperfecta de bonos, es posible tener un canal adicional de política monetaria que influya en la demanda agregada.

A continuación, se presentan las ecuaciones complementarias del modelo en su forma log-linealizada, que se derivan de las expresiones ya establecidas y las condiciones de optimización, necesarias para computar las estimaciones del modelo.

Consumo determinado por la restricción presupuestaria:

$$\hat{c}_t = \hat{y}_t - \hat{n}\hat{x}_t - \alpha \hat{t}\hat{t}_t \quad (42)$$

Exportaciones netas:

$$\hat{n}\hat{x}_t = \alpha \left(\frac{\bar{\omega}}{\sigma} - 1 \right) \hat{t}\hat{t}_t - \frac{\alpha}{\sigma} \hat{g}_t \quad (43)$$

Un choque de preferencias afecta las exportaciones netas, causando un déficit comercial.

Función de producción:

$$\hat{y}_t = \hat{a}_t + \hat{n}_t \quad (44)$$

Producto natural:

$$\hat{y}_t^n = \Gamma_a \hat{a}_t + \Gamma_g \hat{g}_t + \Gamma^* \hat{y}_t^* \quad (45)$$

donde $\Gamma_a \equiv (1 + \varphi)/(\sigma_\alpha + \varphi)$, $\Gamma_g \equiv -\alpha\bar{\omega}\Phi/(\sigma_\alpha + \varphi)$, y $\Gamma^* \equiv -\alpha(\bar{\omega} - 1)\sigma_\alpha/(\sigma_\alpha + \varphi)$. Esta identidad indica que un choque positivo de productividad, un choque positivo de preferencias y un incremento en el producto mundial aumentan temporalmente el producto natural. A largo plazo, una economía en recesión o sobrecalentada debe volver a su nivel natural de producción.

Términos de intercambio naturales:

$$\hat{t}\hat{t}_t^n = \sigma_\alpha(\hat{y}_t^n - \hat{y}_t^*) - (1 - \alpha)\Phi\hat{g}_t \quad (46)$$

En este caso, se tiene que los términos de intercambio naturales pueden ser influenciados por el producto natural, el producto internacional y el choque de preferencias.

Brecha de los términos de intercambio:

Mediante las expresiones (36) y (37), esta brecha se puede representar mediante

$$\tilde{t}\hat{t}_t = \sigma_\alpha \hat{x}_t \quad (47)$$

Brecha de margen:

$$\hat{\mu}_t = -(\sigma + \varphi)\hat{y}_t + \alpha(\bar{\omega} - 1)\hat{t}\hat{t}_t + (1 + \varphi)\hat{a}_t - \alpha\hat{g}_t \quad (48)$$

$$\hat{\mu}_t = -(\sigma + \varphi)\hat{x}_t + \alpha(\bar{\omega} - 1)\tilde{t}\hat{t}_t \quad (49)$$

$$\hat{\mu}_t = -(\sigma_\alpha + \varphi)\hat{x}_t \quad (50)$$

Oferta agregada:

Combinando las ecuaciones (33) y (48), se obtiene la curva de Phillips para una economía abierta:

$$\hat{\pi}_{d,t} = \beta E_t \hat{\pi}_{d,t+1} + \kappa \hat{y}_t - \lambda \alpha (\bar{\omega} - 1) \hat{t}_t - \lambda (1 + \varphi) \hat{a}_t + \lambda \alpha \hat{g}_t \quad (51)$$

en la que $\kappa \equiv \lambda(\sigma + \varphi)$. Esta ecuación expone que la inflación doméstica se ajusta gradualmente de un período a otro. Adicionalmente, se tiene una relación positiva con el producto, una relación negativa con los términos de intercambio, así como una exposición a los choques de productividad (oferta) y a los choques de preferencias (demanda).

De modo similar, si se combinan las identidades (33) y (50), se puede derivar la curva de Phillips Neo Keynesiana:

$$\hat{\pi}_{d,t} = \beta E_t \hat{\pi}_{d,t+1} + \kappa_\alpha \hat{x}_t \quad (52)$$

cuya interpretación radica en que la inflación domestica se compone de la inflación esperada doméstica y la brecha del producto. En particular, $\kappa_\alpha \equiv \lambda(\sigma_\alpha + \varphi)$ muestra que la dinámica de la inflación es influenciada por el grado de apertura del país, α , y la sustitución entre los bienes domésticos e importados. Por consiguiente, mayor grado de apertura reduce la sensibilidad de la inflación doméstica a la brecha del producto.

Tasa de interés real:

$$\hat{i}_t = \hat{R}_t - E_t \hat{\pi}_{d,t+1} \quad (53)$$

Tasa de interés real natural:

$$\hat{i}_t^n = -\sigma_\alpha \Gamma_a (1 - \rho_\alpha) \hat{a}_t + \Theta^* E_t \Delta \hat{y}_{t+1}^* + \Theta_g (1 - \rho_g) \hat{g}_t \quad (54)$$

Con $\Theta^* \equiv \sigma_\alpha[\alpha(\bar{\omega} - 1) + \Gamma^*]$ y $\Theta_g \equiv (1 - \alpha)\Phi - \sigma_\alpha\Gamma_g$. La identidad (54) indica que un choque negativo de productividad, un aumento en el crecimiento esperado del producto mundial y un choque de preferencias positivo temporal implican un aumento de la tasa de interés natural.

Bonos gubernamentales

En equilibrio, los bonos de corto y largo plazo quedan definidos, respectivamente, por las expresiones (55) y (56), en tanto que el equilibrio de mercado de estos activos queda expresado en la identidad (57):

$$\frac{B_t^s}{P_t} = \hat{b}_t^s = b \quad (55)$$

$$\frac{B_t^l}{P_t} = \hat{b}_t^l = \delta b \quad (56)$$

$$\hat{b}_t^s - \hat{b}_t^l = -\hat{b}_t^l \quad (57)$$

Consecuentemente, la relación entre los bonos gubernamentales de largo plazo y la tasa de interés esperada de largo plazo, se vinculan mediante:

$$E_t \hat{R}_{t+1}^l = \hat{R}_t + (1 + \delta + \beta)\gamma \hat{b}_t^l - \gamma \hat{b}_{t-1}^l - \beta \gamma E_t \hat{b}_{t+1}^l \quad (58)$$

Salario:

$$\hat{w}_t - \hat{p}_t = \sigma \hat{c}_t + \varphi \hat{n}_t \quad (59)$$

En complemento a las ecuaciones anteriores, el Apéndice A3 presenta un esquema sintetizado de la estructura del modelo y la interacción entre los agentes.

3.6 . Reglas de política monetaria (RPM)

Las RPM son fórmulas matemáticas que describen cómo los bancos centrales ajustan su tasa de política monetaria (TPM) a los cambios en las principales variables macroeconómicas. Siguiendo la literatura, se evalúan diez reglas para estudiar la interacción dinámica entre las variables⁵, según se resume en la Tabla 1, con el supuesto de que los cambios en la TPM se transmiten a la tasa de interés nominal de corto plazo y a la tasa de interés real.

Tabla 1. Reglas de política monetaria (RPM) simuladas

Regla	Especificación	Descripción/Justificación
R1:	$\hat{R}_t = \varphi_{\pi} \hat{\pi}_t + \hat{\xi}_t$	Esta regla impone un esquema estricto de inflación IPC, donde φ_{π} es el coeficiente de reacción.
R2:	$\hat{R}_t = \varphi_{\pi} \hat{\pi}_{d,t} + \hat{\xi}_t$	Implica un esquema estricto de metas de inflación doméstica, siendo φ_{π} el coeficiente de reacción.
R3:	$\hat{R}_t = \varphi_R \hat{R}_{t-1} + \varphi_{\pi} \hat{\pi}_{d,t} + \hat{\xi}_t$	Consiste en una extensión de la regla R2, donde se añade un componente inercial de la tasa de interés, con coeficiente φ_R .
R4:	$\hat{e}_t = 0$	Regla para régimen de tipo de cambio nominal fijo, justificada por Banerjee, Devereux y Lombardo (2015) para una economía emergente con fricciones financieras.

5 Estas reglas se basan en Batini, Harrison y Millard (2003), Galí (2015) y Walsh (2017) para economías pequeñas y abiertas.

R5:	$\begin{aligned}\hat{R}_t &= \varphi_\pi \hat{\pi}_t + \varphi_x \hat{x}_t \\ &+ \hat{\xi}_t\end{aligned}$	Regla de Taylor (1993), donde la política monetaria responde a la inflación IPC y a la brecha del producto.
R6:	$\begin{aligned}\hat{R}_t &= \varphi_\pi \hat{\pi}_{d,t} + \varphi_x \hat{x}_t \\ &+ \hat{\xi}_t\end{aligned}$	Consiste en la regla de Taylor (1993) considerando la inflación doméstica en lugar de la inflación IPC.
R7:	$\begin{aligned}\hat{R}_t &= \varphi_R \hat{R}_{t-1} \\ &+ \varphi_\pi \hat{\pi}_{d,t} + \varphi_x \hat{x}_t \\ &+ \hat{\xi}_t\end{aligned}$	Se incorpora un componente inercial de la tasa de interés en la regla R6, en línea con Orphanides (2003).
R8:	$\begin{aligned}\hat{R}_t &= \varphi_R \hat{R}_{t-1} \\ &+ \varphi_\pi \hat{\pi}_{d,t} \\ &+ \varphi_{\pi F} \hat{\pi}_{d,t+1} + \hat{\xi}_t\end{aligned}$	Se relaciona con una política de orientación «hacia adelante (<i>forward-looking</i>)», que responde a la inflación doméstica y a las desviaciones de la inflación esperada de la meta, siendo $\varphi_{\pi F}$ la reacción al pronóstico de la inflación. Sustentada en Batini y Haldane (1998).
R9:	$\begin{aligned}\hat{R}_t &= \varphi_\pi \hat{\pi}_{d,t} + \varphi_e \hat{e}_t \\ &+ \hat{\xi}_t\end{aligned}$	Incorpora el canal del tipo de cambio nominal en la transmisión de política monetaria, donde φ_e corresponde al coeficiente de esta reacción.
R10:	$\begin{aligned}\hat{R}_t &= \varphi_R \hat{R}_{t-1} \\ &+ \varphi_\pi \hat{\pi}_{d,t} + \varphi_e \hat{e}_t \\ &+ \hat{\xi}_t\end{aligned}$	Se basa en una extensión de la regla R9 con el canal de tipo de cambio nominal, añadiendo un componente inercial de la tasa de interés.

Fuente: Elaboración propia.

3.7. Especificación de choques estructurales

Los efectos dinámicos del modelo se estudian con la implementación de cinco choques principales: política monetaria, productividad, preferencias, tasa de interés internacional y nivel de precios mundial. Estos choques son modelados como procesos autorregresivos, donde los parámetros $\rho_i \in (0,1)$ son los coeficientes de autocorrelación, y ε_t^i son las innovaciones correspondientes, según se resume en la Tabla 2. Se considera que estas innovaciones siguen una distribución normal, independiente e idénticamente distribuida con desviación estándar σ_i .

Tabla 2. Representación de choques estructurales

Choque	Representación
Política monetaria	: $\hat{\xi}_t = \rho_{\xi} \hat{\xi}_{t-1} + \varepsilon_t^{\xi}$
Productividad	: $\hat{a}_t = \rho_a \hat{a}_{t-1} + \varepsilon_t^a$
Preferencias	: $\hat{g}_t = \rho_g \hat{g}_{t-1} + \varepsilon_t^g$
Tasa de interés internacional	: $\hat{R}_t^* = \rho_{R^*} \hat{R}_{t-1}^* + \varepsilon_t^{R^*}$
Nivel de precios mundial	: $\hat{p}_t^* = \rho_{p^*} \hat{p}_{t-1}^* + \varepsilon_t^{p^*}$

Fuente: Elaboración propia.

3.8. Evaluación de costo en bienestar de las reglas RPM

Para evaluar el costo en bienestar social de las diferentes RPM presentadas en la Tabla 1, se utiliza una función de pérdida basada en la utilidad de los hogares. Siguiendo a Galí y Monacelli (2005) y Galí (2015), bajo los supuestos de un esquema de metas de inflación y una elasticidad de sustitución

unitaria entre los bienes domésticos e importados ($\eta = 1$), es posible derivar una aproximación de segundo orden de la pérdida de utilidad descontada del consumidor representativo doméstico, asociada a las desviaciones y reglas de la política monetaria. Esta medida de costo en bienestar se expresa en términos de la inflación doméstica y la brecha del producto, definida mediante:

$$\mathbb{W} = \frac{(1 - \alpha)}{2} \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \left\{ \frac{\epsilon}{\lambda} \hat{\pi}_{d,t}^2 + (1 + \varphi) \hat{x}_t^2 \right\} \quad (60)$$

Tomando la expectativa incondicional en la expresión (60) y dejando que $\beta \rightarrow 1$, las pérdidas de bienestar esperadas de cualquier política que se desvió del objetivo estricto de inflación se pueden escribir en términos de las varianzas de la inflación y la brecha del producto, resultando:

$$\mathbb{B} = \frac{(1 - \alpha)}{2} \left\{ \frac{\epsilon}{\lambda} \text{var}(\hat{\pi}_{d,t}) + (1 + \varphi) \text{var}(\hat{x}_t) \right\} \quad (61)$$

En lo adelante, se hace uso de la aproximación previa para evaluar las implicaciones de bienestar de las RPM alternativas establecidas en la sección (3.6), y para clasificar esas reglas en función de su bondad de ajuste con los datos observados.

4. Estimación

4.1. Metodologías

Las estimaciones del modelo se computan fundamentalmente a través de un enfoque Bayesiano⁶, siguiendo a Lubik y Schorfheide (2005), Rabanal y Rubio-Ramírez (2005), An y Schorfheide (2006) y Aliaga (2020). Una ventaja de estimar modelos estructurales con esta técnica es la posibilidad de incorporar información a priori (*prior*) que permite guiar la estimación de los parámetros. Bajo esta perspectiva, los parámetros son interpretados en primera instancia como variables aleatorias, cuyo objetivo ulterior es condicionar su estimación probabilística a tres factores: las distribuciones a priori, la estructura del modelo y los datos observados.

En el cómputo de las estimaciones de este estudio, las informaciones *prior* se combinan con la función de verosimilitud para obtener el vector de parámetros de la distribución posterior. En este proceso, se emplea el filtro de Kalman⁷ para evaluar la función de verosimilitud de la aproximación logarítmica lineal del modelo, en tanto que el algoritmo RWMH-MCMC (*Random Walk Metropolis Hastings - Markov chain Monte Carlo*) se utiliza para derivar las distribuciones posteriores⁸.

6 En este enfoque, la estimación de los parámetros estructurales son el resultado de la información provista por el investigador y la información contenida en los datos (verosimilitud).

7 Es un algoritmo para actualizar, observación a observación, la proyección lineal de un sistema de variables sobre el conjunto de información disponible, según se va disponiendo de nueva información. Este permite calcular la verosimilitud de un modelo dinámico lineal, uniecuacional o multiecuacional, lo que permite a su vez estimar los parámetros y proyecciones de dicho modelo [Véase Novales (2017)].

8 El RWMH-MCMC es una de las técnicas más populares de muestreo estadístico que forma parte de la familia de métodos de Monte Carlo. Este algoritmo

Entonces, la probabilidad marginal logarítmica, el factor de Bayes (FB)⁹ y la probabilidad posterior del modelo se utilizan para comparar las RPM establecidas en la sección 3.6, en cuestión del ajuste con los datos¹⁰. Al emplear estas técnicas, es posible determinar la eficiencia de cada regla en términos de la función de costo en bienestar de los hogares, y cuál regla replica con mayor exactitud el proceso generador de datos. De igual modo, con estas estimaciones se derivan análisis complementarios de importancia para fines de política monetaria, como lo son las funciones de impulso respuesta (IRF), la descomposición histórica de varianza, la descomposición de varianza del error de predicción, entre otros.

Las formalidades técnicas sobre la estimación Bayesiana, el algoritmo RWMH-MCMC y el factor de Bayes para este trabajo, se exponen en el Apéndice A4. Para las estimaciones, se configuraron cinco cadenas de 250,000 replicaciones y un ratio de aceptación de aproximadamente 30%, en consistencia con las recomendaciones en el manual de usuarios de Dynare.

4.2. Datos

Para las estimaciones del estudio, se emplean ocho variables observables en frecuencia trimestral para el período comprendido entre el primer trimestre de 2007 al primer trimestre

se basa en generar una cadena de Markov tal que la distribución estacionaria asociada es única e igual a la distribución posterior de interés. Para más detalles sobre este algoritmo, véase Herbst y Schorfheide (2015).

9 Para dos modelos (a) y (b), este factor puede interpretarse como la razón de sus probabilidades posteriores. Así, este ratio puede verse como una medida de que los datos prefieren el modelo (a) sobre el modelo (b).

10 El software utilizado para la estimación del modelo es Matlab R2019a en conjunto con el módulo DYNARE (Dynamic Rational Expectations), diseñado este último para estimar y solucionar modelos dinámicos con perturbaciones aleatorias y expectativas racionales.

de 2020, para un total de 53 observaciones. El conjunto de variables domésticas, cinco en total, contiene el crecimiento interanual del Producto Interno Bruto (PIB), la variación interanual del consumo privado, la inflación interanual medida a través del Índice de Precios al Consumidor (IPC), la variación interanual del tipo de cambio nominal y la tasa de interés interbancaria como *proxy* de la Tasa de Política Monetaria¹¹. Estos datos se obtienen desde la página web del BCRD.

Asimismo, se utilizan el crecimiento interanual del PIB, inflación del IPC y la tasa efectiva de los fondos federales (FFR) de Estados Unidos, respectivamente, como variables representativas de la producción mundial, del nivel de precios mundial y de la tasa de interés internacional. Estas series se adquieren desde la *Federal Reserve Economic Data* (FRED) del Banco de la Reserva Federal de St. Louis.

La evolución histórica de estas series observadas se presenta en el Apéndice A5, entretanto el Apéndice A6 muestra las correlaciones contemporáneas y sus estadísticas descriptivas. De antemano, los estadísticos sugieren una correlación positiva importante entre el PIB y la inflación IPC doméstica con sus variables homólogas externas, no siendo el caso para la tasa de interés doméstica con la internacional.

Todas las variables, para el cómputo de las estimaciones, fueron desestacionalizadas y desviadas de sus tendencias, considerando de este modo los movimientos relacionados al ciclo de negocios¹². Este tratamiento de las series es particularmente

11 La inflación interanual, la tasa interbancaria y el tipo de cambio nominal se transformaron en trimestrales como promedios simples de las observaciones de los tres meses correspondientes, en línea con Aguilera (2018).

12 Las series fueron desestacionalizadas con el método X-12 ARIMA desarrollado por el US Census Bureau. Para extraer la tendencia, se utilizó el filtro Hodrick-Prescott (HP) con un parámetro de suavizado igual a 1600. Ambas técnicas se computaron con el Software EViews 10.

necesario, en razón de que el modelo se resuelve con aproximaciones de Taylor alrededor del estado estacionario. Por lo tanto, es fundamental que las variables sean estacionarias.

4.3. Parámetros

Para este tipo de análisis, las distribuciones a priori juegan un papel importante en la estimación del modelo. En principio, esta información puede provenir de la introspección y conocimiento del investigador, de estudios previos o de valores de largo plazo que se desean alcanzar en el modelo. En el caso particular de este trabajo, la información *prior* de los parámetros fue tomada en base a otras investigaciones que han estimado modelos DSGE para República Dominicana y América Latina¹³. De la misma manera, se calibraron otros parámetros para los cuales no se dispone de información suficiente para generar inferencias sobre su valor.

De un total de veintitrés parámetros primarios, se calibraron (fijaron) seis. El factor de descuento, β , es calibrado en 0.99, de manera que la tasa de interés relevante para el consumidor sea de 4% anual. El parámetro α , que representa el grado de apertura económica, se establece en 0.43, que corresponde con el promedio del ratio importaciones/consumo privado en la muestra considerada. La elasticidad de sustitución intertemporal entre bienes domésticos, ϵ , se fija en un valor de 9¹⁴. La relación de tenencia en estado estacionario de los bonos de largo plazo a los bonos de corto plazo, δ , se calibra en 3,

13 Véase McDermott y McMenamin (2008), Ramírez y Torres (2015), Arana, Ramírez y Wright (2017), y Aguilera (2018).

14 Este valor es implementado en Galí (2015) en el caso de una economía pequeña abierta, y es alrededor del promedio de los valores calibrados en Arana, Ramírez y Wright (2017) y Aliga (2020).

en línea con Harrison (2017) y Aliaga (2020). Asimismo, la inversa de la elasticidad de la oferta laboral φ se establece unitaria, sustentado en Galí (2015) y Ramírez y Torres (2015). Por último, el coeficiente de reacción al pronóstico de la inflación esperada de la regla R8, $\varphi_{\pi F}$, se considera en 5, en sincronía con Batini y Haldane (1998) y Batini, Harrison y Millard (2003).

Los demás parámetros fueron estimados partiendo del método de máxima verosimilitud (MV), a fin de obtener estimaciones que sean más probables de ocurrir según los datos observados en la muestra. Luego, estas informaciones obtenidas son utilizadas como insumos para estimar el modelo por métodos bayesianos, obtener sus distribuciones posteriores y derivar los análisis complementarios. Las estimaciones de los parámetros se presentan en el Apéndice A7, donde se valida que las estimaciones bayesianas posteriores son muy similares a las de MV.

De los parámetros estimados por MV, cabe destacar los valores promedio obtenidos de los coeficientes que reflejan el peso de la inflación, la brecha del producto, el tipo de cambio y la inercia de la tasa de interés en las RPM, de $\varphi_{\pi} = 2.23$, $\varphi_y = 0.01$ y $\varphi_e = 0.15$ y $\varphi_R = 0.74$ respectivamente. Así, el modelo estimado con las variables observables confirma una ponderación mayúscula de la política monetaria sobre la inflación total y su desvío de la meta, lo cual es consistente con el esquema de metas de inflación (EMI) que se sigue en la actualidad¹⁵.

En continuación al punto anterior, el coeficiente de reacción al tipo de cambio sucede en magnitud al coeficiente de inflación (obviando el coeficiente de inercia). Esto último se

15 Con datos estimados para el período 2000 hasta 2012, Ramírez y Torres (2015) obtienen de modo similar un mayor peso hacia la inflación en la regla de política. No obstante, desde la adopción del EMI en el 2012, el objetivo principal de la autoridad monetaria es la tasa de inflación, lo que justifica que para una muestra más reciente se obtenga una ponderación más alta para esta variable. Esto último es consistente con los hallazgos de Checho y Camacho (2018).

enmarca dentro de los trabajos de Rojas (2002) y Morón y Winkelried (2005) en la prevalencia de un esquema de metas de inflación, donde se evidencia que la mayor fuente de volatilidad en economías vulnerables a choques externos proviene específicamente del tipo de cambio. En consonancia, arguyen que la preocupación del tipo de cambio debe seguir en orden de importancia a la inflación en aras de obtener una RPM óptima. En el mismo contexto, los autores sustentan un rol diminuto de la brecha de producto en la función de reacción de la política monetaria. Por su parte, como se verá más adelante, el coeficiente de inercia de la tasa de interés coadyuva en atenuar principalmente la volatilidad de la inflación.

Con relación a los coeficientes de autocorrelación de los choques estructurales, estos presentaron con alto nivel de significancia, en su mayoría, elasticidades sobre 0.60, a excepción al del choque de política monetaria. De su lado, el cómputo para la desviación estándar del choque de política monetaria mantuvo un nivel más alto que los demás choques, similar a las estimaciones en Del Negro y Schorfheide (2008).

5. Resultados

En esta sección se discuten los principales resultados del estudio. En primer lugar, se analiza cuáles RPM resultan más óptimas desde el punto de vista de la minimización del costo en bienestar, esto considerando la activación conjunta o aislada de los choques estructurales. En segundo lugar, se estudian las funciones de impulso respuesta (IRF) de cada choque, simulando cada reacción con las diez RPM que se abordan. En tercer lugar, se evalúan las distribuciones posteriores del modelo estimado, permitiendo inferir cuál regla explica en mayor ajuste al conjunto de las variables observadas. En cuarto lugar, se

realiza un análisis de las fuentes de fluctuaciones de las variables domésticas observables para el período en análisis, permitiendo identificar la contribución histórica de los choques estructurales en la evolución de estas series. Por último, se presenta la descomposición de varianza del error de predicción, donde se destaca en distintos horizontes de tiempo el porcentaje de volatilidad que registra cada variable por los choques estructurales.

5.1. Análisis de bienestar agregado

En razón de que se emplea una función de pérdida de bienestar (\mathbb{B}) como parámetro de medida para evaluar las RPM, la tarea a realizar en esta subsección radica entonces en resaltar las reglas que minimicen este criterio. La Tabla 3 resume, para cada RPM, las desviaciones estándar del producto $\sigma(\hat{y})$, la brecha del producto $\sigma(\hat{x})$, la inflación doméstica $\sigma(\hat{\pi}_d)$, la inflación total $\sigma(\hat{\pi})$, los términos de intercambio $\sigma(\hat{t})$ y de la variación del tipo de cambio $\sigma(\Delta\hat{e})$ en un escenario donde los cinco choques estructurales están presentes (política monetaria, productividad, preferencias, tasa de interés internacional y nivel de precios mundial). La última columna de la tabla, contiene la cuantificación del costo en bienestar exhibido al considerar cada regla de forma independiente.

Tabla 3. Evaluación de costo en bienestar de las reglas RPM

	$\sigma(\hat{y})$	$\sigma(\hat{x})$	$\sigma(\hat{\pi}_d)$	$\sigma(\hat{\pi})$	$\sigma(\hat{t})$	$\sigma(\Delta\hat{e})$	\mathbb{B}
R1	1.234	0.29	1.082	0.979	1.395	1.528	2.426
R2	1.341	0.201	1.003	1.107	1.508	1.861	2.066
R3	1.344	0.234	0.614	0.775	1.510	1.664	0.797
R4	1.163	0.502	1.201	1.026	1.304	0.000	3.074
R5	1.234	0.290	1.081	0.978	1.395	1.528	2.422

R6	1.341	0.201	1.003	1.107	1.508	1.861	2.066
R7	1.344	0.234	0.614	0.774	1.510	1.664	0.797
R8	1.341	0.199	0.521	0.686	1.507	1.623	0.574
R9	1.319	0.213	0.892	0.965	1.485	1.683	1.642
R10	1.326	0.233	0.608	0.721	1.491	1.554	0.782

Nota: En vista de que el coeficiente de reacción a la brecha del producto resultó estadísticamente nulo, se presentan diferencias mínúsculas entre los resultados de las reglas: R1 con R5, R2 con R6, y R3 con R7. Esto aplica para las siguientes tablas. Fuente: Estimaciones del autor.

En términos generales, las estimaciones sugieren que la regla R8 –que se relaciona a una política de orientación *forward-looking* (que responde a la inflación observada y a las desviaciones esperadas de la inflación futura de la meta)– resulta ser la más eficiente en términos de bienestar. Este hallazgo es consistente con las evidencias presentadas en Batini y Haldrup (1998), Batini, Harrison y Millard (2003), Aboal y Lorenzo (2005), Gil (2015), Mariusz y Zbigniew (2018), entre otras, donde se puntualiza que este tipo de estrategia, al incorporar explícitamente rezagos en la transmisión monetaria, permite lograr un mayor control sobre la inflación, un alto grado de suavizamiento del producto y, simultáneamente, pondera la estabilidad financiera.

La segunda regla más óptima en relación a bienestar es la R10, que incluye la inflación doméstica, el tipo de cambio y el coeficiente de inercia de la tasa de interés, estando en sincronía con los argumentos de Aliaga (2020) en el caso de economías expuestas a choques externos. En contraste, perseguir un tipo de cambio fijo como plantea la regla R4, resulta notoriamente desfavorable en el nivel de bienestar. De hecho, en concordancia con Galí y Monacelli (2005), la regla R4 implica el mayor nivel de pérdida en comparación con las demás reglas. Sumado a esto último, en el marco de los hallazgos de Shambaugh

(2004), se tiene evidencia consistente de que este tipo de régimen involucra una pérdida de autonomía de la política monetaria.

En otro orden, cabe señalar que las reglas extendidas con la brecha del producto muestran disminuciones de pérdidas muy mínimas en relación con sus reglas homólogas sin considerarla, esto concretamente por el diminuto coeficiente de ponderación estimado. Lo anterior, ocurre específicamente en las reglas: R1 con R5, R2 con R6, y R3 con R7. No obstante, se obtienen ganancias apreciables cuando se incluye el tipo de cambio en las RPM, según se muestra en las reglas: R2 con R9 y R3 con R10.

Por otra parte, es preciso enfatizar la disminución de pérdida que se refleja al añadir el componente inercial de la tasa de interés en las RPM. En efecto, al comparar las reglas R2 con R3, R6 con R7, y R9 con R10, se consigue una reducción de más de un 50% en este indicador, lo que se logra principalmente a través del aminoramiento de la volatilidad de la inflación. Este hecho, que se interpreta como el gradualismo de la política monetaria, es conexo con los planteamientos y resultados de Goodhart (1997), Woodford (1999), Rojas (2002), Giannoni y Woodford (2003), Woodford (2003a), Consolo y Favero (2009), Giannoni (2012), entre otros, donde se arguye que este mecanismo contribuye a obtener variaciones moderadas de corto plazo que conllevan a una estabilización uniforme de la inflación, a evitar reacciones adversas en los mercados financieros y a la realización de un ciclo económico homogéneo, coadyuvando paralelamente a que estos efectos sean robustos a los choques estructurales.

5.1.1. Análisis de bienestar por choques individuales

Para esta parte, se reevalúa el desempeño de las RPM en la función de pérdida de bienestar suponiendo que la economía

fue golpeada por un choque a la vez, indagando de esta forma el desempeño de las reglas según la naturaleza del choque económico. Esto puede entenderse como un análisis de robustez.

La Tabla 4 presenta la evaluación de las RPM considerando un choque de política monetaria. A primera vista, los resultados sugieren que la regla R4 de tipo de cambio fijo estricto sería la más óptima en este escenario. Sin embargo, lo que subyace en esto es un choque nulo de tasa de interés interna o externa¹⁶. Por lo tanto, esta regla no puede considerarse como la más eficiente, debido a que los choques de productividad, preferencias y nivel de precios mundial tienen efectos importantes en las demás variables. En su defecto, la regla R8 muestra ser la más óptima, en línea con el análisis agregado, seguido de las reglas que contienen el tipo de cambio.

Tabla 4. Evaluación de reglas RPM ante choque de política monetaria

	$\sigma(\hat{y})$	$\sigma(\hat{x})$	$\sigma(\hat{\pi}_d)$	$\sigma(\hat{\pi})$	$\sigma(\hat{t}\hat{t})$	$\sigma(\Delta\hat{e})$	\mathbb{B}
R1	0.131	0.131	0.422	0.463	0.119	0.523	0.372
R2	0.151	0.151	0.432	0.486	0.138	0.565	0.392
R3	0.150	0.150	0.441	0.492	0.137	0.569	0.408
R4	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
R5	0.131	0.131	0.421	0.462	0.119	0.523	0.370
R6	0.151	0.151	0.432	0.485	0.137	0.564	0.392

16 En un régimen de tipo de cambio fijo, la autoridad monetaria tiene el compromiso de mantener el tipo de cambio en un nivel determinado, por lo que las tasas de interés doméstica e internacional deben coincidir. En ello, a saber, se utilizan las reservas internacionales para comprar y vender moneda extranjera para evitar que estas variables fluctúen. Otra perspectiva de analizar esto es a través de la paridad descubierta de la tasa de interés $\hat{R}_t = \hat{R}_t^* + E_t\hat{e}_{t+1} - \hat{e}_t$: en el régimen de tipo de cambio fijo, se tiene $E_t\hat{e}_{t+1} - \hat{e}_t = 0$, por lo que $\hat{R}_t = \hat{R}_t^*$, lo que se traduce en choques nulos de tasas de interés.

R7	0.150	0.150	0.440	0.492	0.137	0.568	0.406
R8	0.109	0.109	0.318	0.355	0.099	0.411	0.212
R9	0.147	0.147	0.383	0.439	0.134	0.522	0.310
R10	0.144	0.144	0.394	0.447	0.131	0.524	0.327

Fuente: Estimaciones del autor.

En relación a la Tabla 4 (y posteriormente las Tablas 7 y 8), cabe aclarar los resultados indiferentes del producto y la brecha del producto para todas las reglas. Tomando como referencia la ecuación (45), el producto natural en su forma lineal solo varía ante choques de productividad, preferencias y nivel del producto mundial. De esta manera, al considerar choques independientes de política monetaria, tasa de interés internacional o nivel de precios mundial, esta variable permanece nula, por lo que en consecuencia el producto se iguala a la brecha del producto por medio de la ecuación (40).

En la Tabla 5 se examinan las RPM bajo un choque de productividad. La regla R8 se mantiene como la más óptima, sucedida en poco margen por las reglas R3 y R7 que incluyen la inflación doméstica, y la inflación doméstica con la brecha del producto, respectivamente. Por su lado, las reglas orientadas especialmente a la inflación total resultaron menos favorables.

Tabla 5. Evaluación de reglas RPM ante choque de productividad

	$\sigma(\hat{y})$	$\sigma(\hat{x})$	$\sigma(\hat{\pi}_d)$	$\sigma(\hat{\pi})$	$\sigma(\hat{t}\hat{t})$	$\sigma(\Delta\hat{e})$	\mathbb{B}
R1	1.204	0.181	0.428	0.131	1.095	0.467	0.391
R2	1.300	0.043	0.275	0.405	1.182	0.937	0.155
R3	1.298	0.058	0.135	0.303	1.181	0.866	0.039
R4	1.110	0.319	0.719	0.410	1.010	0.000	1.108
R5	1.204	0.181	0.428	0.131	1.095	0.467	0.391

R6	1.300	0.043	0.275	0.405	1.182	0.937	0.155
R7	1.298	0.058	0.135	0.303	1.181	0.866	0.039
R8	1.300	0.054	0.134	0.311	1.182	0.876	0.038
R9	1.279	0.064	0.312	0.363	1.164	0.868	0.200
R10	1.283	0.072	0.195	0.267	1.167	0.813	0.080

Fuente: Estimaciones del autor.

En la Tabla 6 se analizan las RPM ante un choque de preferencias. En este escenario, se consiguen resultados similares y convenientes con el uso de las reglas R3, R7 y R8, las cuales comparten la característica de que contienen el coeficiente de inercia de la tasa de interés y el componente de la inflación doméstica. Por ende, extender la regla R3 con el término IFB de la inflación o con la brecha del producto, aporta poca o nula ganancia de bienestar para este tipo de choque estructural.

Tabla 6. Evaluación de reglas RPM ante choque de preferencias

	$\sigma(\hat{y})$	$\sigma(\hat{x})$	$\sigma(\hat{\pi}_d)$	$\sigma(\hat{\pi})$	$\sigma(\hat{t}t)$	$\sigma(\Delta\hat{e})$	\mathbb{B}
R1	0.208	0.146	0.342	0.105	0.850	0.369	0.250
R2	0.270	0.037	0.222	0.321	0.920	0.743	0.101
R3	0.270	0.048	0.112	0.237	0.919	0.685	0.027
R4	0.187	0.256	0.570	0.325	0.781	0.000	0.697
R5	0.208	0.146	0.342	0.105	0.850	0.370	0.250
R6	0.270	0.037	0.222	0.321	0.920	0.743	0.101
R7	0.270	0.048	0.112	0.237	0.919	0.685	0.027
R8	0.271	0.046	0.112	0.243	0.920	0.691	0.027
R9	0.254	0.053	0.250	0.287	0.905	0.688	0.129
R10	0.258	0.059	0.157	0.209	0.908	0.643	0.052

Fuente: Estimaciones del autor.

La Tabla 7 resume el desempeño de las RPM con la configuración de un choque de tasa de interés internacional. Este contexto, como se indicó anteriormente al analizar la Tabla 4, es homólogo con un choque nulo implícito de tasa de interés externa y no debería aceptarse la regla de tipo de cambio fijo como la más óptima. En su omisión, la regla R10 arroja el valor más óptimo, lo que era razonable esperarse dado que esta regla incluye el tipo de cambio y el componente de suavizamiento de la tasa de interés.

Tabla 7. Evaluación de reglas RPM ante choque de tasa de interés internacional

	$\sigma(\hat{y})$	$\sigma(\hat{x})$	$\sigma(\hat{\pi}_d)$	$\sigma(\hat{\pi})$	$\sigma(\hat{t})$	$\sigma(\Delta \hat{e})$	\mathbb{B}
R1	0.111	0.111	0.806	0.821	0.101	0.842	1.327
R2	0.119	0.119	0.808	0.825	0.109	0.850	1.334
R3	0.161	0.161	0.385	0.452	0.146	0.550	0.316
R4	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
R5	0.111	0.111	0.805	0.820	0.101	0.841	1.323
R6	0.119	0.119	0.807	0.824	0.109	0.849	1.331
R7	0.161	0.161	0.384	0.452	0.146	0.549	0.314
R8	0.149	0.149	0.371	0.431	0.136	0.519	0.292
R9	0.125	0.125	0.641	0.665	0.114	0.699	0.844
R10	0.153	0.153	0.350	0.417	0.139	0.513	0.262

Fuente: Estimaciones del autor.

Los resultados para el último choque que se estudia, el de nivel de precios mundial, se añaden en la Tabla 8. En consistencia con la mayoría de los escenarios, la regla R8 refleja el resultado más óptimo, aunque las reglas R7 y R3 también proveen cifras competitivas. El mayor costo en bienestar si se opta

por ejecutar la RPM de tipo de cambio fijo estricto se obtiene puntualmente desde este choque externo.

Tabla 8. Evaluación de reglas RPM ante choque de nivel de precios mundial

	$\sigma(\hat{y})$	$\sigma(\hat{x})$	$\sigma(\hat{\pi}_d)$	$\sigma(\hat{\pi})$	$\sigma(\hat{t}\hat{t})$	$\sigma(\Delta\hat{e})$	\mathbb{B}
R1	0.013	0.013	0.205	0.206	0.012	1.000	0.085
R2	0.014	0.014	0.205	0.206	0.012	0.997	0.085
R3	0.022	0.022	0.068	0.075	0.020	0.961	0.010
R4	0.290	0.290	0.775	0.883	0.264	0.000	1.268
R5	0.013	0.013	0.205	0.206	0.012	1.000	0.085
R6	0.014	0.014	0.205	0.206	0.012	0.997	0.085
R7	0.022	0.022	0.067	0.075	0.020	0.961	0.009
R8	0.018	0.018	0.051	0.058	0.017	0.975	0.005
R9	0.033	0.033	0.282	0.286	0.030	0.919	0.162
R10	0.036	0.036	0.168	0.176	0.033	0.895	0.058

Fuente: Estimaciones del autor.

Es oportuno añadir, que estas simulaciones también se evaluaron considerando la inflación IPC en sustitución de la inflación doméstica en la ecuación (61), donde las conclusiones en términos generales fueron consistentes con las encontradas anteriormente.

5.1.2. Análisis de bienestar por ponderaciones en reglas binomiales

En complemento con la discusión anterior, en esta parte se evalúa la función de pérdida de bienestar sobre la base de tres reglas monetarias con estructural binomial, en la que se combina el coeficiente de reacción a la inflación IPC (φ_π) con: 1)

el coeficiente de reacción a la brecha del producto (φ_x); 2) el coeficiente de reacción a la inflación proyectada ($\varphi_{\pi F}$); y 3) el coeficiente de reacción al tipo de cambio (φ_e). Este análisis permite argüir combinaciones óptimas en la ponderación de estos coeficientes -esto fundamentado en las estimaciones-, lo que constituye un insumo de importancia para la política monetaria local.

Los resultados se presentan, respectivamente, en el Apéndice A8 en formato de gráficos de superficie. El plano horizontal de estos gráficos está constituido por las combinaciones de los coeficientes de reacción descritas en el párrafo anterior, en tanto que en los ejes verticales se asignan los valores de la función de pérdida.

Para la primera combinación, que contiene la inflación y la brecha del producto, el Apéndice A8.1 muestra que la pérdida de bienestar se minimiza a un valor de 0.01, esto principalmente cuando se le brinda mayor peso a la inflación. De hecho, a medida que el coeficiente φ_π es mayor, se torna indiferente la evaluación de pérdida ante las variaciones en el coeficiente de la brecha del producto. Las repercusiones menos favorables en este escenario son, por tanto, cuando se le asigna una participación mayoritaria a φ_x .

En la segunda combinación, que fusiona el componente de la inflación observada y de la esperada, Apéndice A8.2, la pérdida llega a alcanzar un mínimo en torno a 0.0025 (cerca de 4 veces menos que el primer escenario). Este resultado, de modo similar, se consigue primariamente concediéndole un mayor peso a φ_π , aunque pueden obtenerse valores equivalentemente óptimos cuando se alterna con $\varphi_{\pi F}$.

En relación a la tercera combinación, que integra la inflación con el tipo de cambio, Apéndice A8.3, se obtiene una pérdida mínima de cerca de 0.0025, equiparable a la combinación anterior. Para este escenario, por el contrario, se reflejan una

sensibilidad importante en la función de pérdida ante las variaciones en φ_e . En particular, aún se le atribuya la ponderación más alta a φ_π , la pérdida de bienestar aumenta marcadamente conforme se incrementa φ_e .

En síntesis, la combinación del término de la inflación observada con el de la inflación esperada es la que esboza la menor pérdida de bienestar en sentido general, siendo consistente con los argumentos expuestos previamente. Es relevante concretar que, en todos los escenarios, las combinaciones más contraproducentes son las que asignan ponderaciones nulas a los coeficientes de reacción, lo que podría interpretarse como si el banco central no interviniera en la economía local por medio de la tasa de interés de política.

5.2. Análisis de impulso respuesta

En esta subsección, se estudian las funciones de impulso respuesta (IRF) de variables selectas considerando dos marcos de variación: los cinco choques que se señalaron anteriormente, y las diez RPM que se han venido estudiando. Esto permitirá evaluar la sensibilidad de respuesta de estas series en función a la naturaleza del choque percibido y al régimen simulado de política monetaria. Los gráficos de estas funciones se presentan en el Apéndice A9. En sentido general, las respuestas van acorde en términos cualitativos con lo sugerido por la teoría y por la evidencia empírica [Ramírez y Torres (2015), Aguilera (2018), Checo y Camacho (2018), Aliaga (2020)].

5.2.1. Choque de política monetaria

Ante un choque de política monetaria de magnitud positiva (ver Apéndice A9.1), la tasa de interés nominal aumenta,

lo que induce a un incremento de mayor magnitud en la tasa de interés real dadas las rigideces nominales del modelo. Esta variación reduce el consumo, la producción, la brecha del producto y, en consecuencia, los precios en la economía. En el sector externo, los términos de intercambio caen y el tipo de cambio nominal se aprecia.

Por otro lado, la demanda de los bonos de corto y largo plazo disminuye, causando un exceso de oferta que se traduce en un repunte de las tasas de rendimiento, más acentuada e inmediata en los bonos de corto plazo. Estos efectos en particular son notablemente heterogéneos en función a las RPM, donde por lo general las tasas de interés fluctúan en mayor escala ante la regla R9. Asimismo, las respuestas en el nivel de precios y el tipo de cambio son apreciablemente diversificadas, donde específicamente las reglas que incluyen el tipo de cambio (R9 y R10) son las que garantizan una reacción convergente de estas variables al estado estacionario.

5.2.2. Choque de productividad

Considerando un choque positivo de productividad agregada (ver Apéndice A9.2), se origina un aumento de la producción doméstica que, en paralelo, reduce los costos marginales de los bienes producidos, asociándose con una disminución de los precios locales y de la inflación. Esto motiva a una disminución de la tasa de interés por parte de la autoridad monetaria, lo que desata un incremento en la demanda de bonos de corto y plazo, vinculado consecuentemente a una caída de las tasas de largo plazo. Esta política monetaria acomoditicia también provoca una reducción en la tasa de interés real con dos efectos subsecuentes: una depreciación inicial del tipo de cambio vía la paridad de tasas de interés, que expande las exportaciones; y un aumento del consumo.

En este choque se percibe mayor volatilidad de respuesta en las series que en el choque de política monetaria, proviniendo en mayor proporción de la regla de tipo de cambio fijo (R4). Si bien las reglas R2 y R6 se vinculan con devaluaciones permanentes sustanciales en el tipo de cambio, al extender estas reglas con el componente inercial de la tasa de interés, R3 y R7, se amortigua considerablemente la volatilidad de reacción de las variables.

5.2.3. Choque de preferencias

El choque de preferencias (ver Apéndice A9.3) se relaciona con un aumento de la tasa de interés real natural, un incremento del producto natural y una disminución en los términos de intercambio. Además, en este escenario, la brecha del producto se expande y se vincula con una subida de precios, lo que motiva a que la autoridad monetaria aumente la tasa de interés. En sincronía, la demanda en bonos cae, transmitiéndose en un aumento de las tasas de largo plazo. Por el lado del sector externo, las exportaciones caen y el tipo de cambio inicialmente se aprecia.

Cabe puntualizar que, según las estimaciones, la reacción del consumo, términos de intercambio y exportaciones muestran alta rigidez a las RPM. Pese a esto, en las tasas de interés y en los precios sí se generan distorsiones diversificadas en función a las reglas, que se atenúan en gran parte al implementar las reglas R5 y R10.

5.2.4. Choque de tasa de interés internacional

Por su parte, un choque al alza en la tasa de interés internacional (ver Apéndice A9.4) provoca un flujo masivo de

capital hacia el mercado internacional, lo que conlleva a una devaluación persistente del tipo de cambio nominal y a un aumento de la tasa de política monetaria. Esta dinámica de la política monetaria se acude a que el ajuste del tipo de cambio no absorbe todo el diferencial de las tasas internas y externas (por el traspaso incompleto), creándose a su vez una brecha favorable en los términos de intercambio para el sector exportador. En este escenario, coherentemente, se logra atenuar con mayor eficiencia la volatilidad del tipo de cambio y la inflación con la implementación de la regla R10.

En otro orden, la tasa de interés de largo plazo muestra reacciones desiguales para la mayoría de las RPM, aunque el consenso en general es un alza inicial y luego una disminución en menor magnitud que el aumento en las tasas de corto plazo, configurándose de este modo una curva de rendimiento con una pendiente más plana. Esto último, es cónsono con un escenario donde se espera menor actividad económica e inflación, lo que se alinea con el incremento de la tasa de política monetaria que se observa.

5.2.5. Choque de nivel de precios mundial

Por último, se presentan las funciones IRF para un choque en el nivel de precios mundial (ver Apéndice A9.5). En este marco, se obtiene un incremento en los términos de intercambio, las exportaciones netas, el producto, la brecha del producto y en el nivel de precios local. Esto motiva a que la autoridad monetaria actúe vigorosamente con el aumento de la tasa de interés de política, con lo que incrementa de forma simultánea la tasa de interés real.

A pesar de que la regla R4 permite mantener el tipo de cambio en un nivel fijo, como indican los gráficos, esta genera las volatilidades más altas en el resto de las variables, por lo que,

como se resaltó anteriormente, no se recomienda un régimen que reaccione estrictamente a esta variable. En efecto, una estrategia que pondere la inflación doméstica, el tipo de cambio y la inercia de la tasa de interés (regla R10), es la que permite reducir en mayor escala la volatilidad en el nivel de precios y la inflación, favoreciendo así el nivel de bienestar.

5.3. Análisis comparativo bayesiano de las reglas RPM

En la Tabla 9 se presentan las densidades marginales posteriores arrojadas por las RPM y los datos observados. La columna 3 contiene el factor de Bayes computado en relación a la regla R1, entretanto la columna 4 muestra las probabilidades posteriores del modelo para cada regla. Estos estadísticos permiten discriminar las reglas que se alinean en mayor escala con la interacción dinámica de las variables observables. Por fines prácticos, se elimina la regla de tipo de cambio fijo estricto (R4), que a su vez deterioraba el computo del análisis.

Tabla 9. Densidades marginales de la muestra con reglas RPM

	$\mathcal{P}(\mathbf{y}_t, \mathbf{M}_R)$	FB	p
R1	-480.104	1.00E+00	0.5005
R2	-496.090	1.14E-07	0.0000
R3	-484.460	1.28E-02	0.0064
R5	-480.136	9.69E-01	0.4848
R6	-496.086	1.15E-07	0.0000
R7	-484.408	1.35E-02	0.0068
R8	-486.604	1.50E-03	0.0008
R9	-488.589	2.07E-04	0.0001
R10	-486.641	1.45E-03	0.0007

Fuente: Estimaciones del autor.

Las estimaciones indican que la regla de inflación IPC estricta (R1) es la que exhibe la mayor densidad marginal (menos negativa), lo que en otras palabras, se traduce en que es la regla que mejor explica el comportamiento conjunto de las variables observadas y sus interrelaciones. Esto puede validarse por medio de la probabilidad posterior de 0.5005, por lo que es el modelo más cercano al verdadero proceso de generación de datos¹⁷. Este resultado, por consiguiente, es efectivamente coherente con el esquema de política monetaria que se sigue en el país, donde formalmente el objetivo principal es la inflación y su meta establecida en el Programa Monetario del BCRD se define en función de la variación interanual del IPC.

La segunda regla que ostenta un desempeño relativo mayúsculo en el sentido bayesiano, es la que caracteriza la inflación IPC y la brecha del producto (R5), que también de manera análoga se enmarca dentro del esquema de política monetaria vigente. En resumen, el modelo estimado pudo identificar de forma plausible las reglas RPM ajustadas al contexto nacional.

Las demás reglas, contrariamente, mostraron probabilidades posteriores minúsculas, en virtud de lo cual se desaconseja su uso para análisis predictivo. Por esta razón, los análisis complementarios que se presentan a continuación se derivan sobre la operatividad de la R1.

5.4. Análisis de fuentes de fluctuaciones

La descomposición histórica de varianza proporciona una interpretación en la muestra considerada de las fluctuaciones

17 Esta probabilidad no debe interpretarse como el *p-value*. Por el contrario, en la estadística bayesiana, este estadístico es la probabilidad revisada o actualizada de que ocurra un evento dada la información provista. Puede entenderse, además, como una medida del poder predictivo del modelo, estando acotada en $[0, 1]$.

de las variables observables modeladas a través de los choques estructurales identificados en el modelo. En otros términos, este análisis dice qué proporción de la desviación de cada serie de su media incondicional se explicó por cada choque estructural.

El Apéndice A10 muestra la descomposición histórica del PIB, el consumo, la inflación IPC, la tasa de interés y el tipo de cambio¹⁸. En el caso del PIB, es preponderante la presencia de choques de productividad a lo largo del horizonte de estimación, en particular en el período de la crisis financiera internacional en el 2008, y de forma más reciente, cuando empiezan a manifestarse los efectos adversos de la pandemia del Coronavirus en el primer trimestre del 2020. Otro choque que se destaca en la evolución de esta variable es el de política monetaria, sobre todo en el 2008 cuando el Banco Central adoptó una postura contractiva considerable con el aumento de la TPM, en el 2011 a efectos de la relajación de la política monetaria entre el 2009 y 2010, y de manera más contemporánea, con las medidas de flexibilización de marzo 2020.

Con relación al crecimiento del consumo privado, como era natural esperarse, su evolución ha sido explicada en alta proporción por los choques de preferencias y productividad, distinguiéndose sus ponderaciones paralelas en las desviaciones a la baja entre 2012 y 2013, y en el último período de la muestra. De su parte, los choques externos de tasa de interés y nivel de precios reflejan poca participación en las fluctuaciones de esta serie.

En lo que respecta a la inflación, los choques de política monetaria juegan un papel fundamental, los cuales han contribuido en atenuar consistentemente sus desviaciones, sobre todo a partir del año 2012 con la adopción del esquema de metas de

18 Es oportuno indicar, que este análisis se esboza en términos relativos en función a los cinco choques estructurales que se modelan, reconociendo que la existencia de otras fuentes de fluctuaciones. Desde luego, los resultados proveen un panorama representativo para fines académicos y de política económica.

inflación. En contraste con el PIB y el consumo, el modelo interpreta una incidencia apreciable de los choques externos de tasa de interés y nivel de precios mundial en la inflación local, lo que es sensato anticipar en el contexto de una economía abierta.

En sincronía con la inflación, la tasa de política monetaria parece estar definida en gran parte por los choques de tasa de interés internacional y del nivel de precios mundial. Aquí es oportuno resaltar, que estos dos últimos choques guardan estrecho vínculo con el precio internacional del petróleo que, a su vez, tiene consecuencias en la inflación local (Ramírez, 2013; Pérez, 2019). De esta manera, es entendible la relación indirecta de la tasa de interés política monetaria con estos componentes externos. Asimismo, se evidencia una contribución histórica representativa de los choques domésticos sobre la tasa de interés de política.

Por otro lado, para las oscilaciones del tipo de cambio, los choques de política monetaria, tasa de interés internacional y nivel de precios mundial reflejan contribuciones más equitativas en términos de magnitud que para las otras variables. A partir del 2015, a saber, la tendencia creciente en el nivel de precios mundial ha repercutido continuamente en el alza en las desviaciones de la tasa de cambio, aunque estos efectos han sido compensados en alto porcentaje por la disminución coetánea de la brecha entre la tasa de interés local con la externa. Los choques domésticos, en cambio, exponen incidencias menos cuantiosas.

En pocas palabras, el modelo pudo identificar de forma congruente la participación relativa de los choques estructurales en las fluctuaciones de las variables observadas, alineadas con episodios históricos importantes y bajo el marco que caracteriza a una economía pequeña y abierta.

5.5. Descomposición de varianza del error de predicción

La descomposición de varianza del error de predicción (DVEP) es una herramienta complementaria a las funciones que impulso respuesta, que permite determinar la importancia relativa esperada de cada choque sobre las variaciones de las series observadas en un horizonte de respuesta. A diferencia de la descomposición histórica, este es un análisis «hacia adelante» que naturalmente se relaciona con lo ya observado.

En el Apéndice A11 se reportan los gráficos DVEP para el PIB, el consumo, la inflación IPC, la tasa de interés y el tipo de cambio para un horizonte de ocho trimestres¹⁹. En relación al PIB, los resultados sugieren que la mayor proporción de su variación estaría explicada por los choques de productividad y de política monetaria, en alrededor de un 93% y 6% respectivamente, y en menor escala por el choque del nivel de precios internacional. Mientras tanto, el consumo dependería en torno un 56% del choque de productividad, un 39% del choque de preferencias, un 4% de la política monetaria y, la parte restante, de los choques externos.

En lo que respecta a la inflación, su variación en el error de pronóstico estaría compuesta primariamente por choques domésticos y monetarios, en aproximadamente un 92%, y en segundo orden por los choques externos, en alrededor de un 8%. Entretanto, la tasa de interés se explicaría en cerca de un 75% por los choques externos, y de un 25% por los choques domésticos y monetarios. Por último, se espera que las variaciones en el tipo de cambio

19 Se recalca nuevamente, que el análisis se realiza en términos relativos entre los cinco choques que se estudian, admitiendo la posibilidad de otros choques estructuras incidentes en estas variables.

dependan en un 74% de los choques domésticos y monetarios, y en un 26% de los choques externos.

5.6. Diagnósticos de estimaciones

El apéndice A12.1 muestra los diagnósticos de convergencia individuales de los parámetros estimados, en tanto que el apéndice A12.2 presenta el diagnóstico multivariado, es decir, del modelo general. Como se puede apreciar en los gráficos, en sentido amplio, los diagnósticos para cada parámetro y para el modelo en general sugieren que las estimaciones no presentan problemas de convergencia.

En última instancia, se comparan las estimaciones posteriores de los parámetros computados mediante el algoritmo RWMH-MCMC con la aproximación de Laplace, que es otra herramienta que se emplea para estos fines (Mancini, 2008)²⁰. En el Apéndice A12.3, se presenta la comparación gráfica de las estimaciones por ambos métodos, donde se evidencia que en su conjunto los resultados son muy similares. Mediante el RWMH-MCMC, los estimadores de σ_{ξ} y φ_{π} tienen menor varianza, mientras que la media de σ_{R^*} se ubica un poco más a la derecha.

6. Conclusiones

En este trabajo se realizó un análisis empírico para determinar las reglas de política monetaria (RPM) óptimas para la

20 En este tema, Christiano, Trabandt, y Walentin (2010) arguyen que, si bien se puede ahorrar tiempo sustancial computando la aproximación de Laplace en las fases iniciales e intermedias de un proyecto de investigación, es recomendable realizar las estimaciones finales mediante el algoritmo RWMH-MCMC. En virtud de lo señalado, la comparación de los resultados por ambas técnicas suele emplearse como una estrategia de análisis de robustez.

República Dominicana en el contexto de minimizar el costo en bienestar social de los hogares representativos. Asimismo, se definieron las RPM que mejor explican la interrelación dinámica de las variables macroeconómicas estudiadas, derivando consistentemente análisis complementarios con miras a identificar fuentes de fluctuaciones económicas e interrelaciones esperadas de respuesta bajo diversos choques estructurales y marcos de simulación. Lo anterior, se construyó sobre la base de un modelo de equilibrio general dinámico y estocástico (DSGE) Neo Keynesiano estimado por técnicas bayesianas y de máxima verosimilitud en el período 2007T1-2020T1, donde se identificaron choques de política monetaria, productividad, preferencias, tasa de interés internacional y nivel de precios mundial.

En primer lugar, las estimaciones identificaron que una RPM de orientación *forward-looking* de estructura trinomial, en la que se pondere la inflación observada, la inflación proyectada y un componente de inercia de la tasa de interés, exhibe las evaluaciones más propicias en términos de bienestar. Este resultado es altamente robusto cuando se perciben choques de política monetaria, productividad y preferencias. No obstante, ante choques externos de tasas de interés internacional o nivel de precios mundial, se obtienen efectos favorables desde una RPM que combina la inflación doméstica, el tipo de cambio y el suavizamiento de la tasa de interés local.

Los hallazgos anteriores son relevantes para economías que siguen un esquema de metas explícitas de inflación. En efecto, con el enfoque de orientación prospectivo de la inflación y el componente de gradualismo de la tasa de interés se toman en consideración los rezagos de transmisión de la política monetaria, hecho que favorece conjuntamente atenuar presiones inflacionarias futuras, evitar reacciones adversas en los mercados financieros ante cambios inesperados en la tasa de referencia, incorporar información potencial para predecir la inflación y

lograr un alto grado de suavizamiento del producto. Al mismo tiempo, este enfoque es capaz de condicionar la formación de expectativas de los agentes económicos en favor de los fines perseguidos por el banco central, lo cual incide positivamente en la eficacia y eficiencia de la política monetaria.

Sin embargo, el modelo interpreta que con la presencia de choques externos se requiere de una intervención más inmediata de la política monetaria para contrarrestar la volatilidad del tipo de cambio y la inflación, para lo cual sugiere ponderar en mayor cuantía la reacción de la tasa de política hacia estas variables. Esta alternativa ha reflejado ser eficiente en minimizar la pérdida de bienestar en economías pequeñas y abiertas expuestas a este tipo de choques.

De su parte, las funciones de respuestas a los choques estructurales muestran un patrón cualitativo similar en función a las RPM simuladas, aunque con magnitudes heterogéneas. En el caso de los choques de política monetaria, los efectos en el tipo de cambio y el nivel de precios se estabilizan si la RPM pondera el tipo de cambio. Respecto al choque de productividad, las variables exhiben mayor volatilidad que con el choque de política monetaria, aunque logran amortiguarse considerablemente por medio de una regla con inercia de la tasa de interés. Asimismo, bajo el choque de preferencias, se generan distorsiones diversificadas en las tasas de corto y largo plazo y en el nivel de precios, que consiguen atenuarse al ponderar la brecha del producto en la RPM. Por su lado, con los choques externos de tasa de interés internacional y nivel de precios mundial, la volatilidad en el nivel de precios y en la inflación logra reducirse en gran escala a través de una RPM compuesta por la inflación doméstica, el tipo de cambio y un componente de inercia de la tasa de interés local.

Adicionalmente, las simulaciones indican que la RPM de inflación IPC estricta es la explica con mayor ajuste la dinámica

de las variables macroeconómicas observadas, siguiendo a esta, la regla que combina la inflación IPC y la brecha del producto. Este precedente insinúa que la política monetaria local ha reaccionado principalmente y de forma agresiva a los desvíos de la inflación y la brecha del producto, con poco grado de inercia. En consecuencia, dados los efectos favorables de la inclusión del término de suavizamiento de la tasa de interés que justifica la literatura y que se demuestra en este estudio, se sugiere contrastar en el contexto nacional una reacción más gradual en la tasa de política monetaria si el objetivo es minimizar la pérdida de bienestar definida en este trabajo.

La última fase de las estimaciones consistió en derivar descomposiciones de varianza de las series observadas para identificar fuentes de fluctuaciones históricas y esperadas en la dinámica de estas variables. Estos análisis complementarios reconocieron una contribución importante de la política monetaria sobre el desempeño del producto, la inflación y el tipo de cambio en la muestra analizada, incluyendo los episodios donde la economía fue golpeada marcadamente por choques globales. De forma similar, dada la característica de una economía pequeña y abierta que tiene la República Dominicana, el modelo pudo capturar de forma adecuada la incidencia de choques externos en las variaciones del tipo de cambio, la inflación y la tasa de interés de política.

Es evidente que el BCRD utiliza la política monetaria como instrumento de estabilización macroeconómica, por lo que un amplio conocimiento de su mecanismo de transmisión constituye un factor clave para el diseño e implementación de una estrategia efectiva y eficiente. Por consiguiente, en adición a las sugerencias señaladas previamente, se recomienda dar seguimiento a la reacción dinámica de las variables estudiadas, de manera que se puedan identificar cambios estructurales que pueda experimentar la economía y que varíen la transmisión

monetaria y objetivos que se persigan. Es importante de igual modo, preservar la confianza y expectativas de los agentes económicos ancladas a las metas de inflación, lo que consistentemente incide de forma positiva en la eficacia y eficiencia de la política monetaria.

Una línea de investigación futura consiste en la incorporación del capital y el mercado bancario en la estructura del modelo, de modo que permita analizar el comportamiento del capital y el crédito bancario, y de este modo, indagar los efectos de la política monetaria sobre estas variables. De igual forma, otro aspecto a considerar en el modelo es el rol del gobierno, con lo que se puedan estimar los efectos de la deuda pública, las reformas fiscales y su interacción con la política monetaria. Además, el sector externo puede enriquecerse para incluir el rol de las remesas, la progresiva importancia de la exportación de minerales y otros choques externos.

Otra agenda de investigación parte del hecho de que las RPM juegan un papel fundamental en la evaluación de pronósticos macroeconómicos. Mediante la especificación de estas reglas, la relación entre la política monetaria y el desempeño de la economía es endógena, es decir, la tasa de interés se determina dentro del contexto del modelo. De este modo, el análisis de reglas monetarias en el ámbito de modelos macroeconómicos ofrece la posibilidad de evaluar RPM alternativas en función del desempeño macroeconómico que estas generen.

7. Bibliografía

Aboal, D. y Lorenzo, F. (2005). Regla Monetaria Óptima para una Economía pequeña, abierta y dolarizada. Banco Central del Uruguay, Revista de Economía, Segunda Época, Vol. XII.

Aliaga, A. (2020). Monetary policy rules for an open economy with financial frictions: A Bayesian approach. *Dynare Working Papers Series*, 62.

Aguilera, B. (2018). Estimación de preferencias para Bancos Centrales con un segundo instrumento de política monetaria. Tesis de Magíster en Economía UAI, Argentina.

An, S., y Schorfheide, F. (2006). Bayesian analysis of DSGE models (*Working Paper* No. 06-5). Federal Reserve Bank of Philadelphia.

Arana, R., Ramírez, F. y Wright, A. (2017). Credit Risks and Monetary Policy within Caribbean Economies. *IDB Working Paper Series* No. 814.

Ball, L. (1999). Policy Rules for Open Economies. En J. Taylor (ed.), *Monetary Policy Rules*, The University of Chicago Press, pp. 127-156.

Banerjee, R., Devereux, M. B., y Lombardo, G. (2015). Self-oriented monetary policy, global financial markets and excess volatility of international capital flows. *NBER Working Papers* No. 21737. National Bureau of Economic Research.

Barro, R. y Gordon, D. (1983). Rules, Discretion and Reputation in a Model of Monetary Policy. *Journal of Monetary Economics*, 12(1), pp. 101–121.

Batini, N., y Haldane, A. G. (1998). Forward-looking rules for monetary policy. *NBER Working Papers* No. 6543. National Bureau of Economic Research.

Batini, N., Harrison, R., y Millard, S. (2003). Monetary policy rules for an open economy. *Journal of Economic Dynamics Control*, 27(11–12), pp. 2059–2094

Calvo, G. (1983). Staggered prices in a utility-maximizing framework. *Journal of Monetary Economics*, 12(3), pp. 383–398.

Checo, A. y Camahco, F. (2018). Impacto macroeconómico de una política monetaria con metas de inflación. Santo Domingo: Nueva Literatura Económica.

Christiano, L., Trabandt, M., y Walentin, K. (2010). DSGE models for monetary policy analysis (*FRB Atlanta CQER Working Paper* No. 2010-02). Federal Reserve Bank of Atlanta.

Clarida, R., Galí, J. y Gertler, M. (1999). The Science of Monetary Policy: A New Keynesian Perspective. *Journal of Economic Literature*, 37, pp. 1661-1707.

Clarida, R., Galí, J. y Gertler, M. (2000). Monetary policy rules and macroeconomic stability: evidence and some theory. *Quarterly Journal of Economics*, 115, pp. 147-180.

Consolo, A. y Favero, C. (2009). Monetary Policy Inertia: More a Fiction than a Fact? *Journal of Monetary Economics*, 56(6), pp. 900-906.

DeJong, D., Ingram, B. y Whiteman, C. (2000). A Bayesian Approach to Dynamic Macroeconomics. *Journal of Econometrics*, 98, pp. 203-223.

De La Dehesa, G. (2001). La credibilidad del Banco Central Europeo. *El País* (23 de mayo).

Del Negro, M. y Schorfheide, F. (2008). Inflation dynamics in a small open-economy model under inflation targeting: some evidence from Chile. *Staff Reports* 329, Federal Reserve Bank of New York.

Galí, J. (2015). Monetary policy, inflation and the business cycle. Princeton, New Jersey: Princeton University Press.

Galí, J. y Monacelli, T. (2005). Monetary Policy and Exchange Rate Volatility in a Small Open Economy. *Review of Economic Studies*, Oxford University Press, 72(3), pp. 707-734.

Geweke, J. (1999). Using simulation methods for Bayesian econometric models: inference, development, and communication. *Econometric Reviews* 18(1), pp. 1-73.

Giannoni, M. y Woodford, M. (2003). How Forward-Looking is Optimal Monetary Policy? *Journal of Money, Credit, and Banking*, 35(6), pp. 1425-1469.

Giannoni, M. (2012). Optimal Interest Rate Rules and Inflation Stabilization versus Price-Level Stabilization. *Federal Reserve Bank of New York Staff Reports* No. 546.

Gil, J. (2015). Posturas de política monetaria ante fluctuaciones de la economía: una revisión de la evolución teórica. *Finanzas y Política Económica*, 7(2), pp. 381-401.

Giraldo, A. (2008). Aversión a la Inflación y Regla de Taylor en Colombia, 1994-2005. *Cuadernos de Economía*, 27(49), pp. 229-262.

Goodfriend, M. (1991), Interest Rates and the Conduct of Monetary Policy. *Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy*, 34, pp. 7-30.

Goodhart, C. (1997), Why Do the Monetary Authorities Smooth Interest Rates? En *European Monetary Policy* (S. Collignon, ed.), London: Pinter, pp. 119-174.

Harrison, R. (2017). Optimal quantitative easing. *Bank of England working papers* 678, Bank of England.

Herbst, E. y Schorfheide, F. (2015). Bayesian Estimation of DSGE Models, Princeton, NJ: Princeton University Press.

Ireland, P. (2001). Sticky-price models of the business cycle: Specification and stability. *Journal of Monetary Economics*, 47(1), pp. 3-18.

Kim, J. (2000). Constructing and Estimating a Realistic Optimizing Model of Monetary Policy. *Journal of Monetary Economics*, 45, pp. 329-359.

Kozicki, S. (1999). How Useful Are Taylor Rules for Monetary Policy? *Economic Review*, Federal Reserve Bank of Kansas City, 84(2), pp. 5-33.

Kydland, F. y Prescott, E. (1977). Rules rather than discretion: The inconsistency of optimal plans. *Journal of Political Economy*, 85(3), pp. 473-492.

Lubik, T., y Schorfheide, F. (2005). A Bayesian look at new open economy macroeconomics (*Economics Working Paper Archive* No. 521). The Johns Hopkins University.

Mancini, T. (2008). DYNARE User Guide: An introduction to the solution & estimation of DSGE models.

Mariusz, G. y Zbigniew, K. (2018). Measuring Uncertainty of Optimal Simple Monetary Policy Rules in DSGE models. *Lodz Economics Working Papers* 6/2018, University of Lodz, Faculty of Economics and Sociology.

McDermott, J. y Peter McMenamin, P. (2008). Assessing Inflation Targeting in Latin America With a DSGE Model. *Working Papers Central Bank of Chile* 469, Central Bank of Chile.

Morón, E. y Winkelried, D. (2005). Monetary policy rules for financially vulnerable economies. *Journal of Development Economics*, 76, pp. 25-51.

Novalés, A. (2017). Filtro de Kalman: teoría y aplicaciones. Departamento de Economía Cuantitativa, Universidad Complutense de Madrid, España.

Orphanides, A. (2003). Historical monetary policy analysis and the Taylor rule (*Finance and Economics Discussion Series* No. 2003-36). Board of Governors of the Federal Reserve System.

Pérez, M. (2019). Midiendo los efectos y canales de transmisión de la política monetaria en la República Dominicana. Santo Domingo: Nueva Literatura Económica.

Piña, S. (2016). El impacto de shocks contractivos de política monetaria en un modelo DSGE estimado con métodos bayesianos para Chile. Universidad Torcuato di Tella.

Poole, W. (1991). Interest Rates and the Conduct of Monetary Policy: A Comment. *Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy*, 34, pp. 31–40.

Rabanal, P., y Rubio-Ramírez, J. (2005). Comparing new Keynesian models of the business cycle: A Bayesian approach (*Working Papers* No. 2001-22b). Federal Reserve Bank of Atlanta.

Ramírez, F. (2013). Petróleo e Inflación en la República Dominicana: Análisis Empírico para el periodo 2000-2011. Banco Central de la República Dominicana.

Ramírez, F., y Torres, F. (2015). Modelo de Equilibrio General Dinámico y Estocástico con Rigideces Nominales para el Análisis de Política y Proyecciones en la República Dominicana. *Serie de Estudios Económicos* No. 9, Banco Central de la República Dominicana.

Rojas, F. (2002). El efecto del suavizamiento de la tasa de interés en una regla de política monetaria bajo un régimen de «Inflation Targeting»: el caso peruano. Concurso de Investigación para jóvenes economistas 2001- 2002, BCRP.

Roley, V. y Sellon, G. (1995). Monetary Policy Actions and Long-Term Interest Rates. *Economic Review*, Federal Reserve Bank of Kansas City, 80(4), pp. 73–89.

Sack, B. y Wieland, V. (2000) Interest-Rate Smoothing and Optimal Monetary Policy: A Review of Recent Empirical Evidence. *Journal of Economics and Business*, 52, pp. 205-228.

Shambaugh, J. (2004). The Effect of Fixed Exchange Rates on Monetary Policy. *The Quarterly Journal of Economics*, 119, pp. 300-351.

Smets, F., y Wouters, R. (2007). Shocks and frictions in US business cycles: A Bayesian DSGE approach (*Working Papers* No. 109). European Central Bank.

Svensson, L. (1996). Inflation Forecast Targeting: Implementing and Monitoring Inflation Targets. *NBER Working Papers* No. 5797. National Bureau of Economic Research.

Svensson, L. (1999). Inflation Targeting as a Monetary Policy Rule. *Journal of Monetary Economics*, 43(3) pp. 607-654.

Taylor, J. (1993). Discretion versus policy rules in practice. *Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy*, 39(1), pp. 195-214.

Taylor, J. (1999). A Historical Analysis of Monetary Policy Rules. En J. Taylor (ed.), *Monetary Policy Rules*, The University of Chicago Press, pp. 319-348.

Uhlig, H. (1995). A toolkit for analyzing nonlinear dynamic stochastic models easily. *Discussion Paper No. 101*, Federal Reserve Bank of Minneapolis.

Van Nguyen, P. (2020). The Vietnamese business cycle in an estimated small open economy New Keynesian DSGE model. *Dynare Working Papers Series*, 62.

Vitek, F. (2006). Monetary Policy Analysis in a Small Open Economy: A Dynamic Stochastic General Equilibrium Approach. *MPRA Paper 800*, University Library of Munich, Germany.

Walsh, C. (2017). *Monetary Theory and Policy*, fourth edition, Cambridge, MA: MIT Press.

Woodford, M. (1999). Optimal Monetary Policy Inertia. *NBER Working Paper No. 7261*.

Woodford, M. (2003a). Optimal Interest Rate Smoothing. *Review of Economic Studies*, 70, pp. 861-886.

Woodford, M. (2003b). *Interest prices: Foundations of a theory of monetary policy*. Princeton, New Jersey: Princeton University Press.

8. Apéndices

A1. Derivación del problema de optimización de los hogares

El problema de optimización consiste en:

$$\max_{\{B_t^s, B_t^l, A_{t+1}^c, C_t, N_t\}_{t=0}^{\infty}} E_0 \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t g_t \left\{ \frac{C_t^{1-\sigma}}{1-\sigma} - \frac{N_t^{1+\varphi}}{1+\varphi} \right\} \quad (A1.1)$$

Sujeto a:

$$\begin{aligned} B_t^s + B_t^l + E_t Q_{t,t+1} A_{t+1}^c + P_t C_t &= R_{t-1} B_{t-1}^s + R_t^l B_{t-1}^l + \\ &A_t^c + W_t N_t + T_t + D_t - \frac{P_t(b^s + b^l)}{2} \left[\delta \frac{B_t^s}{B_t^l} - 1 \right]^2 - \\ &\frac{P_t(b^s + b^l)}{2} \left[\frac{B_t^s/B_t^l}{B_{t-1}^s/B_{t-1}^l} - 1 \right]^2 \end{aligned} \quad (A1.2)$$

$$\lim_{T \rightarrow \infty} E_t Q_{t,T+1} \{R_T B_T^s + R_{T+1}^l B_T^l + A_{T+1}^c\} \quad (A1.3)$$

Las condiciones de primer orden vienen dadas por:

$$\begin{aligned} &\omega_t + \omega_t \frac{P_t(b^s + b^l)}{B_t^l} \left[\delta \frac{B_t^s}{B_t^l} - 1 \right] \\ &+ \omega_t \frac{P_t(b^s + b^l)}{B_{t-1}^s} \frac{B_{t-1}^l}{B_t^l} \left[\frac{B_t^s}{B_{t-1}^s} \frac{B_{t-1}^l}{B_t^l} - 1 \right] \\ &= \beta E_t R_t \omega_{t+1} \\ &+ \beta E_t \omega_{t+1} \frac{P_{t+1}(b^s + b^l) B_{t+1}^s}{(B_t^s)^2} \frac{B_t^l}{B_{t+1}^l} \left[\frac{B_{t+1}^s}{B_t^s} \frac{B_t^l}{B_{t+1}^l} - 1 \right] \end{aligned} \quad (A1.4)$$

$$\begin{aligned} & \omega_t + \omega_t \frac{P_t(b^s+b^l)B_t^s}{(B_t^l)^2} \left[\delta \frac{B_t^s}{B_t^l} - 1 \right] + \\ & \omega_t \frac{P_t(b^s+b^l)B_t^s}{B_{t-1}^s} \frac{B_{t-1}^l}{(B_t^l)^2} \left[\frac{B_t^s}{B_{t-1}^s} \frac{B_{t-1}^l}{B_t^l} - 1 \right] = \beta E_t R_{t+1}^l \omega_{t+1} + \\ & \beta E_t \omega_{t+1} \frac{P_{t+1}(b^s+b^l)}{B_t^s} \frac{B_{t+1}^s}{B_{t+1}^l} \left[\frac{B_{t+1}^s}{B_t^s} \frac{B_t^l}{B_{t+1}^l} - 1 \right] \end{aligned} \quad (A1.5)$$

$$E_t \omega_t Q_{t,t+1} = \beta \omega_{t+1} \quad (A1.6)$$

$$g_t C_t^{-\sigma} = \omega_t P_t \quad (A1.7)$$

$$g_t N_t^\varphi = \omega_t W_t \quad (A1.8)$$

donde ω_t es el multiplicador de Lagrange de la restricción presupuestaria nominal. Sea Λ_t el multiplicador de Lagrange de la restricción presupuestaria real:

$$\Lambda_t = \omega_t P_t \quad (A1.9)$$

Entonces, las condiciones de primer orden se pueden escribir en términos reales:

$$\begin{aligned} & \Lambda_t + \Lambda_t \frac{(b^s+b^l)}{b_t^l} \left[\delta \frac{b_t^s}{b_t^l} - 1 \right] + \Lambda_t \frac{(b^s+b^l)}{b_{t-1}^s} \frac{b_{t-1}^l}{b_t^l} \left[\frac{b_t^s}{b_{t-1}^s} \frac{b_{t-1}^l}{b_t^l} - 1 \right] = \\ & \beta E_t R_t \Lambda_{t+1} \pi_{t+1}^{-1} + \beta E_t \Lambda_{t+1} \frac{(b^s+b^l)b_{t+1}^s}{(b_t^s)^2} \frac{b_t^l}{b_{t+1}^l} \left[\frac{b_{t+1}^s}{b_t^s} \frac{b_t^l}{b_{t+1}^l} - 1 \right] \end{aligned} \quad (A1.10)$$

$$\begin{aligned} & \Lambda_t + \Lambda_t \frac{(b^s+b^l)b_t^s}{(b_t^l)^2} \left[\delta \frac{b_t^s}{b_t^l} - 1 \right] + \Lambda_t \frac{(b^s+b^l)b_t^s}{b_{t-1}^s} \frac{b_{t-1}^l}{(b_t^l)^2} \left[\frac{b_t^s}{b_{t-1}^s} \frac{b_{t-1}^l}{b_t^l} - 1 \right] = \\ & \beta E_t R_{t+1}^l \Lambda_{t+1} \pi_{t+1}^{-1} + \beta E_t \Lambda_{t+1} \frac{(b^s+b^l)}{b_t^s} \frac{b_{t+1}^s}{b_{t+1}^l} \left[\frac{b_{t+1}^s}{b_t^s} \frac{b_t^l}{b_{t+1}^l} - 1 \right] \end{aligned} \quad (A1.11)$$

$$E_t \Lambda_t Q_{t,t+1} \pi_{t+1} = \beta \Lambda_{t+1} \quad (A1.12)$$

$$g_t C_t^{-\sigma} = \Lambda_t \quad (A1.13)$$

$$g_t N_t^\varphi = \Lambda_t \frac{W_t}{P_t} \quad (A1.14)$$

Combinando y reduciendo estas ecuaciones, se obtiene la ecuación de Euler para el consumo:

$$\begin{aligned} g_t C_t^{-\sigma} = & \beta E_t R_t g_{t+1} C_{t+1}^{-\sigma} \pi_{t+1}^{-1} \\ & + \beta E_t g_{t+1} C_{t+1}^{-\sigma} \frac{(b^s + b^l) b_{t+1}^s}{(b_t^s)^2} \frac{b_t^l}{b_{t+1}^l} \left[\frac{b_{t+1}^s}{b_t^s} \frac{b_t^l}{b_{t+1}^l} - 1 \right] \\ & - g_t C_t^{-\sigma} \frac{(b^s + b^l)}{b_t^l} \left[\delta \frac{b_t^s}{b_t^l} - 1 \right] - g_t C_t^{-\sigma} \frac{(b^s + b^l)}{b_{t-1}^s} \frac{b_{t-1}^l}{b_t^l} \left[\frac{b_t^s}{b_{t-1}^s} \frac{b_{t-1}^l}{b_t^l} - 1 \right] \end{aligned} \quad (A1.15)$$

De forma similar, se obtiene la oferta laboral:

$$\frac{W_t}{P_t} = C_t^\sigma N_t^\varphi \quad (A1.16)$$

A continuación, cada variable con circunflejo denota su forma log-lineal. Teniendo $b^l(b^s)^{-1} = \delta$, $b^s(b^s + b^l)^{-1} = (1 + \delta)^{-1}$, y $b^l(b^s + b^l)^{-1} = \delta(1 + \delta)^{-1}$, la ecuación de Euler para el consumo puede expresarse en su forma log-lineal como:

$$\begin{aligned} \hat{c}_t = & E_t \hat{c}_{t+1} - \frac{1}{\sigma} [\hat{R}_t - E_t \hat{\pi}_{t+1}] + \frac{\delta(1 + \delta)}{\sigma} [\hat{b}_t^s - \hat{b}_t^l] \\ & + \frac{(1 + \delta)}{\sigma} \Delta [\hat{b}_t^s - \hat{b}_t^l] \\ & - \frac{(1 + \delta)}{\sigma} \beta E_t \Delta [\hat{b}_{t+1}^s - \hat{b}_{t+1}^l] + \frac{1}{\sigma} (1 - \rho_g) \hat{g}_t \end{aligned} \quad (A1.17)$$

Mientras que la forma log-lineal de la oferta laboral es:

$$\hat{w}_t - \hat{p}_t = \sigma \hat{c}_t + \varphi \hat{n}_t \quad (A1.18)$$

Siguiendo esta estructura, la condición de primer orden para la tenencia de bonos de corto plazo, en su forma log-linear, viene dada por:

$$\begin{aligned}\hat{\Lambda}_t = & E_t[\hat{R}_t + \hat{\Lambda}_{t+1} - \hat{\pi}_{t+1}] - \delta(1 + \delta)[\hat{b}_t^s - \hat{b}_t^l] \\ & - (1 + \delta)\Delta[\hat{b}_t^s - \hat{b}_t^l] \\ & + \beta(1 + \delta)E_t\Delta[\hat{b}_{t+1}^s - \hat{b}_{t+1}^l]\end{aligned}\quad (A1.19)$$

De manera similar, la condición de primer orden para la tenencia de bonos de largo plazo, en su forma log-linear, resulta:

$$\begin{aligned}\hat{\Lambda}_t = & E_t[\hat{R}_{t+1}^l + \hat{\Lambda}_{t+1} - \hat{\pi}_{t+1}] + (1 + \delta)[\hat{b}_t^s - \hat{b}_t^l] \\ & + \frac{(1 + \delta)}{\delta}\Delta[\hat{b}_t^s - \hat{b}_t^l] \\ & - \frac{\beta(1 + \delta)}{\delta}E_t\Delta[\hat{b}_{t+1}^s - \hat{b}_{t+1}^l]\end{aligned}\quad (A1.20)$$

Al combinar las dos ecuaciones anteriores, se obtiene la ecuación de la tasa de interés nominal de largo plazo esperada:

$$\begin{aligned}E_t\hat{R}_{t+1} = & \hat{R}_t - (1 + \delta)[\hat{b}_t^s - \hat{b}_t^l] \\ & - \frac{(1 + \delta)}{\delta}\Delta\{[\hat{b}_t^s - \hat{b}_t^l] \\ & - \beta E_t[\hat{b}_{t+1}^s - \hat{b}_{t+1}^l]\}\end{aligned}\quad (A1.21)$$

Por último, la ecuación de Euler se puede reescribir como:

$$\begin{aligned}\hat{c}_t = & E_t\hat{c}_{t+1} - \frac{1}{\sigma}[\hat{R}_t - E_t\hat{\pi}_{t+1}] - \frac{\delta}{\sigma(1 + \delta)}[\hat{R}_t - E_t\hat{R}_{t+1}^l] \\ & + \frac{1}{\sigma}(1 - \rho_g)\hat{g}_t\end{aligned}\quad (A1.22)$$

$$\begin{aligned}\hat{c}_t = E_t \hat{c}_{t+1} - \frac{1}{\sigma} \left[\frac{1}{1+\delta} \hat{R}_t + \frac{\delta}{1+\delta} E_t \hat{R}_{t+1}^l - E_t \hat{\pi}_{t+1} \right] \\ + \frac{1}{\sigma} (1 - \rho_g) \hat{g}_t\end{aligned}\quad (A1.23)$$

A2. Derivación del problema de optimización de las firmas

Siguiendo a Calvo (1983), se asume que cada firma individual restablece su precio con probabilidad $1 - \theta$ cada período, independientemente del tiempo transcurrido desde su último ajuste de precio. Por lo tanto, en cada período, una proporción $1 - \theta$ de empresas (seleccionadas aleatoriamente) restablecen sus precios, mientras que una fracción θ mantiene sus precios sin cambios. Sea $\tilde{P}_{d,t}$ el precio establecido por una firma j que ajusta su precio en el período t . Entonces, bajo la estructura de fijación de precios de Calvo (1983), $P_{d,t+k}(j) = \tilde{P}_{d,t}(j)$ con probabilidad θ^k para $k = 0, 1, 2, \dots$. Dado que todas las firmas que restablecen los precios en un período determinado elegirán el mismo precio, en lo adelante se descarta el subíndice j .

Al establecer un nuevo precio en el período t , la firma j busca maximizar el valor actual de su flujo de dividendos, condicional sobre ese precio siendo efectivo:

$$\max_{\{\tilde{P}_{d,t}\}} E_t \sum_{k=0}^{\infty} \theta^k \{Q_{t,t+k} [Y_{t+k}(\tilde{P}_{d,t} - MC_{t+k}^n)]\} \quad (A2.1)$$

sujeito a la secuencia de restricciones de demanda

$$\begin{aligned}Y_{t+k}(j) &\leq \left(\frac{\tilde{P}_{d,t}}{P_{d,t+k}} \right)^{-\epsilon} \left(C_{d,t+k} + \int_0^i C_{d,t+k}^i di \right) \\ &\equiv Y_{t+k}^d(\tilde{P}_{d,t})\end{aligned}\quad (A2.2)$$

donde $MC_t^n = (1 - s) \frac{W_t}{A_t}$ denota el costo marginal nominal.

Por lo tanto, $\tilde{P}_{d,t}$ debe satisfacer la condición de primer orden

$$\sum_{k=0}^{\infty} \theta^k E_t \left\{ Q_{t,t+k} Y_{t+k} \left(\tilde{P}_{d,t} - \frac{\epsilon}{\epsilon - 1} MC_{t+k}^n \right) \right\} = 0 \quad (A2.3)$$

Considerando el hecho que $Q_{t,t+k} = \beta^k (C_{t+k} / C_t)^{-\sigma} (P_t / P_{t+k})$, se puede reescribir la ecuación anterior como:

$$\sum_{k=0}^{\infty} (\beta\theta)^k E_t \left\{ P_{t+k}^{-1} C_{t+k}^{-\sigma} Y_{t+k} \left(\tilde{P}_{d,t} - \frac{\epsilon}{\epsilon - 1} MC_{t+k}^n \right) \right\} = 0 \quad (A2.4)$$

o, en términos de variables estacionarias,

$$\sum_{k=0}^{\infty} (\beta\theta)^k E_t \left\{ C_{t+k}^{-\sigma} Y_{t+k} \frac{P_{d,t-1}}{P_{t+k}} \left(\frac{\tilde{P}_{d,t}}{P_{d,t-1}} - \frac{\epsilon}{\epsilon - 1} \Pi_{t-1,t+k}^H MC_{t+k} \right) \right\} = 0 \quad (A2.5)$$

siendo $\Pi_{t-1,t+k}^H \equiv \frac{P_{d,t+k}}{P_{d,t-1}}$, y $MC_{t+k} \equiv \frac{MC_{t+k}^n}{P_{d,t+k}}$. Log-linealizando la condición anterior en torno al estado estacionario de inflación cero con comercio balanceado, se obtiene:

$$\begin{aligned} \tilde{p}_{d,t} &= \hat{p}_{d,t-1} + \sum_{k=0}^{\infty} (\beta\theta)^k E_t \{ \pi_{d,t+h} \} \\ &+ (1 - \beta\theta) \sum_{k=0}^{\infty} (\beta\theta)^k E_t \{ \widehat{mc}_{t+k} \} \end{aligned} \quad (A2.6)$$

donde $\widehat{mc}_t \equiv mc_t - mc_{ss}$ es la (log) desviación del costo marginal real de su valor de estado estacionario $mc_{ss} = -\log\left(\frac{\epsilon}{\epsilon-1}\right) \equiv -\hat{\mu}$. Nótese que la expresión anterior se puede reformular en una versión más compacta como:

$$\tilde{p}_{d,t} - \hat{p}_{d,t-1} = \beta \theta E_t\{\tilde{p}_{d,t+1} - p_{d,t}\} + \hat{\pi}_{d,t} + (1 - \beta\theta)\widehat{mc}_t \quad (A2.7)$$

Alternativamente, usando la relación $\widehat{mc}_t = mc_t^n - \hat{p}_{d,t} + \hat{\mu}_t$ para sustituir por \widehat{mc}_t en la igualdad (A2.7), y resolviendo algebraicamente, se obtiene una versión de la regla de fijación de precios en términos de los costos marginales nominales esperados:

$$\tilde{p}_{d,t} = \hat{\mu}_t + (1 - \beta\theta) \sum_{k=0}^{\infty} (\beta\theta)^k E_t\{mc_{t+k}^n\} \quad (A2.8)$$

Bajo el supuesto de fijación de precios, la dinámica del índice de precios doméstico se describe mediante la ecuación:

$$P_{d,t} \equiv \left[\theta P_{d,t-1}^{1-\epsilon} + (1 - \theta)(\tilde{P}_{d,t})^{1-\epsilon} \right]^{\frac{1}{1-\epsilon}} \quad (A2.9)$$

el cual puede ser log-linealizado en torno al estado estacionario de inflación cero, arrojando:

$$\hat{\pi}_{d,t} = (1 - \theta)(\tilde{p}_{d,t} - p_{d,t-1}) \quad (A2.10)$$

Finalmente, combinando (A2.7) y (A2.10), se obtiene:

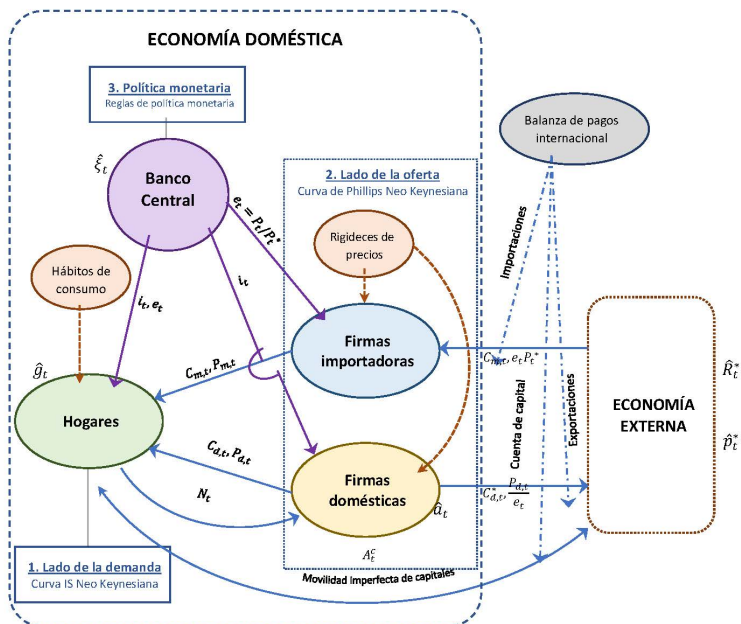
$$\hat{\pi}_{d,t} = \beta E_t\{\hat{\pi}_{d,t+1}\} + \lambda \widehat{mc}_t \quad (A2.11)$$

con $\lambda = \frac{(1-\theta)(1-\beta\theta)}{\theta}$. Considerando que el nivel natural de producción doméstica se puede obtener al imponer $\widehat{mc}_t = -\hat{\mu}_t$ para todo t , la ecuación anterior es equivalente a:

$$\hat{\pi}_{d,t} = \beta E_t\{\hat{\pi}_{d,t+1}\} - \lambda \hat{\mu}_t \quad (A2.12)$$

la cual corresponde a la ecuación (33) en la sección 3.4.

A3. Esquema de la estructura del modelo



Fuente: Elaboración del autor, basada en Van Nguyen (2020) y en la estructura del modelo.

Síntesis descriptiva del modelo:

El gráfico muestra la interacción entre los agentes del modelo. En el lado de la oferta, la empresa nacional produce sus bienes combinando tecnología estacionaria y la oferta de mano

de obra de los hogares. También exporta sus bienes a la economía extranjera. Por el contrario, la empresa importadora no produce sus bienes, sino que los importa de la economía externa y los vende a los hogares domésticos. En ambas firmas, se tiene rigideces nominales en los precios. Por lo tanto, el traspaso del tipo de cambio es incompleto.

Por otro lado, en el lado de la demanda, el supuesto de tenencia de activos domésticos y extranjeros por parte de los hogares permite derivar la paridad descubierta de la tasa de interés. En última instancia, el modelo se «cierra» introduciendo la política monetaria, donde el papel de la autoridad monetaria se describe a través de las reglas «RPM» descritas en la sección 3.6.

A4. Formalidades de la estimación Bayesiana, algoritmo RWMH-MCMC y factor de Bayes

En este Apéndice se describe en forma resumida el trasfondo teórico de la metodología de estimación bayesiana implementada en este trabajo.

Estimación Bayesiana

La densidad *prior* $\mathcal{P}(\Theta|M_R)$ supone que la información previa sobre el vector de parámetros se puede resumir mediante una función de densidad de probabilidad conjunta. Así, la función de verosimilitud describe la densidad de los datos observados dado el modelo y el vector de parámetros. Esta última se estima utilizando el filtro de Kalman, el cual evalúa la función de verosimilitud asociada con la solución del sistema estado-espacio del modelo. Esta función se puede representar recursivamente, mediante:

$$\mathcal{L}(\Theta|\mathcal{Y}_T, M_R) \equiv \mathcal{P}(\mathcal{Y}_0|\Theta, M_R) \prod_{i=1}^T \mathcal{P}(\mathcal{Y}_t|\mathcal{Y}_{t-1}, \Theta, M_R) \quad (A4.1)$$

donde $\mathcal{L}(\Theta|\mathcal{Y}_T, M_R)$ es la función de verosimilitud y $\mathcal{P}(\mathcal{Y}_t|\mathcal{Y}_{t-1}, \Theta, M_R)$ es la densidad condicional sobre la información disponible hasta $t - 1$.

La distribución posterior es dada por el Teorema de Bayes:

$$\mathcal{P}(\Theta|\mathcal{Y}_t, M_R) = \frac{\mathcal{L}(\Theta|\mathcal{Y}_T, M_R)\mathcal{P}(\Theta|M_R)}{\mathcal{P}(\mathcal{Y}_t|M_R)} \quad (A4.2)$$

siendo el término $\mathcal{P}(\mathcal{Y}_t|M_R)$ la densidad marginal de los datos, el cual se incluye como una constante de normalización en el denominador. Aquí, el logaritmo de la densidad marginal de los datos se puede interpretar como una función logarítmica de máxima verosimilitud penalizada por la dimensión del modelo. De su parte, el término $\mathcal{P}(\Theta|\mathcal{Y}_t, M_R)$ es la densidad posterior proporcional al producto de la función de verosimilitud y la *prior*:

$$\begin{aligned} \mathcal{P}(\Theta|\mathcal{Y}_T, M_R) &\propto \mathcal{L}(\Theta|\mathcal{Y}_T, M_R)\mathcal{P}(\Theta|M_R) \\ &\equiv \mathbb{K}(\Theta|\mathcal{Y}_T, M_R) \end{aligned} \quad (A4.3)$$

La ecuación anterior es de interés fundamental, ya que resume todo lo que se sabe sobre el parámetro Θ después del uso de los datos. Por su lado, el kernel posterior $\mathbb{K}(\Theta|\mathcal{Y}_T, M_R)$ corresponde al numerador de la densidad posterior.

Algoritmo Metrópolis-Hastings

Para la obtención de los momentos posteriores, el algoritmo RWMH-MCMC se ejecuta siguiendo los siguientes pasos, partiendo de la moda posterior $\tilde{\Theta}$.

Primer paso: Elegir un punto de inicio $\hat{\Theta}^0$, que por lo general se encuentra en $\tilde{\Theta}$.

Segundo paso: Derivar un parámetro $\hat{\Theta}^*$ de una distribución de saltos:

$$J(\hat{\Theta}^*|\hat{\Theta}^{t-1}) = N(\hat{\Theta}^{t-1}|\omega^2\Omega_d) \quad (A2.4)$$

donde N denota una distribución normal, ω es un escalar que controla la magnitud de salto de la actualización del algoritmo propuesto, Ω es la inversa de la matriz Hessiana calculada en $\tilde{\Theta}$, y d es la dimensión de Θ .

Tercer paso: Computar la tasa de aceptación y su probabilidad asociada, respectivamente, como:

$$r = \frac{\mathcal{P}(\hat{\Theta}^*|\mathcal{Y}_t, M_R)}{\mathcal{P}(\hat{\Theta}^{t-1}|\mathcal{Y}_t, M_R)} = \frac{\mathbb{K}(\hat{\Theta}^*|\mathcal{Y}_T, M_R)}{\mathbb{K}(\hat{\Theta}^{t-1}|\mathcal{Y}_T, M_R)} \quad (A2.5)$$

$$\mathfrak{B} = \min \left\{ 1, \frac{\mathbb{K}(\hat{\Theta}^*|\mathcal{Y}_T, M_R)}{\mathbb{K}(\hat{\Theta}^{t-1}|\mathcal{Y}_T, M_R)} \right\} \quad (A2.6)$$

Cuarto paso: Aceptar o rechazar el parámetro propuesto $\hat{\Theta}^*$. Derivar una variable aleatoria $q \sim (0, 1)$. La propuesta $\hat{\Theta}^t = \hat{\Theta}^*$ se acepta si $q \leq \mathfrak{B}$, de lo contrario considerar otro candidato.

Este proceso se repite \mathcal{H} veces para generar la densidad posterior $\mathcal{P}(\hat{\Theta}|\mathcal{Y}_t, M_R)$. La tasa de convergencia es sensible

tanto a \mathcal{W} como a \mathcal{H} . Para permitir la convergencia, se configuraron $\mathcal{H} = 250,000$ replicaciones, como en Smets y Wouters (2007) y un \mathcal{W} que conduce a una tasa de aceptación de aproximadamente 30%, iniciando con $\mathcal{W} = 2.4/\sqrt{d}$

Factor de Bayes

Para cada regla en el modelo, la densidad marginal posterior se estima utilizando el estimador de la media armónica modificada de Geweke (1998). De esta manera, el factor Bayes se considera una herramienta para determinar cuál RPM explica mejor el comportamiento del conjunto de variables observadas. Para hacer esto, se define el factor de Bayes de la regla k sobre la regla l , $FB_{k,l}$, como:

$$FB_{k,\ell} = \frac{\mathcal{P}(\mathcal{Y}_t | M_{R,k})}{\mathcal{P}(\mathcal{Y}_t | M_{R,\ell})} \quad (A2.7)$$

donde $\mathcal{P}(\mathcal{Y}_t | M_{R,k})$ es la densidad marginal posterior del modelo con la regla k y $\mathcal{P}(\mathcal{Y}_t | M_{R,\ell})$ es la densidad marginal posterior de la regla l . Usando este factor, es posible calcular la probabilidad posterior de cada regla, \mathcal{P}_k .

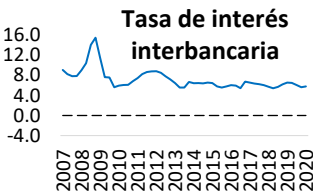
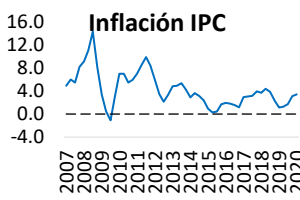
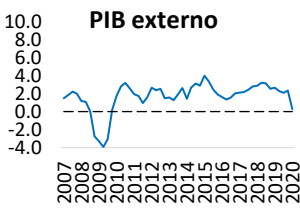
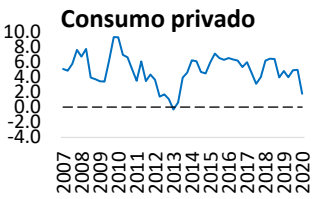
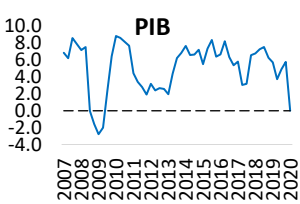
Considerando que $\sum_{k=1}^{10} \mathcal{P}_k = 1$, se tiene:

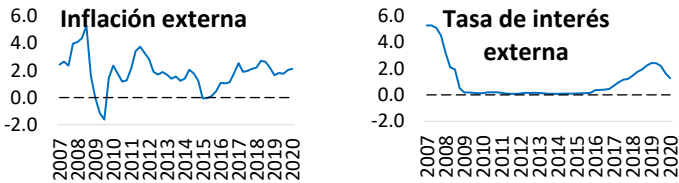
$$\frac{1}{\mathcal{P}_1} = \sum_{k=2}^{10} FB_{k,1} \quad (A2.8)$$

siendo \mathcal{P}_1 la probabilidad posterior de la regla R1. Así, $\mathcal{P}_k = \mathcal{P}_1 FB(k, 1)$ provee las probabilidades restantes del modelo.

Si la probabilidad posterior de la regla k es mayor que la probabilidad posterior de la regla l , entonces se considera que la regla k es mejor que la regla l .

A5. Evolución de las variables observables





Nota: Los gráficos corresponden a la variación porcentual interanual (excepto tasas de interés), sin ajustes estacionales ni de tendencia.
 Fuente: Elaboración del autor a partir de datos del BCRD y la FRED.

A6. Correlaciones contemporáneas y estadísticas descriptivas de variables observables

A6.1 Correlaciones contemporáneas

	y_t	c_t	π_t	R_t	e_t	y_t^*	p_t^*	R_t^*
y_t	1	0.648	-0.076	-0.561	-0.370	0.684	0.098	0.224
c_t	0.648	1	0.023	-0.178	-0.382	0.146	0.031	0.141
π_t	-0.076	0.023	1	0.604	-0.011	-0.062	0.808	0.220
R_t	-0.561	-0.178	0.604	1	0.009	-0.548	0.347	0.169
e_t	-0.370	-0.382	-0.011	0.009	1	-0.225	-0.162	-0.477
y_t^*	0.684	0.146	-0.062	-0.548	-0.225	1	0.266	0.087
p_t^*	0.098	0.031	0.808	0.347	-0.162	0.266	1	0.434
R_t^*	0.224	0.141	0.220	0.169	-0.477	0.087	0.434	1

Fuente: Elaboración del autor a partir de datos del BCRD y la FRED.

A6.2 Estadísticas descriptivas

	Obs.	Mínimo	Media	Mediana	Máximo	Desviación estándar	Asimetría	Curtosis
y_t	53	-2.782	5.144	6.259	8.866	2.876	-1.010	3.340
c_t	53	-0.324	4.918	4.922	9.258	1.992	-0.387	3.282
π_t	53	-1.089	4.270	3.430	14.291	3.019	0.971	4.046
R_t	53	5.420	7.193	6.452	15.483	2.013	2.316	9.010
e_t	53	0.040	3.515	3.370	8.410	1.548	0.305	4.094

y_t^*	53	-3.924	1.676	2.034	3.978	1.632	-2.047	7.076
p_t^*	53	-1.623	1.857	1.811	5.303	1.255	-0.060	4.233
R_t^*	53	0.073	1.023	0.187	5.257	1.413	1.793	5.458

Fuente: Elaboración del autor a partir de datos del BCRD y la FRED.

Leyenda:

- y_t : PIB
- c_t : Consumo privado
- π_t : Inflación IPC
- R_t : Tasa de interés interbancaria
- e_t : Tipo de cambio nominal
- y_t^* : PIB externo
- p_t^* : Inflación externa
- R_t^* : Tasa de interés externa

A7. Estimaciones de parámetros

A7.1. Parámetros calibrados

Pará- metro	Descripción	Valor
β	Factor de descuento	0.99
ϵ	Elasticidad de sustitución entre bienes domésticos	9
α	Grado de apertura de la economía	0.43
δ	Ratio de estado estacionario de bonos de largo plazo a bonos de corto plazo	3
φ	Inversa de la elasticidad de la oferta laboral	1.00
$\varphi_{\pi F}$	Coefficiente IFB	5

A7.2. Parámetros estimados por MV

Pará- metro	Descripción	Prior	Estima- ción	DS	Estadís- tico-t
θ	Probabilidad de Calvo	0.50	0.343	0.116	2.972
σ	Inversa de la elasticidad de sustitución intertem- poral	1.00	0.969	0.289	3.362

η	Elasticidad de sustitución entre bienes domésticos e importados	1.00	1.132	0.268	4.217
φ_R	Coefficiente de inercia de la tasa de interés	0.70	0.735	0.089	8.239
φ_π	Coefficiente de reacción a la inflación	1.25	2.232	2.057	1.086
φ_y	Coefficiente de la desviación del producto	0.25	0.007	0.412	0.017
φ_e	Coefficiente de reacción al tipo de cambio	0.50	0.154	0.161	0.957
ρ_ξ	Autocorrelación de choque de política monetaria	0.50	0.158	0.109	1.445
ρ_a	Autocorrelación de choque de productividad	0.50	0.626	0.108	5.785
ρ_g	Autocorrelación de choque de preferencias	0.50	0.608	0.104	5.836
ρ_{R^*}	Autocorrelación de choque de tasa de interés internacional	0.50	0.650	0.164	3.975
ρ_{p^*}	Autocorrelación de choque del nivel de precios mundial	0.50	0.849	0.063	13.416
σ_ξ	Desviación estándar del choque de política monetaria	4.00	4.431	4.171	1.062
σ_a	Desviación estándar del choque de productividad	2.00	2.176	0.506	4.300
σ_g	Desviación estándar del choque de preferencias	1.00	1.359	0.387	3.510
σ_{R^*}	Desviación estándar del choque de tasa de interés internacional	1.00	0.498	0.237	2.106
σ_{p^*}	Desviación estándar del choque del nivel de precios mundial	2.00	2.011	0.202	9.940

Nota: Los coeficientes de inercia de tasa de interés y de reacción al tipo de cambio fueron estimados con métodos ARIMA y ARIMAX, incluyendo en las regresiones la tasa de política monetaria y la inflación. Lo anterior, dado que el kernel de verosimilitud logarítmica no acotaba el máximo para estos parámetros, lo que castigaba las demás estimaciones y los resultados.

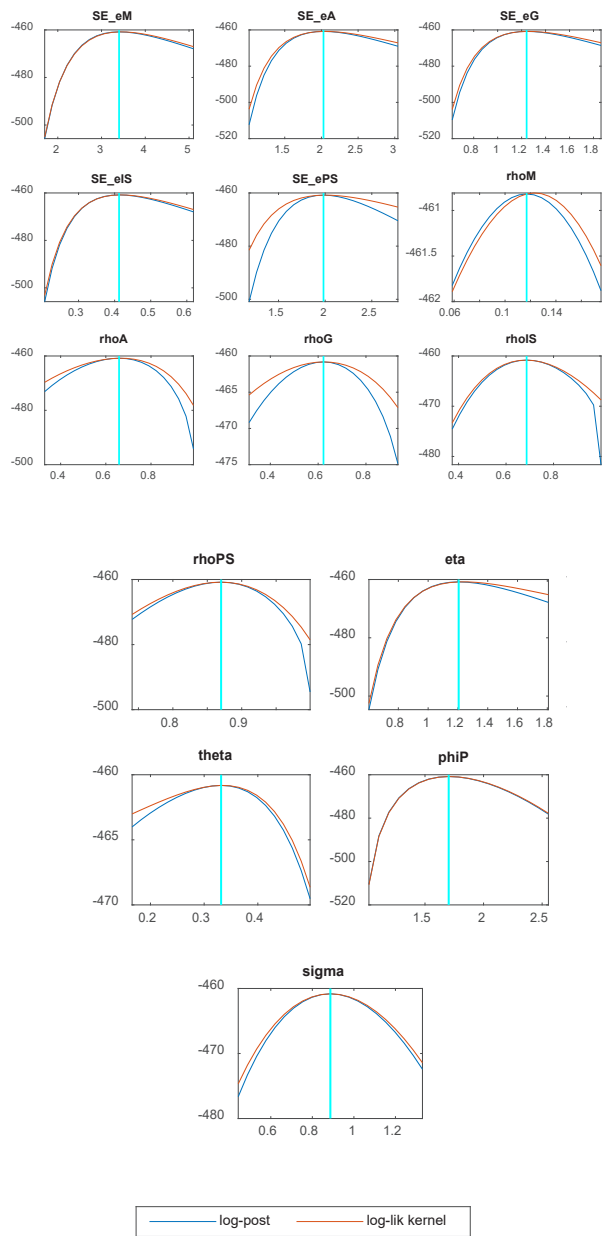
A7.3. Estimación bayesiana de parámetros

Pa- rá- met ro	Densi- dad	Prior		Posterior		Intérv. confianza	
		Me- dia	DS	Moda	Media	Inferior	Superior
θ	Beta	0.343	0.116	0.332	0.316	0.201	0.429
σ	Gamma	0.969	0.289	0.887	0.921	0.699	1.146
η	Gamma	1.132	0.268	1.205	1.201	0.950	1.456
φ_{π}	Gamma	2.232	2.057	1.703	2.233	1.381	3.137
ρ_{ξ}	Beta	0.158	0.109	0.117	0.139	0.055	0.224
ρ_a	Beta	0.626	0.108	0.659	0.632	0.527	0.743
ρ_g	Beta	0.608	0.104	0.622	0.612	0.495	0.735
ρ_{R^*}	Beta	0.650	0.164	0.687	0.671	0.506	0.838
ρ_{p^*}	Beta	0.849	0.063	0.870	0.856	0.802	0.908
σ_{ξ}	Inv- Gamma	4.431	4.171	3.401	4.492	2.676	6.342
σ_a	Inv- Gamma	2.176	0.506	2.028	2.109	1.700	2.519
σ_g	Inv- Gamma	1.359	0.387	1.242	1.314	1.013	1.616
σ_{R^*}	Inv- Gamma	0.498	0.237	0.412	0.490	0.355	0.622
σ_{p^*}	Inv- Gamma	2.011	0.202	1.982	2.015	1.787	2.252

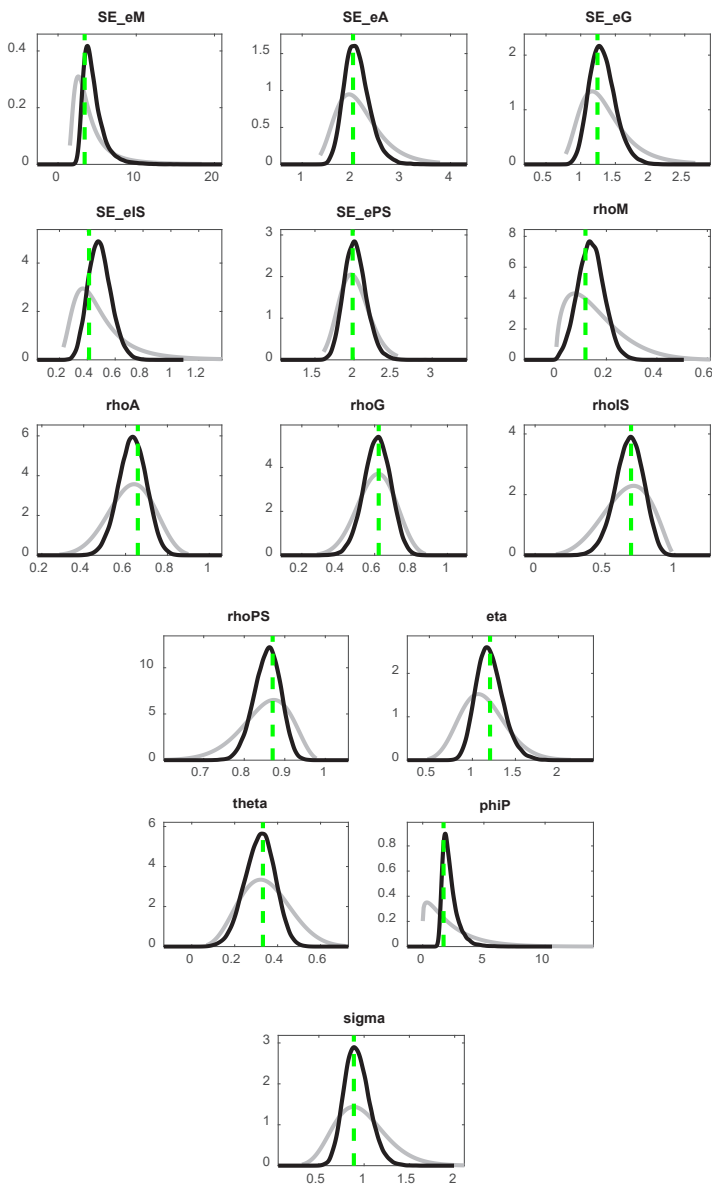
Nota: Dado que los coeficientes de reacción al producto y al tipo de cambio resultaron no significativos (ver tabla A7.2), lo que es verificado luego por métodos bayesianos, se descartaron en las estimaciones posteriores.

Por otro lado, según se verifica en las estimaciones posteriores (ver tabla 9, sección 5.3), las dos reglas de política monetaria que más se alinean a los datos no incluyen el término de suavizamiento de la tasa de interés. En consecuencia, este coeficiente se omite para las estimaciones bayesianas de la descomposición histórica y de la descomposición de varianza del error de predicción, para las cuales se considera la regla R1.

A7.4. Verificación de la moda de los parámetros estimados

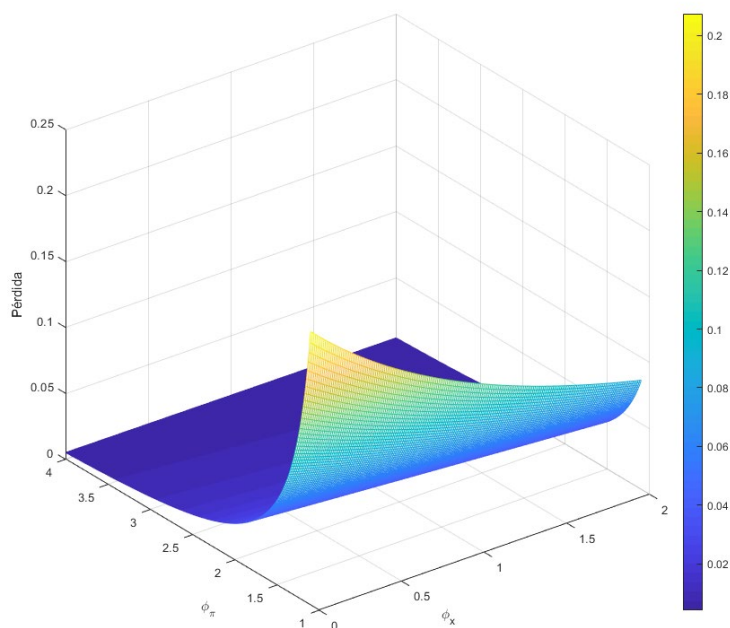


A7.5. Gráficos distribuciones *prior* y posteriores

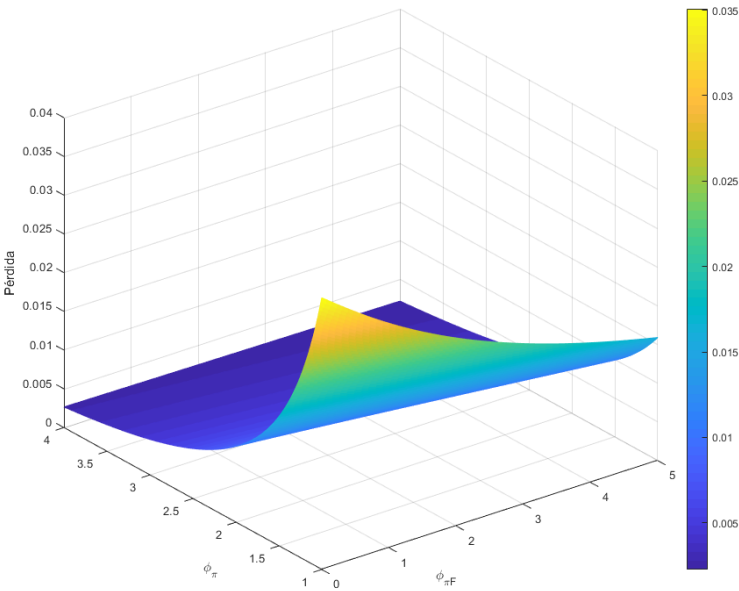


A8. Superficies de pérdida en bienestar por ponderaciones en reglas binomiales

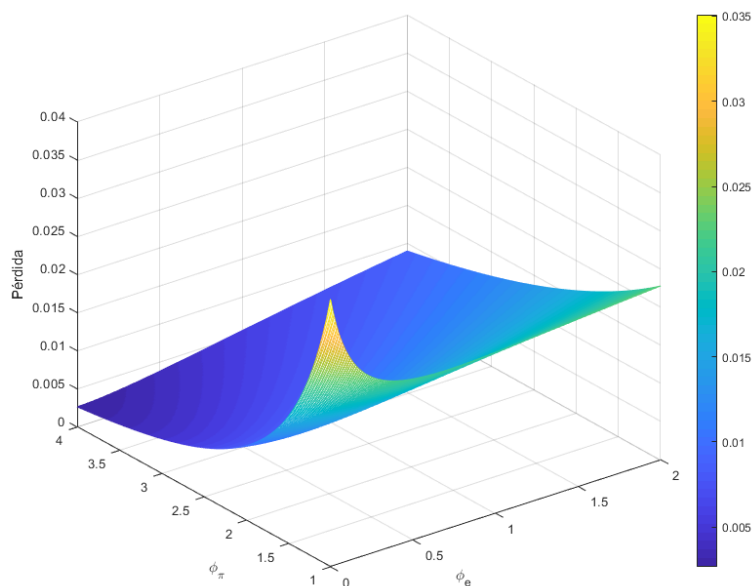
A8.1. Reacción a la inflación IPC y a la brecha del producto



A8.2. Reacción a la inflación IPC y a la inflación proyectada

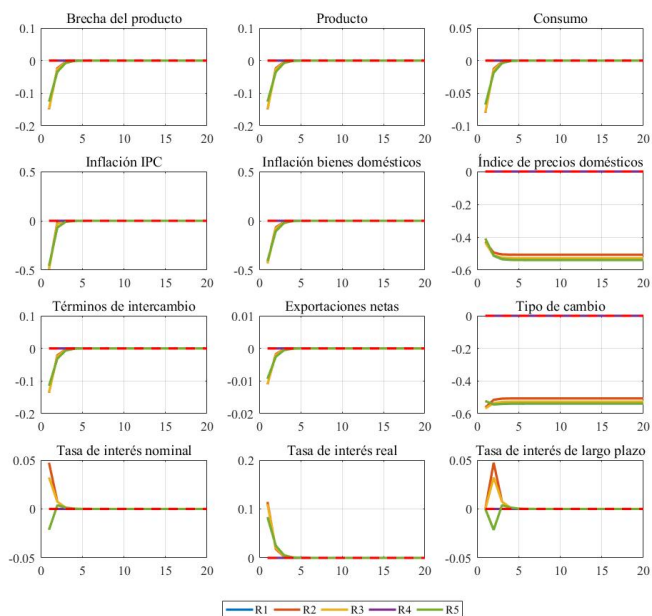


A8.3. Reacción a la inflación IPC y al tipo de cambio



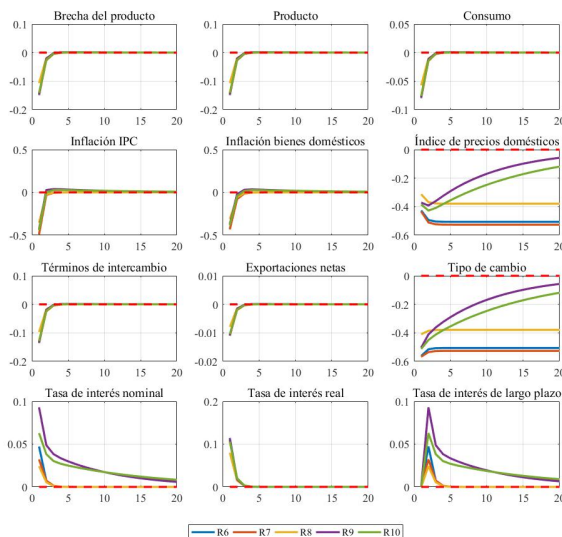
A9. Funciones impulso respuesta

A9.1. Choque de política monetaria (Reglas R1-R5)

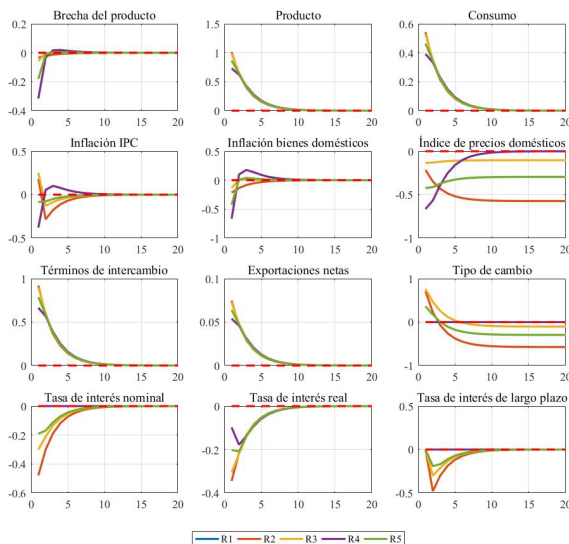


Nota: Las IRF con la regla R1 son casi idénticas a las IRF con la regla R2. Por su lado, las IRF con la regla R4 son nulas por lo explicado en la sección 5.1.1.

A9.1. Choque de política monetaria (Reglas R6-R10)

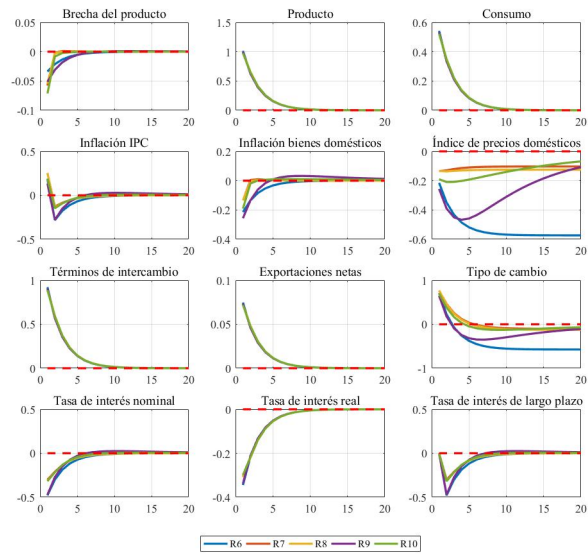


A9.2. Choque de productividad (Reglas R1-R5)

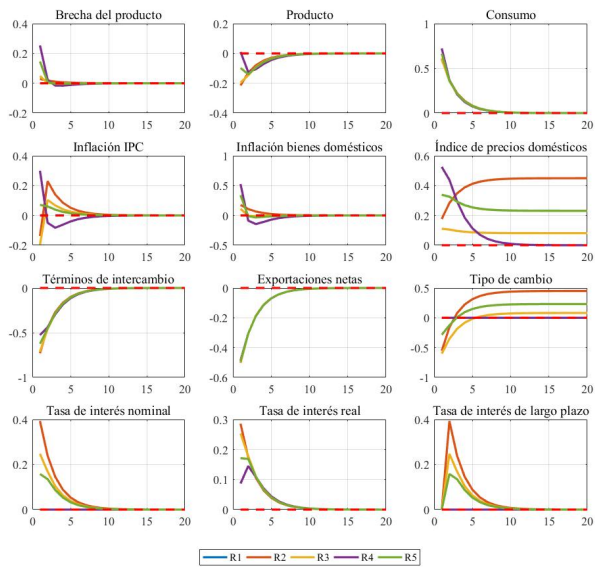


Nota: Las IRF con la regla R1 son casi idénticas a las IRF con la regla R2.

A9.2. Choque de productividad (Reglas R6-R10)

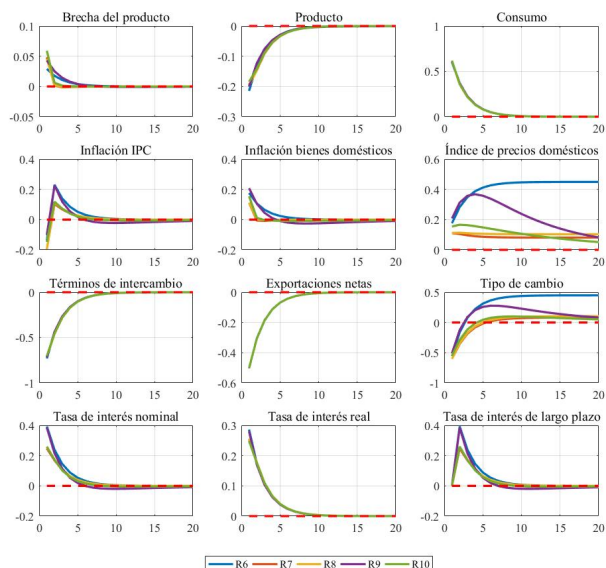


A9.3. Choque de preferencias (Reglas R1-R5)

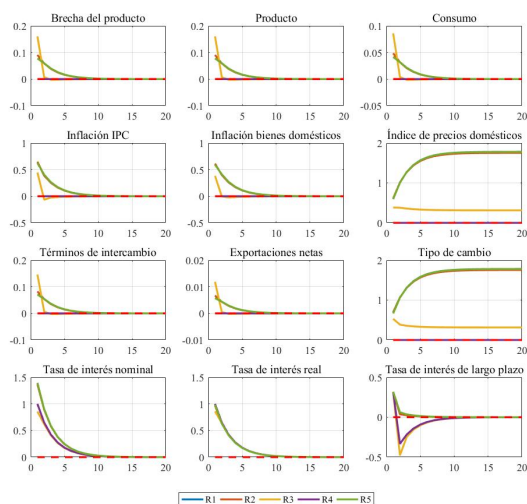


Nota: Las IRF con la regla R1 son casi idénticas a las IRF con la regla R2.

A9.3. Choque de preferencias (Reglas R6-R10)

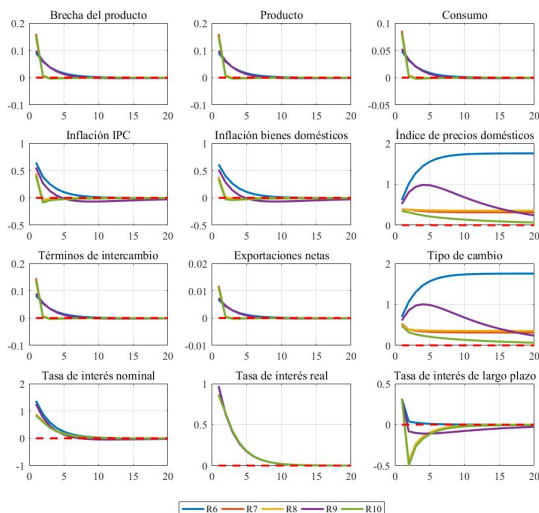


A9.4. Choque de tasa de interés internacional (Reglas R1-R5)

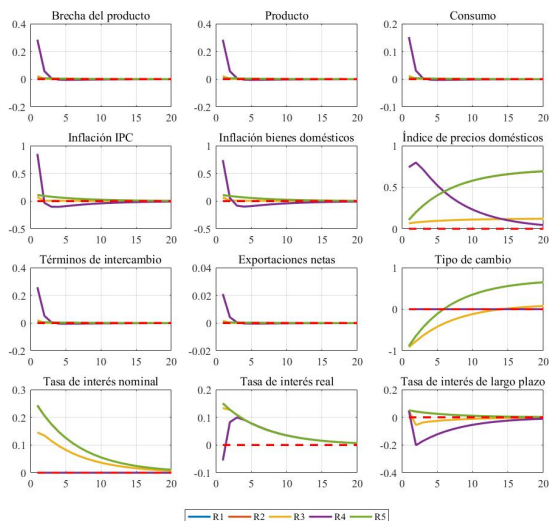


Nota: Las IRF con la regla R1 son casi idénticas a las IRF con la regla R2.

A9.4. Choque de tasa de interés internacional (Reglas R6-R10)

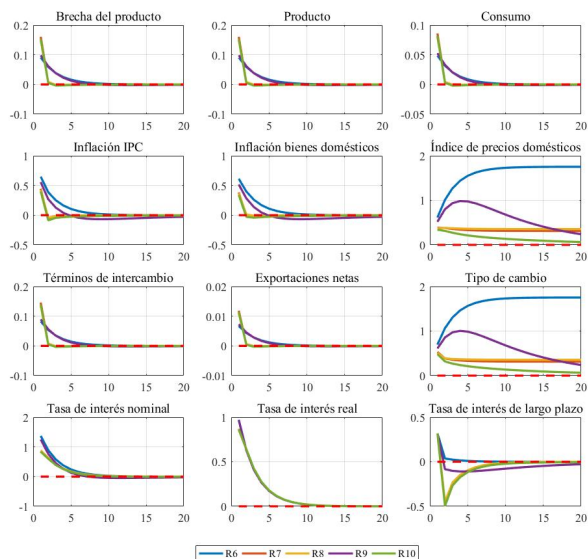


A9.5. Choque de nivel de precios mundial (Reglas R1-R5)

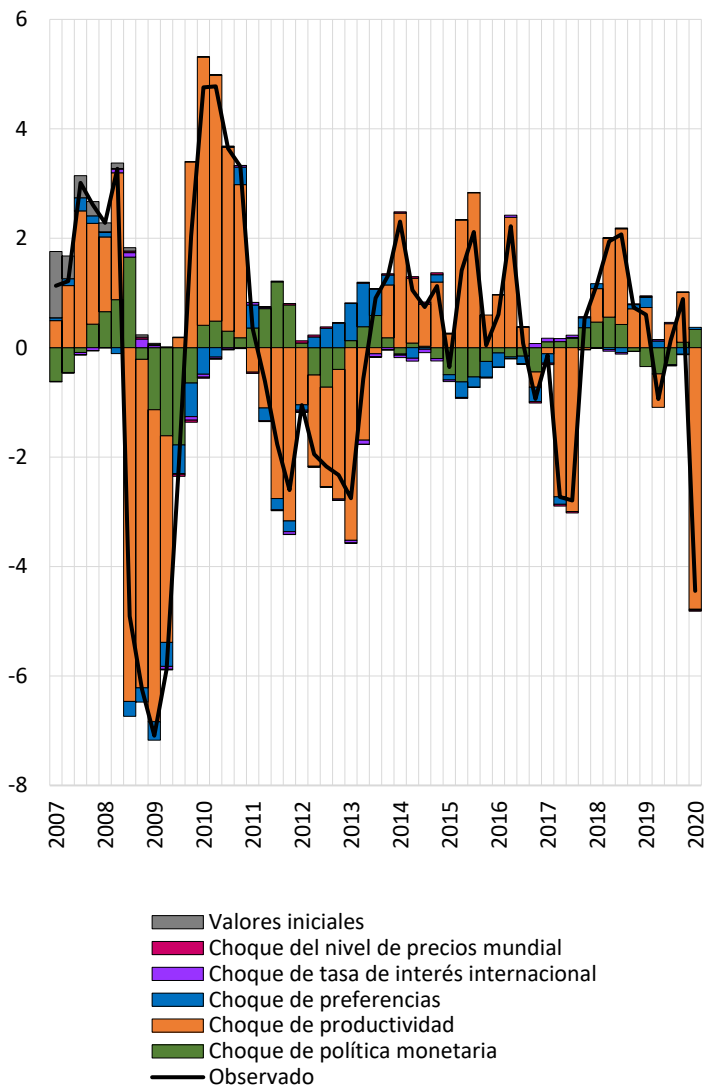


Nota: Las IRF con la regla R1 son casi idénticas a las IRF con la regla R2.

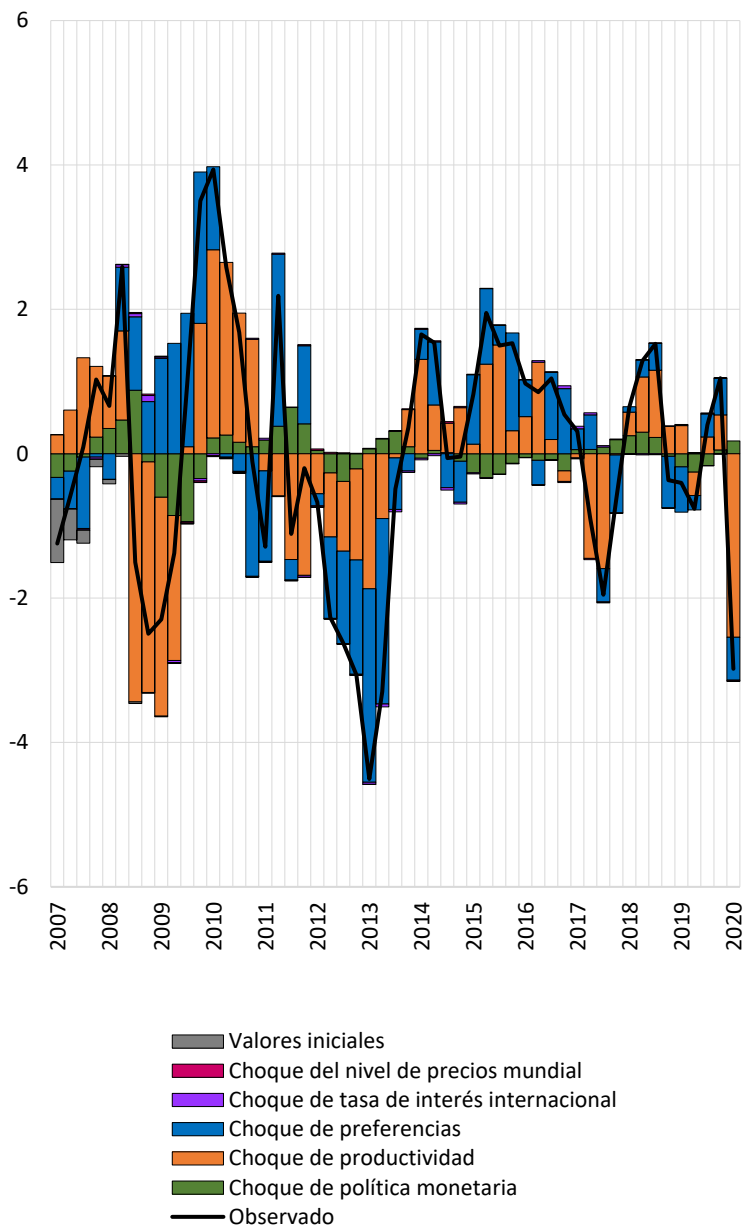
A9.5. Choque de nivel de precios mundial (Reglas R6-R10)



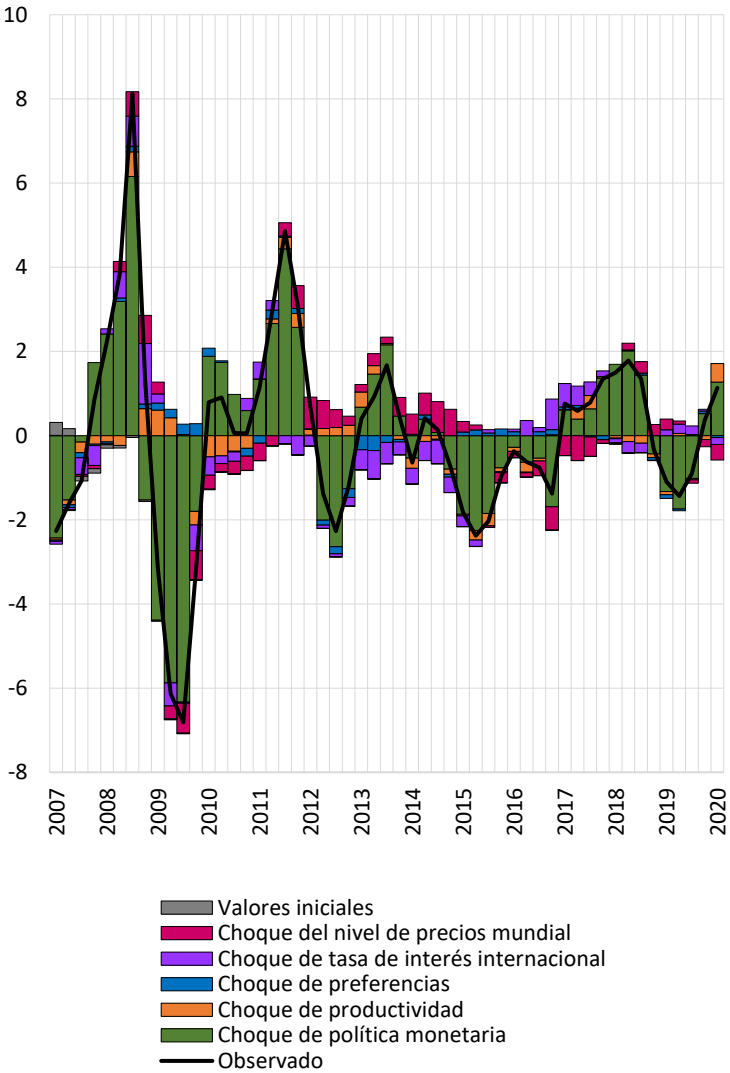
A10. Descomposiciones históricas de varianza
A10.1. Descomposición histórica del PIB



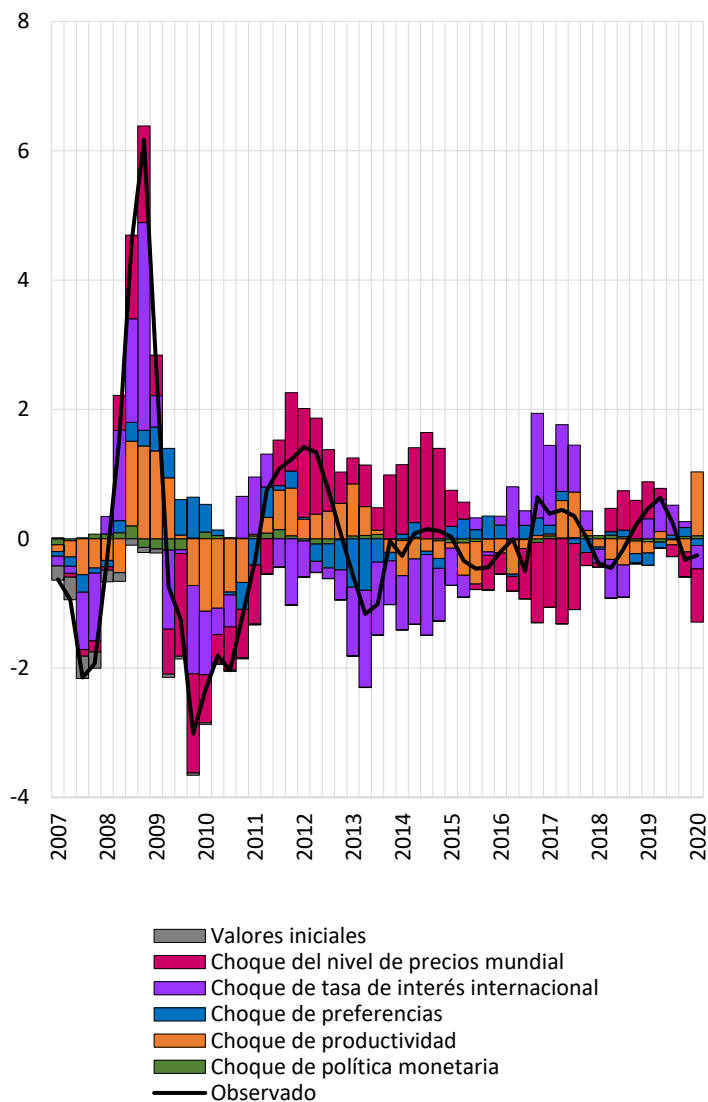
A10.2. Descomposición histórica del consumo privado



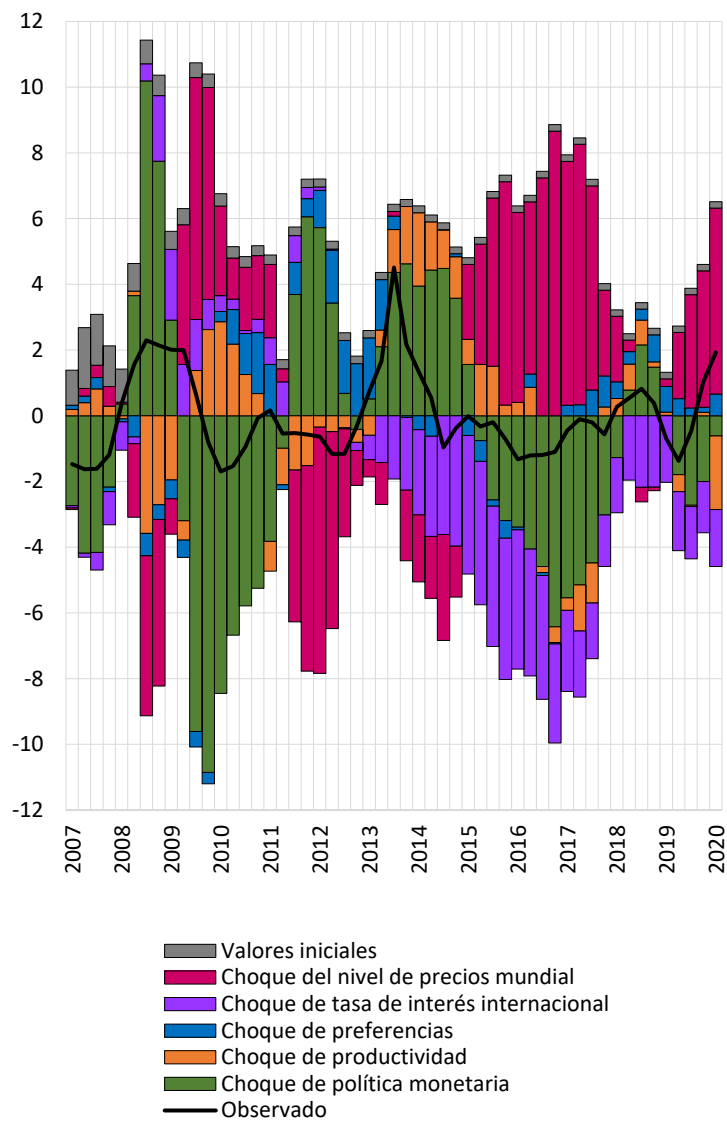
A10.3. Descomposición histórica de la inflación IPC



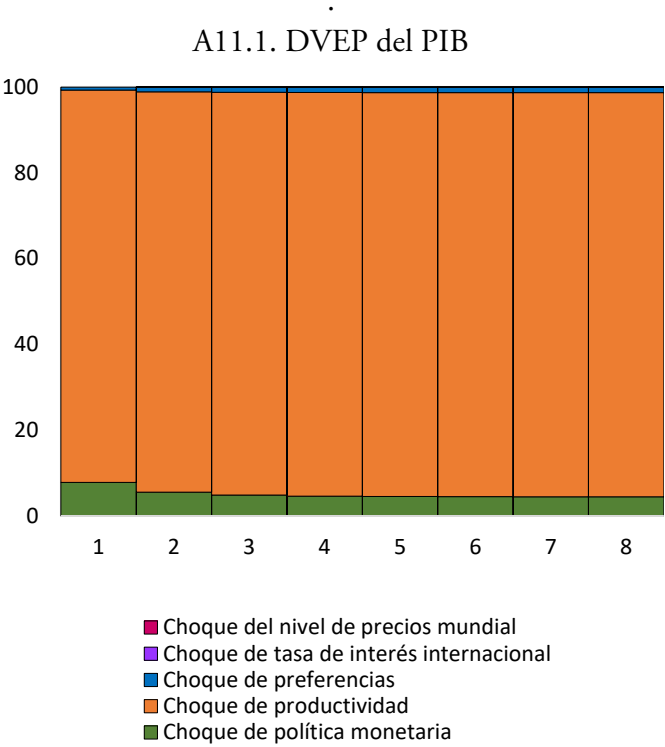
A10.4. Descomposición histórica de la tasa de interés inter-bancaria



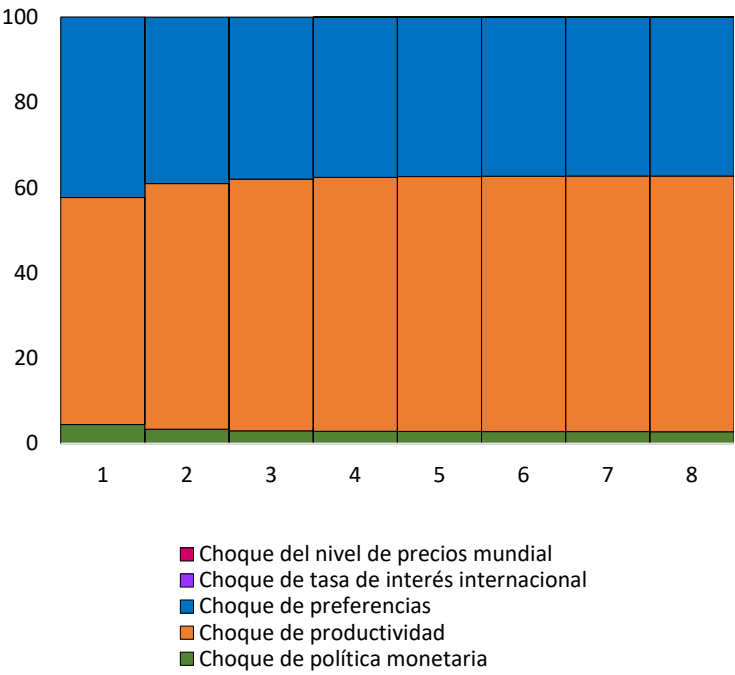
A10.5. Descomposición histórica del tipo de cambio nominal



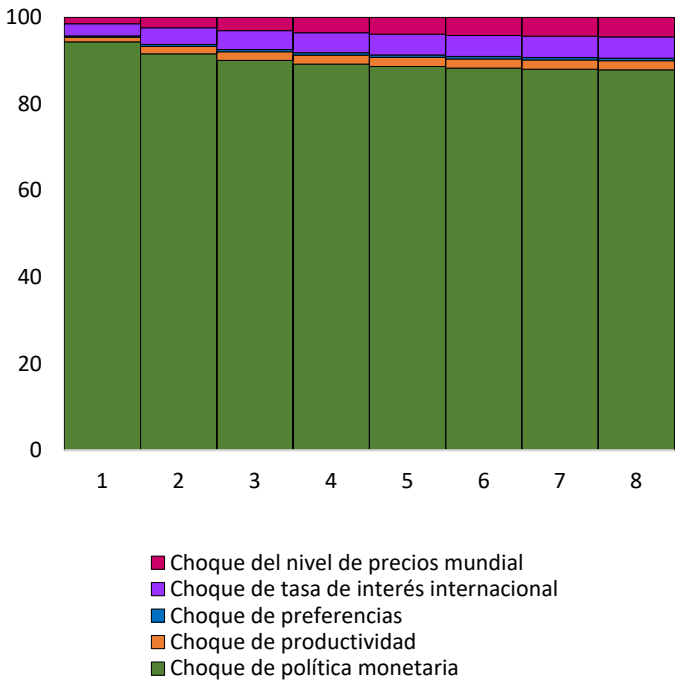
A11. Descomposiciones de varianza del error de predicción



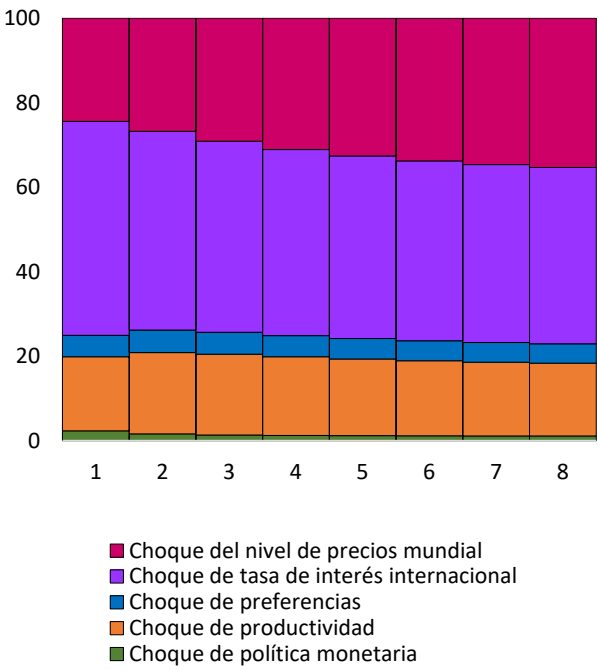
A11.2. DVEP del consumo privado



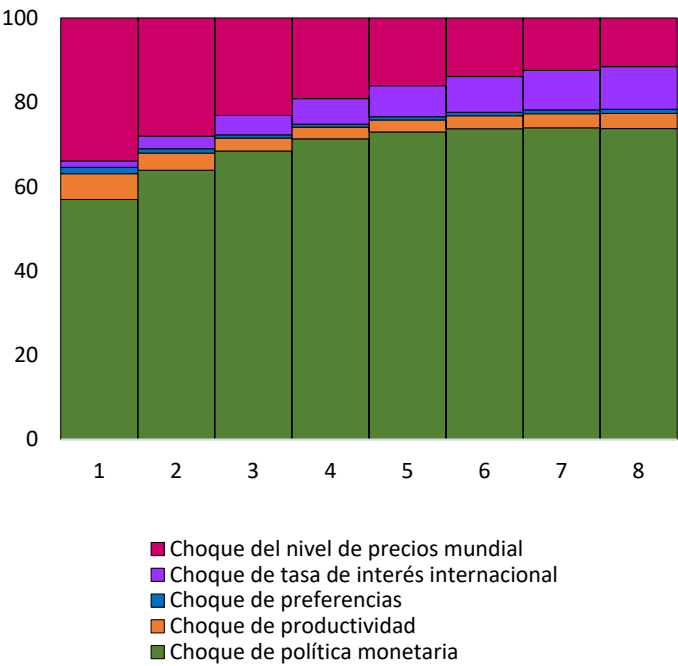
A11.3. DVEP de la inflación IPC



A11.4. DVEP de la tasa de interés interbancaria

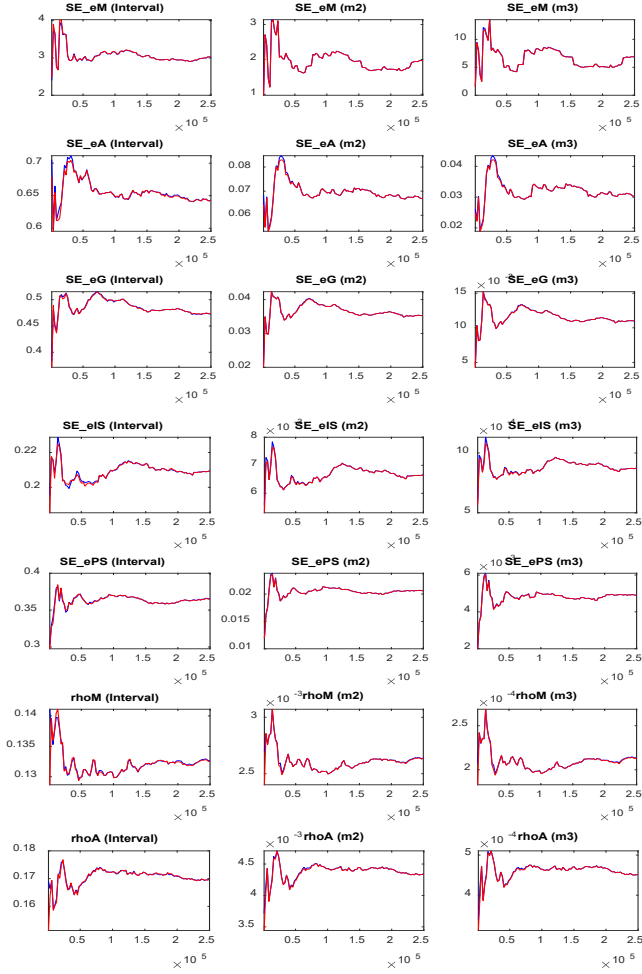


A11.5. DVEP del tipo de cambio nominal

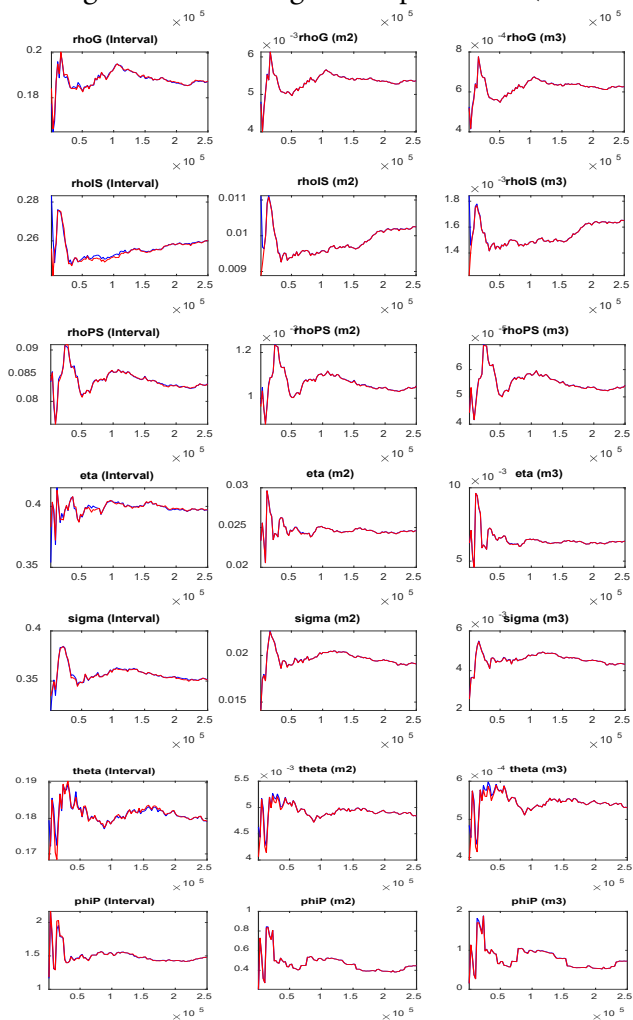


A12. Diagnósticos de estimaciones del modelo

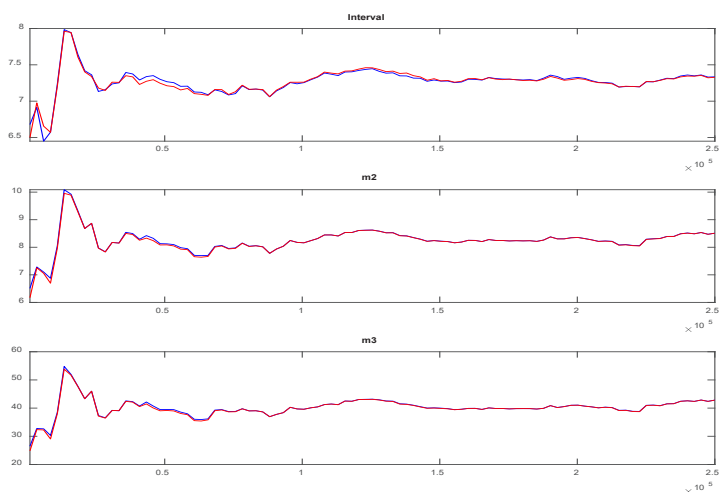
A12.1. Diagnóstico de convergencia de parámetros



A12.1. Diagnóstico de convergencia de parámetros (continuación)



A12.2. Diagnóstico de convergencia del modelo (multivariable)

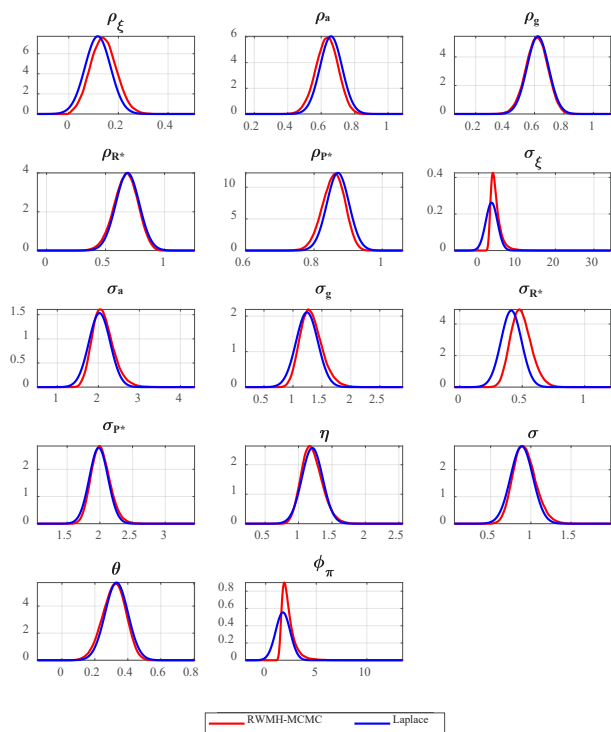


Nota descriptiva de diagnósticos de convergencia:

Cada gráfico en este Apéndice A12 representa medidas de convergencia específicas con dos líneas distintas que muestran los resultados dentro (cadena roja) y entre cadenas (línea azul) (Geweke, 1999). Esas medidas están relacionadas con el análisis de los parámetros: media (intervalo), varianza (m2) y tercer momento (m3). Para cada una de las tres medidas, la convergencia requiere que ambas líneas se vuelvan relativamente horizontales y converjan entre sí.

El Apéndice A12.1 muestra los diagnósticos de convergencia individuales de los parámetros estimados, en tanto que el Apéndice A12.2 presenta el diagnóstico multivariable, es decir, del modelo general. Así, como se observa en los gráficos, los diagnósticos para cada parámetro y del modelo, en el sentido amplio, indican que las estimaciones no presentan problemas de convergencia.

A12.3. Comparación entre el algoritmo RWMH-MCMC y la aproximación de Laplace



TERCERA PARTE

Caracterización del riesgo de tasa de interés
de la cartera de inversión de los bancos múltiples
y su importancia en el análisis de la estabilidad
financiera en la República Dominicana

Víctor José Reyes Hernández
Alerso Pimentel Domínguez



Víctor José Reyes Hernández

Es licenciado en Economía del INTEC, con postgrado en Finanzas Corporativas (INTEC), Maestría en Economía Aplicada (UCSD-Empírica), maestría en Finanzas, concentración en mercados de capitales de la Universidad Torcuato Di Tella y Chartered Financial Analyst (CFA) por el CFA Institute. Sus áreas de investigación abarcan el riesgo de quiebra financiero, riesgo de mercado y estructuras de tasas de interés en la República Dominicana. Actualmente ocupa el cargo de Director de Tesorería en Primas Valores Puesto de Bolsa.



Alerzo Pimentel Domínguez

Es egresado de la Universidad Tecnológica de Santo Domingo con estudios de postgrado en Banca y Finanzas Cuantitativas en la Universidad del País Vasco, además ha realizado el certificado en Finanzas Cuantitativas (CQF) de Fitch Learning en New York, el Certificado en Ingeniería Financiera y Derivados del Instituto de Finanzas de New York y es Certificado Analista Financiero del prestigioso programa del CFA Institute. En la actualidad consultor experto en mercados de capitales de CIEF Consulting y COO de Towers Capital Group.

Resumen

El presente estudio tiene como objetivo caracterizar el riesgo de tasa de interés de los portafolios de los bancos múltiples dominicanos. Para ello, se estimaron las curvas de rendimiento históricas de los emisores gubernamentales, aplicando el modelo de Nelson y Siegel (1987). Extrayendo los principales factores de riesgos de las curvas de rendimiento, se estimaron tres metodologías de cálculo del Valor en Riesgo (VaR) a partir de una función de aproximación delta-gamma en conjunto con el Análisis de Componentes Principales: VaR por Varianza-Covarianza, VaR por simulación histórica y VaR por simulación de Monte Carlo.

El resultado de la aplicación del Análisis de Componentes Principales (ACP) a la estructura temporal de las tasas de interés en el BCRD y MH muestran hallazgos similares a los observados en la literatura de aplicaciones en otros sistemas financieros. De las tres formas del cálculo del VaR, la simulación de Monte Carlo presenta una pérdida esperada superior a la simulación histórica y aun mayor al VaR Paramétrico. Dada la magnitud de los resultados obtenidos, la entrada en vigor del esquema de valor razonable hace necesario que la evaluación del riesgo sistémico tome en consideración el riesgo de tasas de interés en el sector bancario dominicano.

1. Introducción

Las entidades financieras a nivel mundial han presentado un crecimiento exponencial en las últimas dos décadas, siendo este crecimiento en gran parte atribuido a los ingresos provenientes de sus carteras de inversión (Trading book). Sin embargo, la crisis financiera global que tuvo sus inicios en el 2007 puso de manifiesto las grandes debilidades del marco de regulación y supervisión y la necesidad de adoptar un mayor grado de vigilancia de los mercados financieros. Este hecho da origen a una de las más trascendentales regulaciones en la época pos-crisis, la llamada «Volcker Rule», la cual transformó considerablemente la forma en la que los bancos conducen sus actividades de inversión.

El fuerte impacto que tuvo la crisis en la economía real a nivel mundial llevó a los reguladores a realizar profundas transformaciones en el marco normativo que regula los mercados financieros, así como, intensificar las investigaciones de todas las irregularidades que pudieron provocar la crisis para establecer metodologías más eficientes de supervisión, con la finalidad de garantizar la seguridad y la solvencia de las instituciones financieras tanto a escala individual como sistémica.

La necesidad por parte de los reguladores de medir la magnitud del impacto sobre la economía que tiene un hecho relevante es lo que da inicio al concepto de Riesgo Sistémico, catalogado a partir de la crisis como uno de los aspectos más importantes en la regulación financiera moderna. La gravedad de la crisis financiera llevó a las autoridades competentes a emprender diversas reformas del marco de supervisión y regulación microprudencial, y a asignar a los bancos centrales de todo el mundo funciones macroprudenciales en reconocimiento a la importancia del componente sistémico en la estabilidad financiera.

En el 2009, el FMI, FSB y BIS propusieron por primera vez la definición de evento sistémico como «el riesgo de perturbación de los servicios financieros causado por un daño en la totalidad o parte del sistema financiero, y que tiene el potencial de generar consecuencias negativas graves para la economía real¹». Este concepto fue originalmente asociado al pánico bancario (Bank runs) y las crisis cambiarias, pero en la actualidad se tiene una visión más amplia de la operatividad del sistema financiero.

El auge que ha tomado el análisis del riesgo sistémico es perfectamente medible a través de los esfuerzos que han realizado las grandes economías en implementar una supervisión macroprudencial que contribuya al seguimiento y gestión del riesgo sistémico. Los organismos principales que han sido creados para desempeñar funciones específicamente relacionadas a la evaluación del riesgo sistémico y velar por la estabilidad financiera son el FSOC en Estados Unidos y el ESRB en Europa. Otras instituciones que han realizado valiosos aportes en términos de estudios y desarrollo de metodologías de medición del riesgo sistémico son el FMI, BIS, IOSCO, FSB, FED y el G-20. Adicionalmente, algunos países han establecido comités de riesgo sistémico como Reino Unido, Francia, Alemania, España, Hong Kong y Brasil.

Para el caso dominicano, esta labor la desempeña el Comité de Políticas Macroprudenciales y Estabilidad Financiera, creado por la Junta Monetaria en su Cuarta Resolución de fecha 20 de diciembre del 2017. Este comité tiene por objeto examinar el riesgo sistémico y la estabilidad del sistema financiero de la economía dominicana, a fin de definir y proponer a la Junta Monetaria, como organismo superior de política monetaria y financiera, las políticas macroprudenciales necesarias para promover y mantener la estabilidad de dicho sistema.

1 <https://www.fsb.org/>

Las metodologías para detectar la existencia, el nivel y la dirección de los riesgos sistémicos han sido durante mucho tiempo temas de la academia desde antes de la última crisis financiera, sin embargo, las secuelas de una crisis sin precedentes despertaron un interés nunca visto por la medición del riesgo sistémico. No existe una metodología generalmente aceptada para determinar el riesgo sistémico, ya que estas responden a las características particulares de cada mercado y son altamente dependientes de la disponibilidad de datos para su medición. Un elemento en común que tiene aplicabilidad en todos los mercados son las medidas publicadas por el Comité de Basilea orientadas a limitar los riesgos asumidos por los Bancos Sistémicamente Importantes Globalmente (G-SIBs por sus siglas en inglés), cuya situación de insolvencia tiene un mayor potencial de desencadenar externalidades negativas en todo el sistema financiero.

Los planteamientos previos que resaltan la preponderancia de la gestión integral del riesgo sistémico por parte de los reguladores a nivel mundial, el rol fundamental que juega la academia en el desarrollo de técnicas avanzadas de medición y monitoreo del riesgo sistémico, y el compromiso de cada uno de los profesionales en la materia para velar por una estabilidad financiera sostenible en el tiempo, son algunas de las razones que motivaron la realización de este estudio, cuyo objetivo principal es extender el análisis de riesgo sistémico al sector bancario dominicano desde el punto de vista del riesgo de tasa de interés de la cartera de inversión, específicamente en sus posiciones en los instrumentos de deuda pública emitidos por el Banco Central de la República Dominicana y el Ministerio de Hacienda.

El riesgo de tasa de interés toma mayor relevancia cuando las entidades financieras tienen la obligación de clasificar apropiadamente las inversiones en instrumentos de deuda y valorando sus posiciones a valor de mercado (MTM). En EE.UU, las exigencias de valoración a mercado a los bancos inicia en el

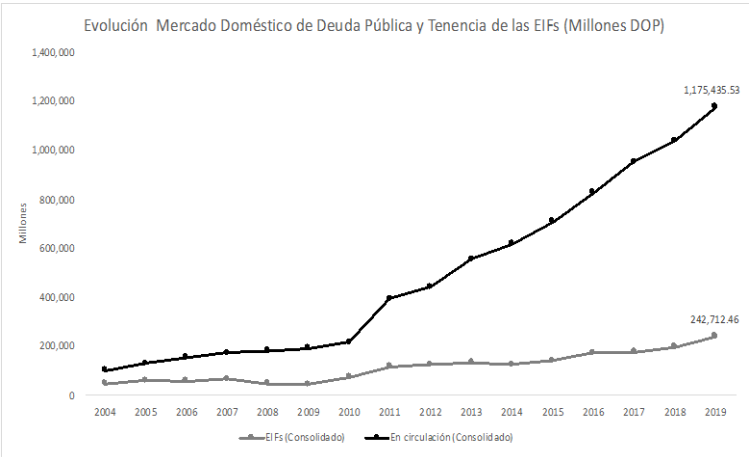
año 1930 con la recomendación de la FED de revisar los principios de contabilidad y sugerir que se les exija a los bancos el uso del valor de mercado para sus carteras de inversión, siendo posteriormente revocado en el 1938 por el Presidente Roosevelt por las serias preocupaciones sobre cómo se vio afectado el desempeño financiero y las decisiones de inversión de los bancos. El MTM se mantuvo prácticamente inexistente hasta el 1975, pero es en 1994 cuando el FASB requiere que las instituciones clasifiquen sus inversiones en deuda o valores de capital como Negociación, Disponible para la Venta o a Vencimiento (SFAS No. 115), incluyendo esta vez los instrumentos de deuda y otras consideraciones.

En el sector bancario dominicano, se podría decir que el MTM inicia el 15 de agosto de 2018 cuando la SIB emite la circular 014-18 que aprueba y pone en vigencia a partir del 1 de enero de 2019, luego pospuesto en tres ocasiones para el 1 de enero 2022, el «Instructivo para el Uso de Valor Razonable de Instrumentos Financieros en las Entidades de Intermediación Financiera», el cual a su vez modifica el «Instructivo para la clasificación, valoración y medición de las inversiones en instrumentos de deuda». Esta nueva normativa presenta varios retos para las entidades financieras siendo el principal la exigencia de reclasificar el portafolio de inversiones de tesorería debido a que queda eliminada la cuenta 134.00, que es donde se encuentra clasificada la gran mayoría de las inversiones de las Entidades de Intermediación Financiera del sector financiero dominicano. De esta manera el regulador busca finalmente aplicar las NIIF, específicamente la NIIF 9 y NIIF 13, las mejores prácticas internacionales promovidas por Basilea y homogeneizar la valoración a mercado entre todos los participantes del sistema financiero dominicano.

El mercado de deuda interna en República Dominicana está compuesto en aproximadamente un 91% por instrumentos de

deuda pública, siendo una proporción importante (aprox. 21%) absorbido por las EIF. Como se puede apreciar en la gráfica, durante el periodo estudiado, la tenencia de las EIF muestra una tendencia creciente.

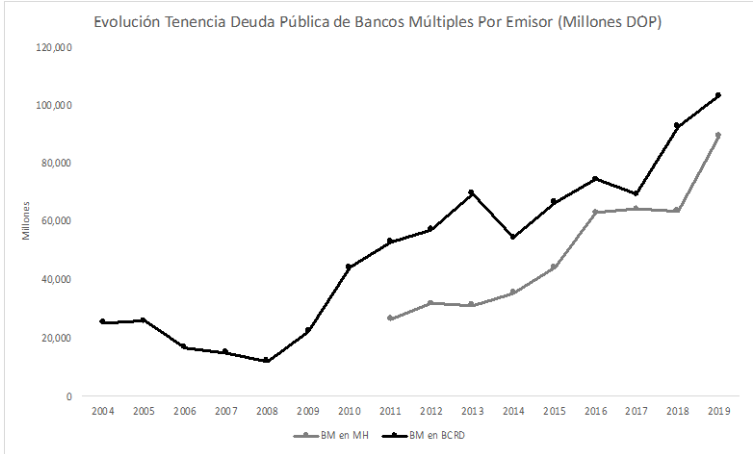
Gráfico 1. Evolución monto en circulación de deuda pública doméstica y tenencia de las EIFs (millones DOP)



Fuente: Elaboración propia con datos del BCRD y MH.

Los BM representan aproximadamente el 80% de la tenencia de la deuda pública doméstica como proporción de la tenencia de las EIF.

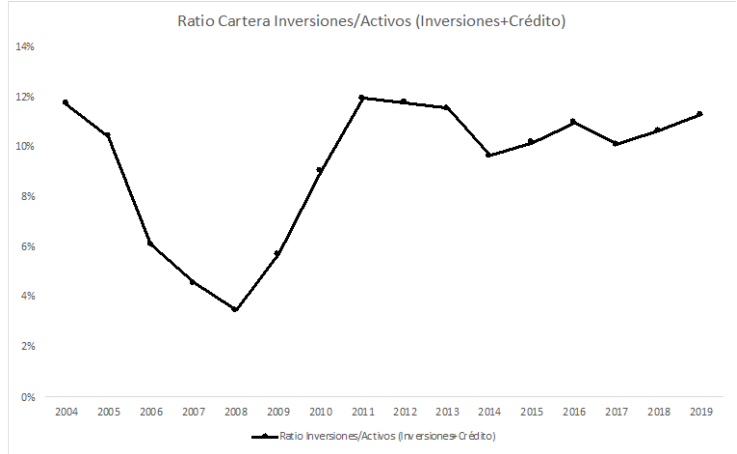
Gráfico 2. Evolución tenencia de deuda pública doméstica de los bancos múltiples por emisor (millones DOP)



Fuente: Elaboración propia con datos del BCRD y MH.

La cartera de inversión de los BMs constituye aproximadamente el 11% de los activos (inversiones+crédito).

Gráfico 3. Evolución ratio de cartera de inversiones en relación al total de las carteras de inversiones y créditos



Fuente: Elaboración propia con datos de la SIB.

La relación existente entre los precios de los instrumentos de deuda y las fluctuaciones de las tasas de interés a distintos vencimientos deriva en que la principal fuente de medición del riesgo de mercado lo constituye la ETTI, o curva de rendimientos de los respectivos emisores, destacando así el riesgo de tasas de interés como el principal tipo de riesgo de mercado del sistema financiero dominicano².

El riesgo de tasa de interés es un aspecto importante tanto dentro de la gestión de riesgos como en la gestión de portafolios. La teoría de medición de riesgo de tasa de interés ha evolucionado desde el uso de medidas de sensibilidad de los factores de riesgos, a un enfoque moderno que requiere un mayor entendimiento del comportamiento temporal de los factores de riesgos y su uso para generar posibles escenarios de estos. Medir el riesgo de tasa de interés a través de la simulación de los factores de riesgos es un tema importante donde la literatura no es muy extensa comparado con las métricas tradicionales propuestas por Basilea.

Cuando consideramos las tasas de interés, a distintos vencimientos, como factores de riesgos de mercado, asumimos que el comportamiento temporal de las tasas de interés es influenciado por diversas variables de carácter económico, monetario y financiero, y que por ende toda esta información está incorporada en dichas tasas en un determinado periodo. Sin embargo, para la cuantificación de los riesgos es necesario caracterizar las propiedades estadísticas de dichos factores de riesgos.

Antes de ponderar técnicas avanzadas de medición de riesgo de mercado, es necesario resaltar un método que desde el 1994 constituye la base para la medición de riesgo de mercado, este es el Valor en Riesgo (VaR) desarrollado por J.P.

2 En muchos estudios se utiliza indistintamente el concepto de curva de rendimientos para hacer referencia a la ETTI.

Morgan a través de la metodología de *RiskMetrics*. La metodología de *RiskMetrics* se refiere a la medición del riesgo de mercado en las funciones de «trading» e inversión, como es el caso de la exposición a los cambios en las tasas de interés asumidas por los inversores en instrumentos de renta fija.

El Análisis de Componentes Principales (ACP) es una técnica puramente estadística que ha presentado resultados robustos en diversas investigaciones en otros mercados de renta fija, esta permite extraer la estructura de correlaciones de los factores de riesgos (tasas de interés) y representarlas en componentes principales que recogen en un número reducido de variables (factor loadings) la mayor variabilidad del conjunto de factores de riesgos. Cada componente principal tiene un impacto en los cambios en las tasas de interés, pero el grado de ese impacto puede ser distinto a lo largo de la ETTI.

Cuando el ACP es aplicado a la ETTI, la evidencia empírica muestra que tres componentes principales explican una gran parte de la variación total de toda la curva de rendimiento, además de mostrar consistencia en diferentes períodos de tiempo. Usualmente, el 1er CP se interpreta como un cambio en el nivel de la curva de rendimiento, el 2do CP viene siendo el cambio en la “inclinación” de la pendiente de la curva de rendimiento y el 3er CP un “giro” o cambio en la curvatura. La descomposición en componentes principales permite formular varios tipos de escenarios considerando shocks en cada uno de estos componentes o una combinación de ellos.

Uno de los métodos más utilizados para generar shocks de los factores de riesgos o componentes principales es la simulación de Monte Carlo, este requiere revalorar completamente el portafolio en los distintos escenarios. La simulación de Monte Carlo es más flexible que otros enfoques, ya que la distribución de los factores de riesgos muestra el rango completo de todas las realizaciones posibles y sus probabilidades. Los datos

históricos, aunque no se utilizan para producir escenarios directamente, se necesitan para la calibración.

La simulación de Monte Carlo basada en el análisis de componentes principales se realiza mediante la elaboración de choques aleatorios independientes de la distribución de los tres CP subyacentes a los movimientos de la curva de rendimientos, y luego invierte la representación de ACP para reproducir la estructura de correlación de los cambios en la tasa de interés a lo largo de los diversos puntos de la curva de rendimientos.

A partir de la generación de escenarios producto de la simulación de Monte Carlo, reconstruimos la ETTI para cada una de las simulaciones y calculamos el VaR. Para fines comparativos, también hemos estimado el VaR por simulación histórica y por el enfoque varianza-covarianza.

Nuestro estudio evalúa la exposición al riesgo de tasa de interés de los portafolios de los bancos múltiples en República Dominicana. Seleccionamos sólo los bancos múltiples debido a que estos representan el 80% de la tenencia de los títulos de deuda de las EIFs, dado que no existe información pública sobre las características de las tenencias individuales de cada entidad, utilizamos como «portafolio de mercado» una aproximación a la tenencia a nivel consolidado de la banca múltiple.

Las posiciones se distribuyen a lo largo de diferentes tenores según el plazo restante para el vencimiento, y en cada tenor son ponderadas para reflejar su sensibilidad a los cambios en las tasas de interés. El shock de tasa de interés para cada tenor se deriva del procedimiento de simulación de escenarios basado en la representación de la curva de rendimientos por CP. Los escenarios se generan al calibrar el procedimiento de simulación sobre las observaciones históricas de los cambios en la tasa de interés.

Los cambios totales en el valor de la posición se calculan en un elevado número de escenarios (10,000) a través de la función de

aproximación delta-gamma. El VaR mensual se obtiene eligiendo el primer percentil de la distribución de pérdidas y ganancias.

Finalmente se concluye que el ACP de la estructura temporal de las tasas de interés en el BCRD y MH, a pesar de su relativa corta existencia, arroja resultados similares a los observados en la literatura de aplicaciones en otros sistemas financieros más desarrollados. De las tres formas del cálculo del VaR, la simulación de Monte Carlo presenta una pérdida esperada superior a la simulación Histórica y aun mayor al VaR Paramétrico. Esto se debe a que cada una de estas utiliza supuestos distintos sobre la distribución de probabilidad de los factores de riesgos.

El objetivo es doble, por un lado, caracterizar el comportamiento de la ETTI mediante el ACP, y segundo medir el riesgo de tasas de interés para ser considerado como un potencial escenario de MTM de los bancos múltiples si entrase en vigencia la circular 014-18.

Consideramos que nuestros hallazgos representan un punto de partida importante para que la Autoridad Monetaria y Financiera realice pruebas de estrés a las carteras de inversión de las Entidades de Intermediación Financiera una vez estas tengan la obligación de valorar a mercado y contabilizar apropiadamente sus inversiones en títulos valores de deuda.

El resto del presente estudio está organizado en 6 apartados. Una breve revisión de la literatura en el segundo apartado. El tercer apartado explica la metodología utilizada en el análisis, seguido por la presentación de los datos en el cuarto apartado. El quinto apartado explica los resultados obtenidos, y las conclusiones son expuestas en el sexto apartado.

2. Revisión de la literatura

Es natural que el nacimiento y desarrollo inicial de los mercados financieros sea medido por el nivel de desarrollo de su mercado de deuda pública, ya que este constituye un indicador adelantado de la madurez de los mercados de capitales en los distintos países. Esto trae como consecuencia que grandes aportes de la academia a los mercados financieros, provengan de estudios de los mercados de deuda y las tasas de interés como su principal subyacente.

Algunas técnicas estadísticas o métodos cuantitativos más avanzados son aplicables cuando los mercados alcanzan cierto nivel de desarrollo, de aquí se deriva que los países desarrollados hayan sido los pioneros en ser objeto de interés de publicaciones académicas. Una de estas técnicas es la aplicación del Análisis de Componentes Principales para caracterizar mediante factores el comportamiento de la Estructura Temporal de Tasas de Interés, para lo cual es necesario contar de cierto grado mínimo de desarrollo del mercado secundario de deuda pública.

Mediante el análisis del comportamiento histórico de la ETTI, diversos estudios empíricos han mostrado que aproximadamente el 99% de las variaciones en las tasas de interés es explicada por tres factores obtenidos a través del ACP. Litterman and Sheinkman (1991) fueron los primeros en obtener este resultado para el mercado estadounidense, siendo más tarde validado en otros mercados por Kanony y Mokrane (1992), D Ecclesia y Zenios (1994), Kärki y Reyes (1994), Barber y Copper (1996), Bühler y Zimmermann (1996), Golub y Tilman (1997), Lekkos (2000), Martellini y Priaulet (2000), Lardic, Priaulet y Priaulet (2003), entre otros.

A continuación, la tabla 1 presenta los resultados:

Tabla 1. Estudios sobre el análisis de componentes principales en mercados extranjeros

Autores	País (período)	Tipo de Tasa	Rango	Factores	% Explicado/Factor
LS (1991)	USA (1984-1988)	Spot	6M-18A	3	88.04/8.38/1.97
KM (1992)	Francia (1989-1990)	Spot	1A-25A	2	93.7/6.1
DZ (1994)	Italia (1988-1992)	Spot	6M-7A	3	93.91/5.49/0.42
KR (1994)	Alemania/Suiza/USA (1990-1994)	Spot	3M-10A	3	Total: 97/98/98
BC (1996)	USA (1985-1991)	Spot	1M-20A	3	80.93/11.85/4.36
BZ (1996)	Alemania (1988-1996) Suiza (1988-1996)	Spot	1M-10A	3	71/18/4 75/16/3
GT (1997)	JPMorgan RiskMetrics - 09/30/96	Spot	3M-30A	3	92.8/4.8/1.27
L (2000)	USA (1984-1995) Alemania (1987-1995) Inglaterra (1987-1995) Japón (1987-1995)	1yr Forward	1A-9A	5	56.5/17.4/9.86/8.12/4.3 50.6/17.3/13.5/8.8/5.8 63.5/6.3/7.5/8.1/5.3 42.8/25.5/17.1/6/4.9
MP (2000)	Francia (1995-1998) Bélgica (1995-1998) Francia (1995-1998)	Spot	1M-10A	3	66.64/20.52/6.96 62/27/6 62/21/9
LPP (2003)	Alemania (1998-2000) Italia (1998-2000) Inglaterra (1998-2000)	Spot	1M-30A	3	61/23/6 59/24/7 60/24/9

Fuente: Martellini, L., Priaulet, P., Priaulet, S., (2003). Fixed-income Securities.

En materia de gestión de riesgos financieros, el referente suele ser el Comité de Basilea del Banco Internacional de Pagos (BCBS), el cual en lo que tiene que ver con la medición del riesgo de mercado, promueve dos métodos para el cálculo de los requerimientos de capital por riesgo de mercado, estos son el Método de Medición Estándar y el Método de Estimaciones Propias o Modelos Internos, para este último su primera reglamentación fue concluida en diciembre de 1995, permitiendo así a los bancos utilizar modelos internos para medir la exposición al riesgo de mercado, expresado en términos del Valor en Riesgo.

Por su parte, el FMI a través de su Informe sobre la Estabilidad Financiera Mundial, desde la crisis financiera del 2008 ha resaltado la importancia de la supervisión macroprudencial y el rol preponderante de los Bancos Centrales en la evaluación del riesgo sistémico, constituyendo el riesgo de mercado un componente clave en las metodologías de evaluación de riesgo

sistémico propuestas³. El apoyo de la academia ha sido vital en el desarrollo de metodologías de cuantificación del riesgo sistémico desde distintos enfoques, muchos estudios muestran que el riesgo sistémico puede ser provocado por un solo factor, así como por una combinación de factores, dependiendo de las variables analizadas. Para los mercados en los que predominan los bonos de deuda pública en las carteras de inversión de los bancos, la ETTI como variable principal en el análisis del riesgo de tasa de interés toma aún mayor relevancia.

Dentro de los principales estudios realizados sobre la aplicación de componentes principales en la medición del riesgo de tasa de interés podemos citar los siguientes:

- Litterman y Sheinkman (1991) fueron los primeros en utilizar el ACP para identificar la cantidad de factores necesarios para caracterizar el comportamiento de la ETTI. Estos evalúan los factores comunes que afectan los rendimientos de los bonos del tesoro americano, identificando que la mayor variación puede ser explicada por tres factores, a los que llaman nivel, pendiente y curvatura. Una vez identificado estos factores, deducen que los mismos presentan mejores propiedades para realizar las coberturas de un portafolio con instrumentos de renta fija que la cobertura obtenida por el enfoque de duración de Macaulay.
- Golub y Tilman (1997) cuantifican el riesgo de los movimientos en la curva de rendimientos mediante el uso del ACP y la medida de VaR ajustado por las duraciones de tasas claves.

3 Pimentel, A. (2013), «Análisis de Riesgo Sistémico en Europa en el Contexto de la Crisis Financiera Global», trabajo de investigación Master en Banca y Finanzas Cuantitativas.

- Frye (1997) adopta un enfoque basado en factores para el cálculo de la metodología del VaR, partiendo del ACP de la curva de rendimientos. Este genera escenarios prefijados de los factores identificados en base a combinaciones lineales de los componentes principales como choques independientes y estima una pérdida y ganancia hipotética para cada escenario de un portafolio de renta fija diversificado, compuesto además por opciones financieras y posiciones cortas.
- Fiori y Iannotti (2006) evalúan la exposición de riesgo de tasas de interés de los bancos en Italia mediante una metodología de VaR por Componente Principales basada en simulación de Monte Carlo, siguiendo un enfoque paramétrico y no paramétrico con el objetivo de modelizar los cambios en las tasas de interés cuando los factores de riesgos subyacentes presentan asimetría y curtosis.
- Hagenbjork y Blomvall (2018) utilizan el ACP y la simulación de Monte Carlo para generar escenarios de la estructura temporal de tasas de interés de EE.UU y con ello medir el riesgo de tasa de interés por el VaR mediante la distribución de pérdida y ganancia simulada, utilizando para la modelización de la distribución de los componentes principales modelos univariantes GARCH con distribuciones t-student en los residuos y cópulas para modelar la co-dependencia, esto aplicado al mercado de derivados de tasas de interés.

En el Mercado dominicano, hemos identificado los siguientes trabajos:

- Reyes (1999) mide el riesgo de mercado de las instituciones financieras dominicanas, observando una alta correlación entre los distintos plazos de la curva de

rendimientos de los certificados de depósitos, a la vez que revela ineficiencias en el mercado financiero reflejado en el comportamiento de la curva de rendimiento.

- Jiménez (2007) evalúa el riesgo de mercado mediante la metodología del VaR con modelos de volatilidad condicional integrado de forma dinámica con simulación de Monte Carlo.
- Hernández (2010) estima la Estructura Temporal de Tasas de Interés para analizar su impacto en la rentabilidad y riesgo del sistema de pensiones de capitalización individual en conjunto con los factores macroeconómicos que inciden en su comportamiento.
- Reyes (2011) construye para el mercado dominicano la estructura de tasas cero cupón del Ministerio de Hacienda de la República Dominicana, mediante los métodos de bootstrapping, Nelson & Siegel y Svensson. Concluyendo que a pesar del bajo desarrollo que en el periodo evaluado presentaba el mercado de valores dominicano, la metodología de Nelson & Siegel captura con buen ajuste la estructura de tasas cero cupón.
- Delgado y García (2013) desarrollan un índice de estabilidad bancaria para República Dominicana aplicando la técnica de componentes principales a indicadores financieros contruidos de los balances financieros consolidados de las Entidades de Intermediación Financiera.

Para el caso dominicano no se evidencia un estudio que integre el ACP a la caracterización del comportamiento de la ETTI y su aplicación en la medición del riesgo de tasa de interés de las entidades de intermediación financiera. Nuestro estudio está estrechamente relacionado al de Fiori y Iannotti (2006), y Hagenbjork y Blomvall (2018), utilizando algunos

métodos o variantes más apropiadas a las particularidades del mercado dominicano y un enfoque «Asset-only» a la cartera de inversión de los bancos múltiples.

3. Metodologías

En esta sección describimos las metodologías aplicadas a los datos para cuantificar la aproximación al riesgo de tasas de interés de los Bancos Múltiples en la República Dominicana. En primer lugar, utilizamos el modelo de Nelson y Siegel⁴ para la generación de la ETTI histórica del BCRD y el MH como emisores de deuda pública en el mercado dominicano, luego aplicamos el ACP para extraer la estructura de correlaciones de estos factores de riesgo e identificar cuantos componentes son necesarios para explicar en más de 98% las variaciones de la ETTI de ambos emisores. Finalmente, a partir de la modelización de los tres componentes principales de cada emisor, estimamos el VaR por simulaciones de Monte Carlo, en conjunto con el enfoque de Varianza-Covarianza y simulación Histórica, siendo estos los tres métodos más utilizados y recomendados por el Comité de Basilea.

1. Nelson y Siegel (1987)

El modelo más utilizado para la estimación de la ETTI en los mercados de deuda pública es sin lugar a duda el modelo de Nelson y Siegel. Para el caso dominicano, este modelo también presenta un mejor ajuste a los datos observados en las cotizaciones de compra/venta de los instrumentos de deuda pública negociados en el mercado dominicano, además de que

4 Nelson, C.R. and Siegel, A. F., 1987, «Parsimonious Modeling of Yield Curves», *Journal of Business*, 60(4), 473-489.

mantiene un número reducido de parámetros a estimar, propiedad deseada en los modelos econométricos.

El modelo de estructura de tasas de Nelson y Siegel (1987) se deriva de la solución de una ecuación diferencial ordinaria que describe la dinámica de las tasas de interés, la cual viene dada por:

$$f(0, \theta) = \beta_0 + \beta_1 \exp\left(-\frac{\theta}{\tau_1}\right) + \beta_2 \left(\frac{\theta}{\tau_1}\right) \exp\left(-\frac{\theta}{\tau_1}\right) \quad (1)$$

Donde $f(0, \theta)$ representa la tasa forward instantánea de hoy (0) para la fecha θ ⁵.

$$R^c(0, \theta) = \frac{1}{\theta} \int_0^\theta f(0, s) ds \quad (2)$$

Resolviendo la integral que relaciona las tasas forwards con las tasas cero cupón (ecuación 2), obtenemos la ecuación central del modelo de Nelson y Siegel.

$$R^c(0, \theta) = \beta_0 + \beta_1 \left[\frac{1 - \exp\left(-\frac{\theta}{\tau}\right)}{\frac{\theta}{\tau}} \right] + \beta_2 \left[\frac{1 - \exp\left(-\frac{\theta}{\tau}\right)}{\frac{\theta}{\tau}} - \exp\left(-\frac{\theta}{\tau}\right) \right] \quad (3)$$

Donde:

- $R^c(0, \theta)$ es la tasa cero cupón compuesta continua en el tiempo cero con madurez θ .
- β_0 es el límite de $R^c(0, \theta)$ cuando θ tiende a infinito. En la práctica es la tasa de interés de largo plazo.

5 La tasa forward instantánea es la tasa forward de un bono que vence en un periodo infinitesimal.

- β_1 es el límite de $R^c(0, \theta)$ cuando β_0 tiende de θ a cero. Es el spread entre las tasas de corto y largo plazo.
- β_2 es un parámetro de curvatura.
- τ es un parámetro de escala que mide la tasa a la cual los componentes de corto y mediano plazo decaen a cero.

Para construir la curva de tasas cero cupón a partir de esta metodología se estiman los parámetros β_0 , β_1 , β_2 , τ que satisfacen la condición de la ecuación siguiente:

$$\min_{\beta} \sum_{j=1}^n \left(P_t^j - \widehat{P}_t^j \right)^2 \quad (4)$$

2. Análisis de componentes principales

El análisis de componentes principales (ACP), es una técnica estadística que permite representar la correlación observada entre un conjunto de variables a través de la ortogonalización de las series temporales de los datos históricos asociados, e identificar los factores más importantes que determinan los procesos estocásticos multidimensionales, convirtiéndose así en un método que permite caracterizar la estructura dominante dentro de un conjunto de números aleatorios.

La flexibilidad en la aplicación de los componentes principales, así como su potencial de arrojar resultados robustos en el análisis de riesgos y en particular en el presente estudio, nos ha llevado a la implementación de esta técnica en el estudio de las correlaciones entre las tasas de interés de los distintos vencimientos de los bonos emitidos por el BCRD y el MH, variable fundamental en la cuantificación del riesgo de tasa de interés.

El ACP permite representar la información contenida en una matriz de orden $(n \times k)$ como una combinación lineal de k

variables intercorrelacionadas entre sí que se denominan componentes principales, por ello, cada componente ofrece nueva información con relación a los anteriores. Esta herramienta permite además determinar qué proporción de la varianza total es explicada por cada componente y así poder reducir la dimensionalidad de un conjunto de variables.

En este caso, el ACP se produce por una descomposición de la matriz de varianza-covarianza (Σ) de determinados tenores de la ETTI de los instrumentos de deuda emitidos por el BCRD y el MH, en una matriz ortogonal de autovectores (V) de la matriz de correlaciones de las tasas de interés y la matriz diagonal de los autovalores (Λ).

Suponiendo que la matriz de covarianza es $\Sigma = \frac{XX'}{T}$, ($k \times k$), como es una matriz simétrica, puede ser factorizada de las siguientes formas:

$$\Sigma = V\Lambda V' \quad (5)$$

$$\Sigma V = V\Lambda \quad (6)$$

Como Σ es semidefinida positiva,

$$\Sigma = V\Lambda^{\frac{1}{2}} \left(V\Lambda^{\frac{1}{2}} \right)' \quad (7)$$

Donde V , ($k \times k$), es una matriz ortogonal de Σ 's autovectores en cada columna, y Λ , ($k \times k$), es una matriz diagonal que corresponde a los autovalores de Σ . Entonces,

$$\Lambda = \begin{pmatrix} \lambda_1 & & \\ & \ddots & \\ & & \lambda_n \end{pmatrix} \quad (8)$$

Donde $\lambda_1 > \dots > \lambda_n \geq 0$, son los respectivos autovalores. La varianza del componente principal i -ésimo es igual a:

$$\frac{\lambda_i}{\sum_{k=1}^n \lambda_k} \quad (9)$$

Que no es más que la proporción de la varianza total explicada por cada componente.

El autovector asociado al mayor autovalor es el primer componente principal y este proporciona la parte dominante de la estructura. Si las variables originales están altamente correlacionadas, el primer componente principal (CP1), relacionado con el mayor autovalor, será significativamente mayor que los demás autovalores, y por ende explicará un alto porcentaje de la variabilidad conjunta.

Así, el primer factor explica,

$$\frac{\lambda_1}{\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_N} \quad (10)$$

Los primeros dos factores explican,

$$\frac{\lambda_1 + \lambda_2}{\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_N} \quad (11)$$

Y así sucesivamente.

En el presente estudio, la suma de todos los autovalores representa la estructura de variabilidad total de la ETTI de cada emisor de deuda pública, lo que es igual a la suma de las varianzas de la matriz de covarianzas, y la suma de cada uno de los autovalores define la fracción acumulada de riesgo. Cuando las

tasas de rendimientos de los bonos presentan una elevada correlación, un número reducido de componentes principales pueden explicar gran parte de la volatilidad de las curvas de rendimientos. De la misma manera, los autovectores son considerados como los factores sistemáticos de riesgo de tasas de interés en el cálculo de las métricas de riesgo.

El procedimiento de simulación basado en ACP deja a discreción la selección de escenarios y da una idea de la probabilidad de los resultados en términos de niveles de confianza. En la representación inversa de los componentes principales, los cambios en las tasas de interés X se expresan en función de los nuevos factores de riesgo P , donde los coeficientes de ponderación W (“factor loading”) capturan la correlación en el sistema y explican la contribución de cada factor de riesgo a la varianza general.

$$X = PW' \quad (12)$$

Una vez realizado el ACP, realizamos simulaciones de los nuevos factores de riesgo para producir diferentes escenarios posibles. Dado que cada CP es una combinación lineal de las variables originales, es posible elegir escenarios de la cola de la distribución simulada y generar eventos de cola de los factores de riesgo originales. Los métodos más utilizados en el proceso de simulación son el de simulación histórica y simulación de Monte Carlo, los cuales empleamos en el presente estudio.

3. Simulación de Monte Carlo de cambios en la ETTI aplicando el Análisis de Componentes Principales

El ACP es una técnica ampliamente utilizada en la gestión de riesgo que permite reducir la cantidad de factores de riesgo que impulsan los cambios en el valor de los portafolios y, por lo tanto, la carga computacional de la revalorización de los

portafolios. Esta técnica es especialmente útil en la simulación de Monte Carlo, ya que esta requiere revalorar completamente el portafolio en los distintos escenarios⁶.

La simulación de Monte Carlo es más flexible que otros enfoques, ya que la distribución de los factores de riesgo muestra el rango completo de todas las realizaciones posibles y sus probabilidades. Los datos históricos, aunque no se utilizan para producir escenarios directamente, se necesitan para la calibración. La simulación de Monte Carlo basada en el ACP se realiza mediante la elaboración de choques aleatorios independientes de la distribución de los tres CP subyacentes a los movimientos de la curva de rendimientos, y luego invierte la representación de ACP para reproducir la estructura de correlación de los cambios en las tasas de interés a lo largo de los diversos puntos de la curva de rendimiento.

Por lo general, los escenarios basados en CP se simulan suponiendo que las distribuciones estadísticas de los factores de riesgo son normales estándar. Kreinen y Col. (1998) realizan una simulación de Monte Carlo de los movimientos a lo largo de la curva de rendimiento utilizando los resultados de ACP para obtener cambios correlacionados y suponiendo que los componentes principales siguen una distribución normal. Esta hipótesis, que permite simplificar el costo computacional, no suele ser la realidad de los mercados de deuda, los rendimientos empíricos en diferentes mercados muestran picos más altos y colas más pesadas (mayor curtosis) de lo que predice una distribución normal, especialmente en horizontes cortos. Diversos estudios sobre factores de riesgo de mercado encuentran consistentemente una mayor asimetría y colas más pesadas que lo que implica la distribución normal.

6 Press et al., 1996.

En general, existen dos enfoques diferentes en la literatura para modelar la no normalidad de las series de tiempo financieras. Un enfoque es utilizar un modelo de volatilidad estocástica, donde las distribuciones de rendimiento condicionales son normales pero su variación varía con el tiempo. Otro enfoque es modelizar directamente la distribución incondicional utilizando una función de densidad no normal. Se han propuesto varias distribuciones posibles en la literatura que, dado que tienen colas más gruesas, permiten movimientos más grandes en los extremos de la distribución (por ejemplo, la distribución t de Student, la distribución λ generalizada y otras).

Pasos:

1. Modelización de los factores sistemáticos de riesgo de tasas de interés.
 - Los 3 primeros componentes principales caracterizan los movimientos de los factores sistemáticos de riesgo de tasas de interés que afectan al portafolio de mercado.
 - Debido a que los factores son aproximadamente independientes, aplicamos modelos univariantes de series temporales a las series históricas de cada factor, específicamente modelos autorregresivos. Para cada componente se realizó la especificación apropiada del modelo con su correspondiente ecuación de la media y en los casos que fue necesario se realizó el tratamiento necesario para la heterocedasticidad condicionada por modelos GARCH.
 - Nuestro estudio sugiere que la constante del modelo no es estadísticamente significativa, lo cual va acorde con lo observado en la literatura para este tipo de aplicaciones.

- Los residuos de la regresión siguen una distribución t-student, bajo el entendido de que esta da mayor valor a la probabilidad de que ocurran valores extremos en los factores de riesgos. Adicionalmente presenta una aproximación más conservadora ante una periodicidad de la data menor (mensual) a la utilizada en otros mercados (diaria).
 - El criterio de información de Akaike (AIC) fue utilizado para seleccionar la distribución y el orden apropiado de los modelos.
2. Se generan 10,000 números aleatorios independientes a partir de la distribución de probabilidad sugerida en el punto uno.
 3. Reconstruimos los distintos escenarios de la ETTI a partir de las simulaciones de los tres primeros componentes principales que caracterizan la ETTI, generando así un número elevado de choques en la ETTI.

Los resultados obtenidos en las pruebas de normalidad de los CPs, y sus respectivos histogramas, justifican el uso de una distribución t-student.

4. Simulación histórica

La simulación histórica estima la distribución de los cambios en los factores de riesgo (tasas de interés) basándose en un número finito de observaciones que ocurrieron en el pasado. De esta manera, este tipo de simulación supone que la distribución empírica de los factores de riesgo en el pasado es constante y, por lo tanto, representativa de los resultados en el futuro. Es un método no paramétrico que no depende de

ningún supuesto sobre la distribución de probabilidad del factor de riesgo subyacente.

Pasos:

1. Se utilizan «n» observaciones de datos históricos, siendo la última observación el mes «n», sobre los movimientos mensuales de todas las variables de mercado definidas como factores de riesgo que en nuestro caso son los diferentes vencimientos de la ETTI.
2. Cada escenario corresponde al cambio mensual de la serie histórica entre los factores de riesgo seleccionados, aplicados a la valoración en la fecha «n», generando así n-1 escenarios.
3. Se generan nuevas series de los factores de riesgo a partir de los escenarios.

5. Métodos locales de valoración

Empleamos la función de aproximación delta-gamma para inferir los cambios en el valor de las posiciones generados por las simulaciones, tomando en cuenta los factores de sensibilidad de 1er y 2do orden a los movimientos de las tasas de interés. Este método mantiene la simplicidad de la valoración local, mientras considera las no linealidades en la relación entre los cambios en las tasas de interés y el cambio en el valor de la posición.

Partiendo de la fórmula de valoración de un bono:

$$P_t = \sum_{i=1}^m \frac{F_i}{(1+y_t)^{t_i-t}} \quad (13)$$

P_t : precio del bono en el periodo t;

F_i : i-ésimo flujo del bono;

y_t : tasa de rendimiento o descuento en el periodo t ;
 m : cantidad de flujos del bono.

Aplicamos la expansi3n de Taylor de 2do orden al valor de un bono:

$$dP(y) = P'(y)dy + \frac{1}{2}P''(y)(dy)^2 + o((dy)^2) \simeq \\ \$Dur(P(y)) dy + \frac{1}{2}\$Conv(P(y))(dy)^2 \quad (14)$$

Donde,

$$P'(y) = -\sum_{i=1}^m \frac{(t_i-t)F_i}{[1+y_t]^{t_i-t+1}} \quad (15)$$

Y,

$$P''(y) = \sum_{i=1}^m \frac{(t_i-t)(t_i-t+1)F_i}{[1+y_t]^{t_i-t+2}} \quad (16)$$

Dividiendo la ecuaci3n (14) por $P(y)$, para obtener una aproximaci3n del cambio relativo en el valor del bono:

$$\frac{dP(y)}{P(y)} \simeq -MD(P(y)) dy + \frac{1}{2}RC(P(y)) (dy)^2 \quad (17)$$

Donde

$$MD(P(y)) = -\frac{P'(y)}{P(y)} \quad (18)$$

Es la duraci3n modificada, y,

$$RC(P(y)) = \frac{P''(y)}{P(y)} \quad (19)$$

Es la Convexidad Relativa del bono.

La duración modificada y la convexidad relativa del portafolio pueden ser calculadas como un promedio ponderado de la duración y convexidad de cada bono:

$$MD_P = \sum_{i=1}^n w_i MD_i \quad (20)$$

$$RC_P = \sum_{i=1}^n w_i RC_i \quad (21)$$

Que satisface la siguiente restricción:

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1 \quad (22)$$

6. Medidas de riesgos

Una de las métricas de riesgo más utilizada es el Valor en Riesgo (VaR). El VaR cuantifica la peor pérdida para un periodo de tiempo, dada la exposición en riesgo y un determinado nivel de significancia probabilística. Para el caso nuestro, la metodología VaR puede interpretarse como la peor pérdida en el 99% de los casos que puede tener la Banca Múltiple Dominicana en un periodo de un mes, existiendo así una probabilidad de un 1% de que la pérdida sea mayor a la estimada.

Con el objetivo de contar con un espectro amplio de la caracterización del riesgo de tasas de interés, estimamos la metodología VaR en varias de sus vertientes: Paramétrico (Varianza-Covarianza), Simulación Histórica y Simulación de Montecarlo.

El VaR paramétrico parte del supuesto de que los factores riesgo siguen una distribución normal (con curtosis de 3 y asimetría estadística de 0). De esta manera, utilizando los primeros dos momentos de la distribución, así como la matriz de

correlaciones de los factores de riesgo junto a sus sensibilidades, se estima el peor escenario de pérdida.

Por su parte, el VaR por simulación histórica utiliza la distribución empírica de los factores de riesgo en un periodo dado, a partir de esta aplica la medida de posición (percentil) para estimar el peor escenario de pérdida.

El VaR por Montecarlo surge de la simulación de un gran número de escenarios aleatorios sobre los factores de riesgo a través de la modelización de la distribución que siguen dichos factores. A partir de estos se genera una distribución de todos los resultados posibles y se estima el peor escenario de pérdida con la medida de posición (percentil).

A partir de la generación de escenarios producto de la simulación Histórica y de Monte Carlo, se reconstruye la ETTI para cada una de las simulaciones y se aplican a las distintas medidas del VaR. Debido al alto número de instrumentos, vencimientos dentro de cada emisor y elevada correlación entre vencimientos cercanos, utilizamos la técnica de Asignación de Flujos de Caja (Cash Flow Mapping) para asignar las posiciones a cada uno de los factores de riesgo elegidos a través de la duración modificada de cada posición. En base a esto estimamos las siguientes medidas de VaR:

- i. VaR por enfoque Varianza-covarianza
 - a) Transformamos a primera diferencia la serie histórica de las tasas de interés;
 - b) Luego calculamos la matriz de correlaciones y matriz de covarianza de los factores de riesgo en primeras diferencias;
 - c) Valoramos a valor de mercado el portafolio de mercado;

- d) Calculamos la duración modificada y convexidad relativa de cada instrumento de deuda y del portafolio de mercado;
- e) Mapeamos la exposición del portafolio a los distintos vencimientos de la ETTI;
- f) Aplicamos un análisis de correlaciones en la ETTI para identificar los principales factores de riesgo a utilizar en el VaR;
- g) Calculamos las ponderaciones del portafolio a cada factor de riesgo;
- h) Calculamos el VaR por la siguiente fórmula:

$$VaR = z_c \sigma(\Delta R) \left(DM^2 + \frac{1}{2} CR^2 \sigma^2(\Delta R) \right)^{\frac{1}{2}} \quad (23)$$

Donde:

z_c : valor de corte de la distribución normal con nivel de confianza c ;

$\sigma(\Delta R)$: desviación estándar de los factores de riesgos;

DM : duración modificada del portafolio;

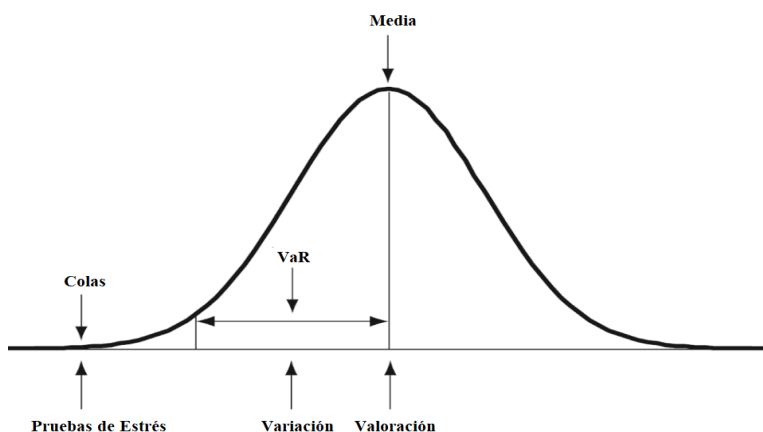
CR : convexidad relativa del portafolio.

ii. VaR por Simulación de Monte Carlo

- a. A partir de las simulaciones de la ETTI generadas en la sección III-3, se calculan las pérdidas y ganancias por el método delta-gamma de las posiciones mantenidas en el portafolio en la fecha de corte, basado en cada uno de los escenarios.
- b. Se construye una distribución de probabilidad para el cambio en el valor del portafolio de mercado (P&L) y se obtiene la exposición al riesgo de tasa de interés

seleccionando el 1er percentil de la distribución de acuerdo con la representación gráfica del VaR mostrada en el gráfico 4.

Gráfico 4. Forma de cálculo del VaR a partir de la función de distribución de pérdida y ganancia



Fuente: Jorion, P. Value at Risk. The New Benchmark for Managing Financial Risk, 3rd Edition.

iii. VaR por simulación histórica

- i) A partir de las simulaciones de la ETTI generadas en la sección III-4, se calculan las pérdidas y ganancias por el método delta-gamma de las posiciones mantenidas en el portafolio en la fecha de corte, basado en cada uno de los escenarios.
- j) Se construye una distribución de probabilidad para el cambio en el valor del portafolio de mercado (P&L) y se obtiene la exposición al riesgo de tasa de interés seleccionando el 1er percentil de la distribución de acuerdo con la representación gráfica del VaR mostrada en el gráfico 4.

4. Datos

Los datos utilizados para la estimación histórica de la ETTI provienen de sondeos de Bid/Offer de los instrumentos de deuda de referencia de la curva de rendimientos del BCRD y MH, realizado a las principales Entidades de Intermediación Financiera y Participantes del Mercado de Valores al cierre de cada mes, desde diciembre 2013 a diciembre 2019.

A partir de los sondeos de las tasas de rendimiento de compra y venta para cada uno de los tenores de referencia de las curvas de rendimientos de los distintos emisores de deuda, calculamos el promedio simple entre el Bid y Offer (Mid Market) para cada tenor y de todos los participantes que fueron sondeados, y utilizamos como tasa de referencia y nodo de la curva para la estimación de la ETTI por Nelson y Siegel.

A partir de la ETTI histórica generada por N&S, seleccionamos como factores de riesgo de tasa de interés los vencimientos a 1m, 3m, 6m, 1a, 2a, 3a, 5a y 7a del BCRD y a 1m, 3m, 6m, 1a, 2a, 3a, 5a, 7a, 10a y 12a del MH, en consonancia con las mejores prácticas internacionales ya que estos capturan una elevada estructura de correlación entre las tasas cercanas.

Definimos como portafolio de mercado las tenencias de instrumentos de deuda del BCRD y el MH por parte de los bancos múltiples al 31 de diciembre de 2019, obtenidas de las publicaciones mensuales del BCRD y MH⁷. En vista de que no existe información pública sobre los instrumentos específicos y ponderaciones que poseen los bancos en cada uno de estos emisores, hicimos el supuesto de que el peso y composición de las carteras de inversión de estas entidades es proporcional a los

7 MH: <https://www.creditopublico.gob.do/emisiones/interna>
BCRD: <https://bancentral.gov.do/a/d/2598-subasta#>

montos en circulación de cada uno de los emisores. Es decir, para determinar el monto de la inversión de la banca múltiple en un determinado instrumento, asumimos que este tiene el mismo porcentaje en el portafolio de los bancos que el que tiene dicho instrumento en las emisiones en circulación. En el apéndice 1, las tablas 20, 21, 22 y 23 muestran las emisiones en circulación del BCRD y MH, y el portafolio de mercado del BCRD y MH, respectivamente.

Hemos excluido las letras emitidas por el BCRD debido a su baja representatividad dentro de la deuda total, además de que por su naturaleza estas acarrearán muy bajo riesgo de tasa de interés.

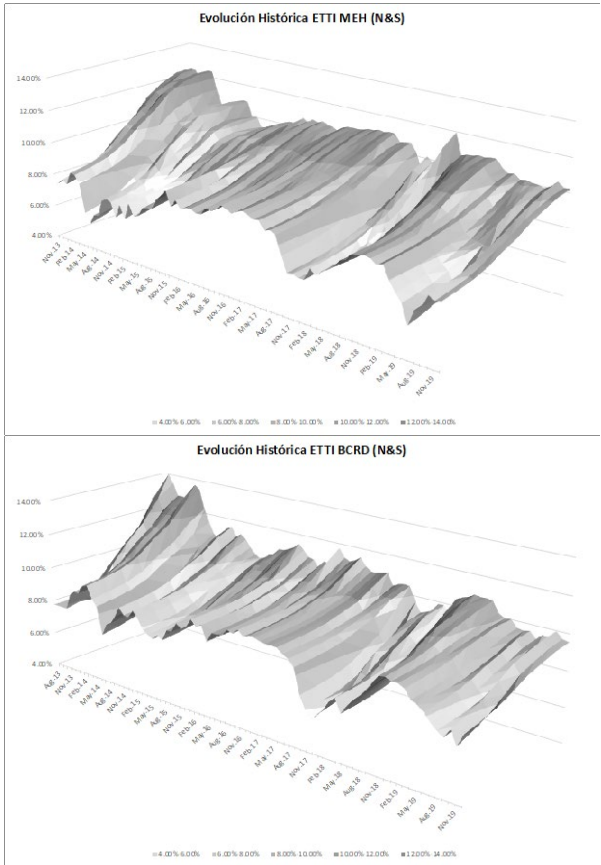
5. Resultados

1. Estructura de temporal de tasas de interés

Para medir el riesgo de tasa de interés del portafolio de instrumentos del BCRD y MH de la Banca Múltiple Dominicana es necesario modelar el principal factor de riesgo que afecta el valor de los instrumentos que lo conforman. El conjunto de tasas de rendimiento (Yield to Maturity) para un momento determinado en el tiempo queda representado por la Estructura de Temporal de tasas de Interés (ETTI).

En este trabajo se estimó la versión Nelson & Siegel (1987) dado que en el periodo diciembre 2013-diciembre 2019 la data observada muestra las siguientes características: relación positiva entre tasa y vencimiento (estructura con pendiente positiva) y bajo nivel de concavidad. El gráfico 5 muestra el comportamiento histórico de la ETTI del MH y el BCRD.

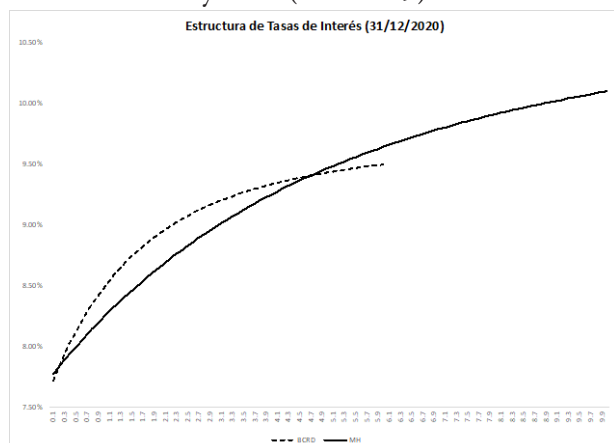
Gráfico 5. Evolución histórica de la ETTI del BCRD y MH (Dic/2013- Dic/2019)



Fuente: Elaboración propia.

El portafolio de mercado, como proxy de la tenencia de los BM, se seleccionó a la fecha de corte del 31 de diciembre de 2019, la forma de la ETTI en dicha fecha, para ambos emisores, se puede observar en el gráfico 6.

Gráfico 6. Estructura temporal de tasas de interés del BCRD y MH (Dic/2019)



Fuente: Elaboración propia a partir de estimaciones por modelo N&S.

Esta representación permite calcular el valor de mercado del portafolio seleccionado y sus respectivas medidas de riesgos. Además, los plazos o instrumentos que no cuentan con información (tasas a vencimientos no observados) pueden ser estimados a través del modelo N&S ya que el mismo ofrece una relación continua entre rendimiento y vencimiento con respecto a la data observada.

Se estimaron dos ETTI, una para los instrumentos del BCRD y otra para los del MH, esta separación se hace necesaria ya que existen diferencias en las características de los instrumentos de cada emisor, como son: distinto tratamiento impositivo, funcionamiento del mercado primario, formación de precios, entre otros. En el gráfico 5 se observan diferencias de manera sistemática a lo largo de la curva de rendimientos.

Los parámetros obtenidos para el corte de valoración (diciembre 2019) y mostrados en la tabla 2, corroboran diferencias significativas en la tasa de largo plazo (β_0), el spread entre

las tasas de corto y largo plazo (β_1), y en la caída de componentes de corto y mediano plazo (τ).

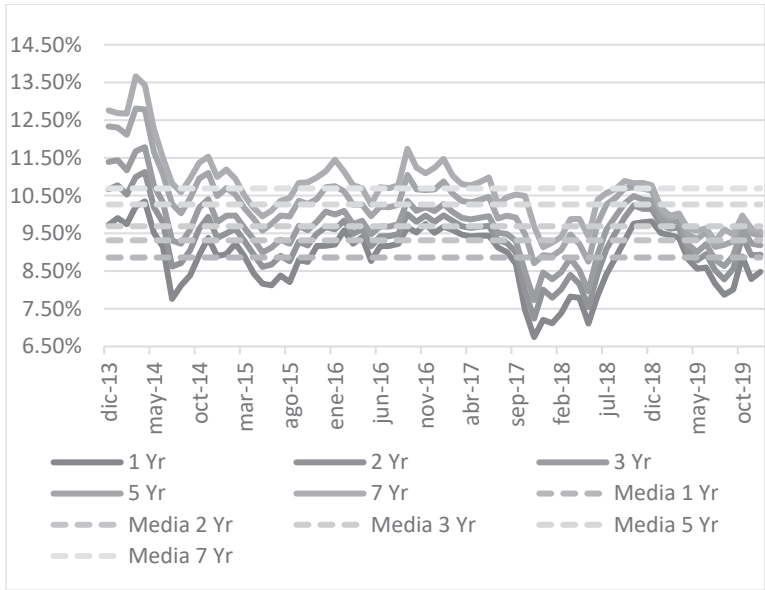
Tabla 2. Parámetros modelo Nelson y Siegel (Dic/2019)

	$\tau(\text{tao})$	β_0	β_1	β_2
BCRD	0.91	9.84	-2.24	0.00
MH	2.79	10.99	-3.27	0.00

Fuente: Elaboración propia a partir de estimaciones por modelo N&S.

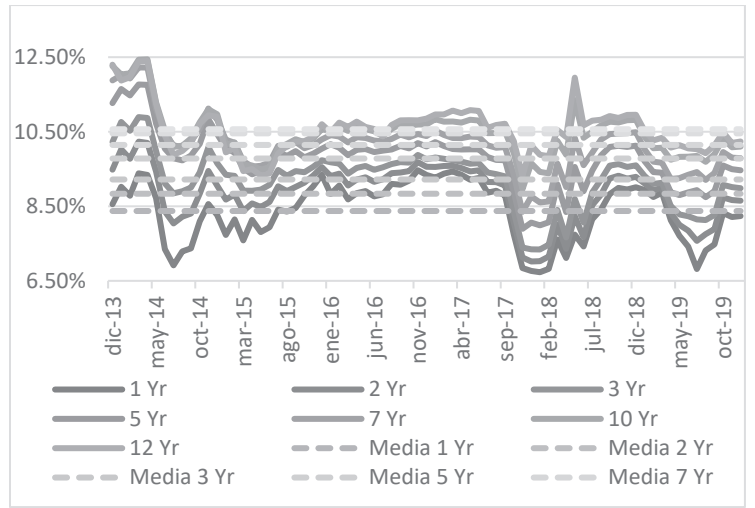
Las series de tiempo de las tasas de descuento estimadas para los diversos plazos (thetas) dentro del periodo de estudio exhiben las siguientes características: reversión a la media, correlación decreciente respecto a la madurez y cambio en la volatilidad con respecto a la madurez.

Gráfico 7. Evolución temporal de tasas de descuento del BCRD (Dic/13-Dic/2019)



Fuente: Elaboración propia a partir de estimaciones por modelo N&S.

Gráfico 8. Evolución temporal de tasas de descuento del MH (Dic/13-Dic/2019)



Fuente: Elaboración propia a partir de estimaciones por modelo N&S.

Los gráficos 7 y 8 presentan que las tasas de descuento del BCRD y MH tienen reversión a la media durante el periodo de estudio. La reversión a la media se observa en subperiodos que van desde los 5 meses de duración hasta 14 meses. Aunque se observan diferencias significativas en el nivel, estas siguen una tendencia similar a lo largo del tiempo. Este comportamiento es persistente a lo largo del periodo de estudio y es consistente con la evidencia empírica hallada en otros países.

Tabla 3. Matriz de correlaciones de los factores de riesgos del BCRD

Tenores	1Yr-MH	2Yr-MH	3Yr-MH	5Yr-MH
1Yr-MH	1.00	0.97	0.91	0.81
2Yr-MH	0.97	1.00	0.98	0.91
3Yr-MH	0.91	0.98	1.00	0.97
5Yr-MH	0.81	0.91	0.97	1.00

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de las estimaciones.

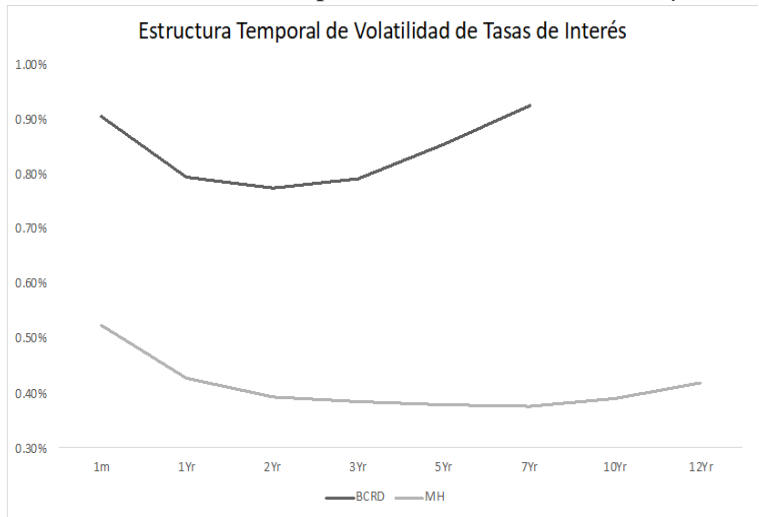
Tabla 4. Matriz de correlaciones de los factores de riesgos del MH

Tenores	6m-MH	1Yr-MH	2Yr-MH	3Yr-MH	5Yr-MH	7Yr-MH	10Yr-MH
6m-MH	1.00	0.98	0.87	0.77	0.65	0.62	0.63
1Yr-MH	0.98	1.00	0.95	0.87	0.77	0.73	0.70
2Yr-MH	0.87	0.95	1.00	0.98	0.91	0.86	0.78
3Yr-MH	0.77	0.87	0.98	1.00	0.97	0.92	0.82
5Yr-MH	0.65	0.77	0.91	0.97	1.00	0.98	0.89
7Yr-MH	0.62	0.73	0.86	0.92	0.98	1.00	0.95
10Yr-MH	0.63	0.70	0.78	0.82	0.89	0.95	1.00

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de las estimaciones.

Las matrices de correlación (tabla 3 y 4) de los factores de riesgos del BCRD y MH muestran que las tasas de descuento no están perfectamente correlacionadas y muestran una correlación decreciente con respecto a la madurez. Es importante destacar que las tasas de MH exhiben una correlación menor en comparación a las del BCRD para un mismo vencimiento o madurez. No obstante, los niveles de correlación son altos para ambos emisores.

Gráfico 9. Estructura temporal de volatilidad de BCRD y MH



Fuente: Elaboración propia.

Las volatilidades históricas de las tasas descuento denotadas en el gráfico 9, medidas a través de su desviación estándar, revelan un comportamiento que cambia con respecto a la madurez de las tasas. Para ambos emisores se observa que la volatilidad de las tasas disminuye hasta la parte media (2Yr-3Yr) de los vencimientos y a partir de esta la volatilidad vuelve a incrementar. Este hallazgo es característico del mercado local pues la evidencia empírica sugiere un comportamiento de volatilidad decreciente con respecto a la madurez. Las tasas de descuento de los instrumentos del BCRD reflejan una mayor volatilidad que las de los instrumentos del MH, además, la volatilidad de las tasas de los instrumentos de largo plazo del BCRD es mayor a las de corto plazo, no así para los instrumentos del MH donde la volatilidad de los instrumentos de corto plazo es mayor respecto a los de largo plazo. Este comportamiento puede obedecer a que gran porcentaje de la colocación primaria se realiza en la parte larga de ambas curvas, en el caso del BCRD 5a-7a y en el del MH 10a-15a.

2. Componentes principales

Para modelar la varianza conjunta de las distintas tasas de descuento que impactan los instrumentos que conforman el portafolio de mercado, se realizó un Análisis de Componentes Principales (ACP). Esta metodología permite estimar el porcentaje explicativo que tienen los componentes de la ETTI: Nivel, Pendiente y Curvatura, como muestra la tabla 5.

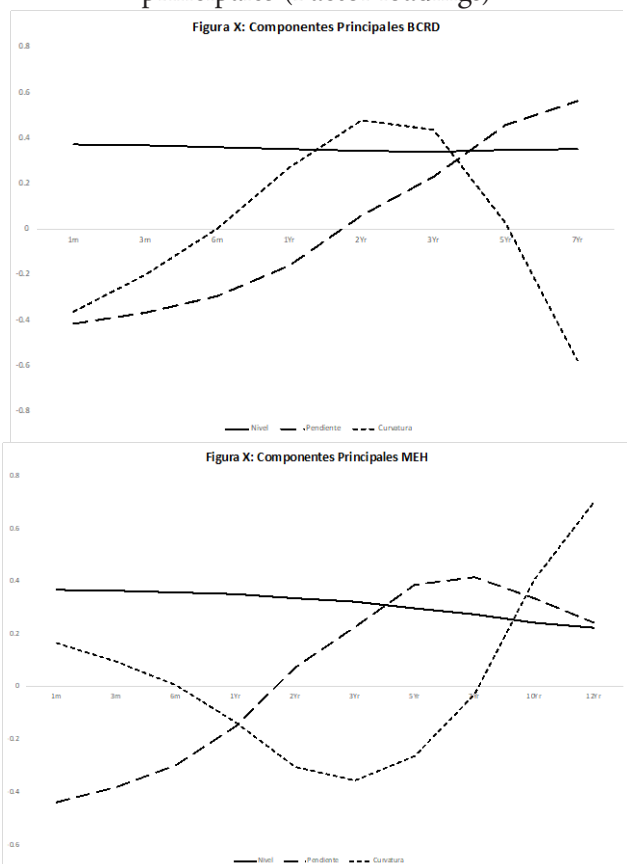
Tabla 5. Porcentaje de explicación de cada componente principal a la varianza total de los datos observados

Factor	BCRD	MH
1-Nivel	86.64%	76.89%
2-Pendiente	11.80%	19.06%
3-Curvatura	1.51%	3.98%

Fuente: Elaboración propia.

La varianza de las tasas de descuento de los instrumentos domésticos se circunscribe a la evidencia empírica encontrada por Martínez y Nuñez (2011), donde el nivel y pendiente explican un alto porcentaje de la varianza de las tasas de descuento. No obstante, se encuentran diferencias significativas entre los porcentajes explicados por los componentes entre MH y BCRD. Como bien se señaló anteriormente ciertas características de los instrumentos difieren entre ambos emisores, pero un elemento que impacta el ACP es el rango de vencimientos observados, el cual es mucho mayor para el Ministerio de Hacienda. La evidencia empírica también sustenta este hallazgo, para ETTIs con plazo mayores la pendiente y curvatura tienen un poder explicativo mayor que para curvas de menor plazo.

Gráfico 10. Comportamiento de los 3 primeros componentes principales (Factor loadings)



Fuente: Elaboración propia.

El gráfico 10 muestra la representación gráfica de los tres primeros componentes principales de cada emisor, cuyo resultado va acorde con lo observado en la literatura de aplicaciones en otros mercados de deuda.

3. Análisis de sensibilidad

Al 31 de diciembre de 2019 la Banca Múltiple Dominicana tenía en su balance el 17.65% del total de valores emitidos en moneda local en circulación de BCRD y el 15.12% del MH.

Tabla 6. Características principales de los instrumentos en circulación del BCRD y MH

Concepto	BCRD	MH
Series en Circulación	32	20
Valor Facial en Circulación	582,384.61	395,158.90
Valor de Mercado	604,499.32	427,321.05
Portafolio BM (valor de mercado)	106,709.95	64,600.71
Tasa de Descuento Promedio	9.06%	9.66%
Duración Modificada	2.43	4.52
Convexidad	8.87	33.83

Fuente: Elaboración propia con datos del BCRD y MH. Cifras en Millones DOP al 31 de diciembre de 2019.

En promedio, el valor de mercado de los instrumentos del MH muestra una sensibilidad mayor a los movimientos de las tasas de descuento. Esto se explica por una mayor duración modificada, la cual es 86.32% mayor a la de los instrumentos del BCRD. La duración modificada a su vez es una función creciente respecto al vencimiento/madurez de los instrumentos. Los instrumentos en circulación del MH exceden a los instrumentos de BCRD en madurez. Mientras que el valor de la tenencia de la Banca múltiple en el BCRD es un 65.18% mayor a la del MH.

Tabla 7. Análisis de sensibilidad de los instrumentos del BCRD y MH

Variación en la Tasa de Descuento Promedio (%)	BCRD	MH	Pérdida Total	Pérdida Total/ Patrimonio Neto
0.25%	(644.01)	(722.92)	(1,366.93)	0.75%
0.50%	(1,282.11)	(1,432.18)	(2,714.28)	1.49%
0.75%	(1,914.28)	(2,127.78)	(4,042.06)	2.22%
1.00%	(2,540.54)	(2,809.72)	(5,350.26)	2.93%
1.25%	(3,160.88)	(3,478.01)	(6,638.89)	3.64%
1.50%	(3,775.30)	(4,132.64)	(7,907.93)	4.34%
1.75%	(4,383.80)	(4,773.61)	(9,157.41)	5.02%
2.00%	(4,986.38)	(5,400.92)	(10,387.30)	5.69%
2.25%	(5,583.04)	(6,014.58)	(11,597.62)	6.36%
2.50%	(6,173.79)	(6,614.58)	(12,788.36)	7.01%
2.75%	(6,758.61)	(7,200.92)	(13,959.53)	7.65%
3.00%	(7,337.52)	(7,773.60)	(15,111.12)	8.28%
3.25%	(7,910.50)	(8,332.63)	(16,243.13)	8.91%
3.50%	(8,477.57)	(8,878.00)	(17,355.57)	9.52%
3.75%	(9,038.72)	(9,409.71)	(18,448.43)	10.11%
4.00%	(9,593.95)	(9,927.76)	(19,521.72)	10.70%

Fuente: Elaboración propia con datos del BCRD y MH. Cifras en Millones DOP al 31 de diciembre de 2019.

El análisis de sensibilidad presentado en la tabla 7 nos muestra que el efecto de la duración modificada domina el impacto de los movimientos en las tasas de descuento. A pesar de que los Bancos Múltiples tienen una menor posición en sus balances de instrumentos de MH, el impacto ante los movimientos paralelos adversos en las tasas de descuento causa una mayor pérdida en el valor de mercado de los instrumentos.

Esto último no supone que los instrumentos de MH tienen mayor riesgo de tasa de interés de manera global, ya que este depende también de factores exógenos a la cartera y ambas están en segmentos de vencimientos diferentes⁸. El análisis de sensibilidad muestra que los impactos presentados a partir de

8 La hipótesis de mercados segmentados supone que las dinámicas de formación de precios pueden ser diferentes en diversos tramos a lo largo de la ETTI. En el caso dominicano no hay evidencia empírica que pueda sostener el comportamiento histórico de la ETTI.

los escenarios generados, no comprometen el patrimonio de la Banca Múltiple de manera significativa.

4. Valor en riesgo

Para caracterizar el riesgo de tasas de interés proveniente de los instrumentos del BCRD y MH denominados en DOP al que está expuesta la Banca Múltiple del Sistema Financiero Dominicano, se implementó la metodología de *Valor en Riesgo (VaR)* en varias de sus vertientes. El VaR cuantifica la peor pérdida para un periodo de tiempo dada la exposición en instrumentos (MH y BCRD) y un determinado nivel de significancia probabilística.

Con el objetivo de contar con un espectro amplio de la caracterización del riesgo de tasas de interés, en este estudio se estima la metodología VaR en varias de sus vertientes: Paramétrico, Simulación Histórica y Simulación de Montecarlo.

Para este caso la metodología VaR puede interpretarse como la peor pérdida en el 99% de los casos que puede tener la Banca Múltiple Dominicana en un mes. Existe una probabilidad de un 1% de que la pérdida sea mayor a la estimada.

El VaR paramétrico parte de una distribución normal (con exceso de curtosis y asimetría estadística de 0) utilizando la media y la desviación estándar de los movimientos en las tasas de descuento junto a la duración modificada y convexidad se estima el peor escenario de pérdida.

El VaR por simulación histórica se fundamenta en los datos históricos para calcular el peor resultado posible. Este no asume ninguna distribución en específico, se fundamenta en la medida de posición (percentil) para estimar el peor escenario de pérdida.

El VaR por simulación de Monte Carlo surge de la simulación de 10,000 escenarios aleatorios sobre los factores que explican la variación de las tasas de descuento. A partir de estos

se genera una distribución de todos los resultados posible y se estima el peor escenario de pérdida.

Tabla 8. VaR portafolio de los instrumentos del BCRD y MH

	VaR Paramétrico		VaR Simulación Histórica		VaR Monte Carlo	
	BCRD	MH	BCRD	MH	BCRD	MH
%	-2.06%	-3.72%	-1.84%	-4.51%	-1.82%	-5.44%
Millones DOP	(2,196.09)	(2,405.84)	(1,962.71)	(2,914.84)	(1,943.90)	(3,517.00)
VaR/Patrimonio Neto	-1.20%	-1.32%	-1.08%	-1.60%	-1.07%	-1.93%

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de las estimaciones. Cifras en Millones DOP al 31 de diciembre de 2019. Para todos los VaR se utilizó un 99% de significancia estadística.

La tabla 8 muestra los resultados desagregados por tipo de instrumento y metodología VaR tomando como referencia el portafolio de la Banca Múltiple al 31 de diciembre de 2019. Los instrumentos del MH exhiben mayor riesgo de pérdida, la peor pérdida esperada en un periodo de un mes en el 99% de los casos oscila entre (-3.72%) y (-5.44%). Mientras que para los instrumentos de BCRD esta pérdida oscila entre (-1.82%) y (-2.06%). Estos resultados sugieren que la mayor duración modificada de los instrumentos de MH domina el riesgo total de pérdida ya que la volatilidad y el monto invertido es inferior con relación a los instrumentos del BCRD.

Tabla 9. VaR portafolio consolidado bancos múltiples de instrumentos del BCRD y MH

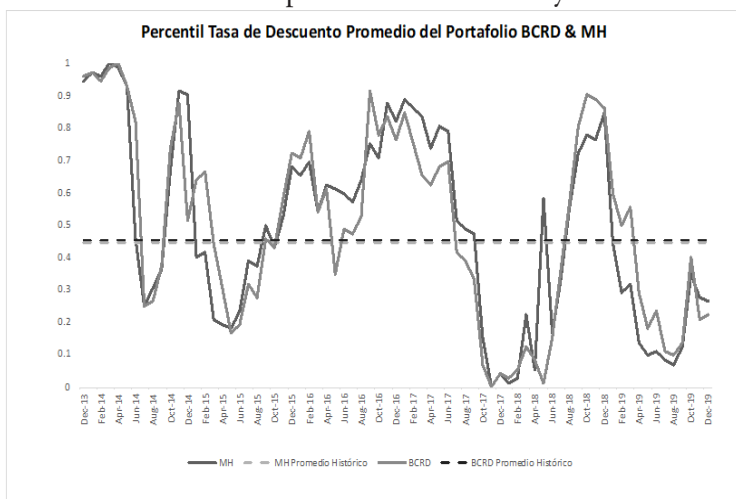
Medidas de VaR	VaR	VaR	VaR
	Paramétrico	Simulación Histórica	Monte Carlo
%	-5.78%	-6.35%	-7.27%
Millones DOP	(4,601.93)	(4,877.55)	(5,460.91)
VaR/Patrimonio Neto	-2.52%	-2.67%	-2.99%

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de las estimaciones. Cifras en Millones DOP al 31 de diciembre de 2019. Para todos los VaR se utilizó un 99% de significancia estadística.

La tabla 9 muestra la peor pérdida esperada del portafolio consolidado (BCRD y MH) para un periodo de un mes, en el 99% de los casos oscila entre (-5.78%) o (DOP\$4,601.93 MM) y (-7.27%) o (DOP\$5,460.91MM). La relación VaR/Patrimonio Neto muestra que los escenarios extremos de pérdida para un periodo de un mes no comprometen el patrimonio de la Banca Múltiple de manera significativa.

Las diferencias encontradas en las diversas metodologías de VaR obedecen a varios factores. El VaR paramétrico asume una distribución normal, mientras las demás metodologías no asumen una distribución en específico, esto permite tomar en consideración una asimetría estadística así como diferentes grados de curtosis. Tanto el VaR paramétrico como el de simulación histórica se fundamentan en características de la data observada, mientras que el VaR por Monte Carlo simula escenarios en base a un supuesto de distribución de probabilidad predefinida que para este caso en particular produce resultados más adversos a los observados, y por esta razón arroja una pérdida mayor.

Gráfico 11. Evolución percentil de la distribución de la tasa de descuento promedio del BCRD y MH



Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de las estimaciones.

El gráfico 11 nos muestra que el valor esperado (media) utilizado para calcular el VaR se encuentra debajo de la mediana (percentil 50) y las tasas de descuento promedio se encuentran en percentiles bastante bajos (percentil 22 para BCRD y percentil 26 para MH). Mientras más bajo sea el percentil de las tasas de descuento más caro está valorado el portafolio, ya que existe una relación inversa entre las tasas de descuento y los precios de los instrumentos.

Lo anterior sugiere que ante un shock extremo, la pérdida puede superar la estimada a través del VaR presentado bajo las diversas vertientes. Esto último tiene una gran relevancia ya que la metodología VaR calcula la pérdida esperada en base al valor de mercado del portafolio y no sobre el valor contable del mismo.

Es importante destacar que para cuantificar el impacto efectivo en el balance de la Banca Múltiple Dominicana en su conjunto, es fundamental entender el proceso de valoración (mark to market) del portafolio de inversiones. Actualmente los

BM utilizan una metodología de valoración a costo amortizado en la cual no se toman en consideración las variaciones periódicas de los precios de los instrumentos financieros. Lo usual es que la cartera de inversión de los bancos presenten una combinación en su clasificación contable entre costo amortizado y valor razonable (mark to market). En nuestro caso, la medida VaR puede ser un proxy de la mayor pérdida posible si suponemos que todo el portafolio de inversiones estuviera bajo la metodología de valor razonable (mark to market).

En la actualidad, para que una determinada pérdida se materialice en el balance, es necesario que la institución venda el instrumento y realice la pérdida. Una vez entre en vigencia la circular No. 014/18 se podrá caracterizar el riesgo de mercado de una manera más efectiva.

6. Conclusiones

El estudio realizado sobre la evolución de la ETTI de los instrumentos del BCRD y el MH nos permite concluir que en el periodo estudiado se cumplen los siguientes aspectos:

1. Las tasas de descuentos (YTM) son positivas y exhiben un comportamiento de reversión a la media a lo largo del periodo estudiado.
2. Los cambios en las tasas de descuentos de diversos plazos no están perfectamente correlacionados y exhiben una correlación decreciente respecto a la madurez. Los niveles de correlación son altos para ambos emisores (BCRD y MH). Las ganancias por diversificación son mayores para los instrumentos del MH que para los del BCRD.

3. El comportamiento de la relación volatilidad/madurez es bastante particular para ambas curvas ya que el mismo es decreciente hasta la parte media de la curva y creciente desde la parte media hasta la parte larga, siendo este comportamiento menos marcado para MH.
4. Los tres componentes principales (nivel, pendiente y curvatura) explican más del 99% de la varianza observada en las ETTI, en línea con la evidencia empírica internacional.

Al 31 de diciembre de 2019, la Banca Múltiple Dominicana tiene una mayor exposición en términos de monto invertido a los instrumentos del BCRD ya que este es un 65.18% mayor al de MH. No obstante, la sensibilidad efectiva global es mayor para la cartera de inversiones de instrumentos de MH, esto se explica por una duración modificada 86% mayor a la de la cartera de los instrumentos del BCRD. Para movimientos paralelos a lo largo de la curva de un 1.00% los precios de los instrumentos de BCRD varían en promedio en 2.43% mientras que para este mismo movimiento los instrumentos de MH varían en 4.52%.

La pérdida VaR de los instrumentos del MH es mayor a la percibida por los instrumentos del BCRD para todos los tipos de VaR estimados. La mayor duración modificada de los instrumentos del MH compensa la menor volatilidad y el menor monto invertido en estos.

El riesgo de tasas de interés que arrojan las diversas metodologías de VaR implementadas muestran que en un periodo de un mes la solvencia de la Banca Múltiple Dominicana no se vería comprometida. No obstante, para periodos mayores este resultado podría ser distinto.

Al 31 de diciembre 2019 las tasas de descuento del BCRD y MH se encuentran en el cuartil más bajo de los últimos 60

meses. Esto indica que existe una alta probabilidad de que la pérdida real pueda exceder a la pérdida estimada por el VaR.

Las metodologías desarrolladas pueden ser implementadas para un análisis más detallado donde se evalúe cada entidad financiera de manera individual y como se distribuye el riesgo de tasa de interés en el sector bancario dominicano. Actualmente no es pública la información con el nivel de detalle necesario para estudiar la distribución de riesgo de tasa de interés para cada entidad. Para esto, además es necesario contar con un desglose por instrumento que especifique las características particulares y la metodología de valoración empleada por la institución.

La implementación de la circular No. 014/18 implicará que la Banca Múltiple Dominicana tenga que llevar a valor razonable gran parte de su portafolio, esta proporción del portafolio estará sujeta a los movimientos del mercado afectando así sus utilidades y por ende el patrimonio. Por lo cual, es fundamental que las instituciones tomen en consideración a priori la pérdida potencial producto de la exposición al riesgo de tasa de interés a la hora de hacer la distribución entre valor razonable y costo amortizado.

En un futuro será imprescindible que los ejercicios de evaluación de riesgo sistémico incorporen el riesgo de tasas de interés en un sentido amplio a través de las metodologías implementadas en este estudio. Tomando en consideración los factores endógenos (sensibilidad y tamaño de los portafolios) como los factores exógenos (volatilidad de los factores de riesgos que afectan a las tasas de interés).

7. Bibliografía

Banco Central de la República Dominicana, 2018. Informe de Estabilidad Financiera.

Barber, J.R., y Copper, M.L., 1996. Immunization Using Principal Component Analysis, *Journal of Portfolio Management*.

Bierwag, G.O., G.G. Kaufman, and A. Toevs, 1983, «Duration: Its Development and Use in Bond Portfolio Management», *Financial Analysts Journal*, 39, 15–35.

Bühler, A., y Zimmermann, H., 1996. A Statistical Analysis of the Term Structure of Interest Rates in Switzerland and Germany, *Journal of Fixed Income*.

Bliss, R.R., 1997. Movements in the Term Structure of Interest Rates. *Economic Review*, Federal Reserve Bank of Atlanta.

Cox, J., J. Ingersoll, and S. Ross, 1985, «A Theory of the Term Structure of Interest Rates», *Econometrica*, 53, 385–407.

D'Ecclesia, R.L., y Zenios, S.A., 1994. Risk Factor Analysis and Portfolio Immunization in the Italian Bond Market. *Journal of Fixed Income*.

Fama, E.F., 1984, «The Information in the Term Structure», *Journal of Financial Economics*, 13(4), 509–528.

Fiori, R., Iannotti, S., 2006. Scenario based principal component value-at-risk: An application to Italian banks' interest rate risk exposure.

Frye, J., 1997. Principals of Risk: Finding Value-at-Risk Through Factor-Based Interest Rate Scenarios.

Golub, B.W., Tilman, L.M., 1997. Measuring Yield Curve Risk Using Principal Components Analysis, Value at Risk, and Key Rate Durations, *Journal of Portfolio Management*.

Hagenbjörk, J., Blomvall, J., 2018. Simulation and evaluation of the distribution of interest rate risk.

Ho, T.S.Y., 1992, «Key Rate Durations: Measures of Interest Rate Risks», *Journal of Fixed Income*, 2(2), 29–44.

Ingersoll, J.E., J. Skelton, and R.L. Weil, 1978, «Duration Forty Years After», *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 34, 627–648.

Kanony, C., y Mokrane, M., 1992. Reconstitution de la courbe des taux, analyse des facteurs d'évolution et couverture factorielle, *Cahiers de la Caisse Autonome de Refinancement*.

Kärki, J., y Reyes, C., 1994. Model Relationship.

Lardic, S., Priaulet, P., y Priaulet, S., 2003. PCA of the Yield Curve Dynamics: Questions of

Methodologies. *Journal of Bond Trading and Management*.

Lekkos, I., 2000. A Critique of Factor Analysis of Interest Rates. *Journal of Derivatives*.

Litterman, R., and J. Scheinkman, 1991, «Common Factors Affecting Bond Returns», *Journal of Fixed Income*, 1(1), 54–61.

Martellini, L., y Priaulet, P., 2000. Fixed-Income Securities: Dynamic Methods for Interest Rate Risk Pricing and Hedging.

Mishkin, F.S., 1988, «The Information in the Term Structure: Some Further Results», *Journal of Applied Econometrics*, 3(4), 307–314.

Nelson, C.R., and A.F. Siegel, 1987, «Parsimonious Modeling of Yield Curves», *Journal of Business*, 60(4), 473–489.

Phelan, M.J., 1997. Probability and Statistics Applied to the Practice of Financial Risk Management: The Case of J.P. Morgan's RiskMetrics.

Pimentel, A. (2013), «Análisis de Riesgo Sistémico en Europa en el Contexto de la Crisis Financiera Global», trabajo de investigación master en Banca y Finanzas Cuantitativas.

Reyes, V.J., 2011. Estructura de Tasas Cero Cupón: Títulos Públicos del Ministerio de Hacienda de la República Dominicana. Unidad Asesora de Análisis Económico y Social, Ministerio de Economía, Planificación y Desarrollo.

Shiller, R., J. Cambell, and K. Schoenholtz, 1983, Forward Rates and Future Policy: Interpreting the Term Structure of Interest Rates, Brookings Papers on Economic Activity, 1, 173–223.

Svensson, L., 1994, Estimating and Interpreting Forward Interest Rates: Sweden 1992–94, CEPR Discussion Paper 1051.

Vasicek, O.A., 1977, «An Equilibrium Characterisation of the Term Structure», Journal of Financial Economics, 5, 177–188.

Vasicek, O.A., and H.G. Fong, 1982, «Term Structure Modeling using Exponential Splines», Journal of Finance, 37(2), 339–348.

8. Apéndice

1. Tablas

Tabla 10. Estadísticos descriptivos curva de rendimiento MH

Curva de Rendimiento MH - Estadísticos descriptivos (Niveles - %)

	1m-MH	3m-MH	6m-MH	1Yr-MH	2Yr-MH	3Yr-MH	5Yr-MH	7Yr-MH	10Yr-MH	12Yr-MH
Media	7.87%	7.97%	8.11%	8.37%	8.84%	9.22%	9.78%	10.15%	10.46%	10.57%
Desv. Estand.	0.94%	0.90%	0.85%	0.79%	0.75%	0.77%	0.78%	0.75%	0.68%	0.66%
Min	5.53%	5.81%	6.21%	6.73%	7.02%	7.34%	7.90%	8.35%	8.96%	9.31%
Max	9.30%	9.32%	9.36%	9.47%	10.23%	10.89%	11.77%	12.22%	12.44%	12.40%
ADF Test (p-value)	0.57	0.56	0.56	0.54	0.49	0.44	0.37	0.34	0.34	0.36

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de las estimaciones.

Tabla 11. Correlaciones de las tasas de interés de MH

Correlaciones Tasas de interés MH

Tenores	1m-MH	3m-MH	6m-MH	1Yr-MH	2Yr-MH	3Yr-MH	5Yr-MH	7Yr-MH	10Yr-MH	12Yr-MH
1m-MH	1.00	1.00	0.98	0.93	0.78	0.65	0.53	0.52	0.55	0.56
3m-MH	1.00	1.00	0.99	0.95	0.82	0.70	0.58	0.56	0.59	0.59
6m-MH	0.98	0.99	1.00	0.98	0.87	0.77	0.65	0.62	0.63	0.62
1Yr-MH	0.93	0.95	0.98	1.00	0.95	0.87	0.77	0.73	0.70	0.68
2Yr-MH	0.78	0.82	0.87	0.95	1.00	0.98	0.91	0.86	0.78	0.72
3Yr-MH	0.65	0.70	0.77	0.87	0.98	1.00	0.97	0.92	0.82	0.74
5Yr-MH	0.53	0.58	0.65	0.77	0.91	0.97	1.00	0.98	0.89	0.79
7Yr-MH	0.52	0.56	0.62	0.73	0.86	0.92	0.98	1.00	0.95	0.88
10Yr-MH	0.55	0.59	0.63	0.70	0.78	0.82	0.89	0.95	1.00	0.98
12Yr-MH	0.56	0.59	0.62	0.68	0.72	0.74	0.79	0.88	0.98	1.00

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de las estimaciones.

Tabla 12. Estadísticos descriptivos CP de MH
Componentes Principales MH

Estadísticos descriptivos (1ra diferencia)			
	CP1	CP2	CP3
Media	-0.04	-0.04	-0.01
Desv. Estand.	1.21	0.52	0.29
Min	-3.68	-1.46	-0.83
Max	2.67	1.70	0.87
ADF Test (p-value)	0.00	0.00	0.00
JB Test (p-value)	0.07	0.01	0.05
AD Test (p-value)	0.06	0.00	0.02
Asimetría	-0.46	0.09	-0.20
Curtosis	3.74	4.91	4.29
Modelo ajustado	ARMA-GARCH	ARMA	ARMA
Engle Arch test	0.03	0.32	0.22
QLjung-Box (p-value)	0.01	0.12	0.45

*5% nivel de significancia
Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de las estimaciones.

Tabla 13. Ponderaciones (factor loadings) de ACP de MH
Análisis de Componentes Principales:
"Factor loadings MH"

Vencimiento	CP1	CP2	CP3
1m	0.366	-0.440	0.164
3m	0.362	-0.381	0.096
6m	0.358	-0.298	0.005
1Yr	0.350	-0.152	-0.137
2Yr	0.335	0.073	-0.304
3Yr	0.321	0.227	-0.358
5Yr	0.296	0.385	-0.263
7Yr	0.273	0.415	-0.030
10Yr	0.242	0.335	0.406
12Yr	0.222	0.243	0.700

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de las estimaciones.

Tabla 14. Proporción de la varianza explicada por cada CP de MH

Análisis de Componentes Principales MH:
Proporción de la varianza explicada por los 3 primeros factores

Factores	Autovalores	SumAutovalores	% Explicado	Acumulado
1	0.00048	0.00063	76.9%	76.9%
2	0.00012	0.00063	19.1%	96.0%
3	0.00002	0.00063	4.0%	99.9%

ACP aplicado a la ETTI de MH con periodicidad mensual para el periodo dic/2013 a dic/2019.

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de las estimaciones.

Tabla 15. Estadísticos descriptivos curva de rendimiento BCRD

Curva de Rendimiento BCRD - Estadísticos descriptivos (Niveles - %)

	1m-BC	3m-BC	6m-BC	1Yr-BC	2Yr-BC	3Yr-BC	5Yr-BC	7Yr-BC
Media	8.33%	8.44%	8.59%	8.86%	9.31%	9.69%	10.27%	10.69%
Desv. Estand.	0.91%	0.87%	0.84%	0.79%	0.77%	0.79%	0.86%	0.93%
Min	5.85%	6.16%	6.50%	6.75%	7.24%	7.73%	8.71%	9.13%
Max	9.54%	9.67%	9.90%	10.34%	11.13%	11.78%	12.81%	13.66%
ADF Test (p-value)	0.48	0.47	0.47	0.45	0.39	0.33	0.24	0.23

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de las estimaciones.

Tabla 16. Correlaciones de las tasas de interés de BCRD

Correlaciones Tasas de interés BCRD

Tenores	1m-MH	3m-MH	6m-MH	1Yr-MH	2Yr-MH	3Yr-MH	5Yr-MH	7Yr-MH
1m-MH	1.00	1.00	0.99	0.95	0.85	0.77	0.66	0.61
3m-MH	1.00	1.00	1.00	0.97	0.88	0.80	0.69	0.63
6m-MH	0.99	1.00	1.00	0.99	0.92	0.85	0.73	0.67
1Yr-MH	0.95	0.97	0.99	1.00	0.97	0.91	0.81	0.73
2Yr-MH	0.85	0.88	0.92	0.97	1.00	0.98	0.91	0.83
3Yr-MH	0.77	0.80	0.85	0.91	0.98	1.00	0.97	0.90
5Yr-MH	0.66	0.69	0.73	0.81	0.91	0.97	1.00	0.98
7Yr-MH	0.61	0.63	0.67	0.73	0.83	0.90	0.98	1.00

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de las estimaciones.

Tabla 17. Estadísticos descriptivos CP de BCRD
Componentes Principales BCRD

Estadísticos descriptivos (1ra diferencia)			
	CP1	CP2	CP3
Media	-0.07	-0.03	0.00
Desv. Estand.	1.10	0.39	0.25
Min	-3.45	-0.98	-0.47
Max	2.19	1.21	1.34
ADF Test (p-value)	0.00	0.00	0.00
JB Test (p-value)	0.06	0.22	0.00
AD Test (p-value)	0.19	0.70	0.00
Asimetría	-0.57	0.31	2.20
Curtosis	3.51	3.59	13.96
Modelo ajustado	ARMA	ARMA	ARMA
Engle Arch test	0.30	0.87	0.78
QLjung-Box (p-value)	0.11	0.97	0.91

*5% nivel de significancia
Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de las estimaciones.

Tabla 18. Ponderaciones (factor loadings) de ACP de BCRD
Análisis de Componentes Principales:

"Factor loadings BCRD"			
Vencimiento	CP1	CP2	CP3
1m	0.373	-0.418	-0.366
3m	0.367	-0.367	-0.201
6m	0.360	-0.294	0.000
1Yr	0.350	-0.161	0.270
2Yr	0.341	0.059	0.476
3Yr	0.340	0.230	0.437
5Yr	0.345	0.455	0.026
7Yr	0.352	0.561	-0.578

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de las estimaciones.

Tabla 19. Proporción de la varianza explicada por cada CP de BCRD

Análisis de Componentes Principales BCRD:
Proporción de la varianza explicada por los 3 primeros factores

Factores	Autovalores	SumAutovalores	% Explicado	Acumulado
1	0.00050	0.00057	86.6%	86.6%
2	0.00007	0.00057	11.8%	98.4%
3	0.00001	0.00057	1.5%	99.9%

ACP aplicado a la ETTI de BCRD con periodicidad mensual para el periodo dic/2013 a dic/2019.

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de las estimaciones.

Tabla 20. Emisiones en circulación del BCRD
Emisiones en Circulación BCRD al 31 de diciembre 2019

ISIN	Monto en Circulación	Cupón	Vencimiento	Ponderaciones
DO1002249923	5,177,350,000	13.00%	1/3/20	0.89%
DO1002213424	7,676,860,000	10.50%	1/10/20	1.32%
DO1002213721	3,704,990,000	10.50%	1/17/20	0.64%
DO1002251523	13,219,210,000	13.00%	3/20/20	2.27%
DO1002214422	1,923,540,000	10.00%	7/17/20	0.33%
DO1002253727	8,877,170,000	13.00%	8/7/20	1.52%
DO1002257728	15,823,870,000	14.00%	1/8/21	2.72%
DO1002218423	21,762,940,000	9.50%	1/15/21	3.74%
DO1002212020	4,506,620,000	14.00%	4/30/21	0.77%
DO1002212822	6,565,250,000	11.00%	7/30/21	1.13%
DO1002216526	14,863,900,000	10.00%	9/10/21	2.55%
DO1002219322	39,502,380,000	10.00%	11/26/21	6.78%
DO1002213325	25,018,620,000	12.00%	1/7/22	4.30%
DO1002213820	14,018,530,000	12.00%	1/20/22	2.41%
DO1002219926	34,846,730,000	10.00%	2/18/22	5.98%
DO1002213929	8,066,440,000	12.00%	3/11/22	1.39%
DO1002220023	9,979,880,000	10.00%	5/27/22	1.71%
DO1002214521	13,735,100,000	11.00%	7/15/22	2.36%
DO1002215726	16,565,800,000	11.00%	9/30/22	2.84%
DO1002215825	12,097,950,000	11.00%	10/14/22	2.08%
DO1002218522	20,681,140,000	10.00%	1/13/23	3.55%
DO1002216112	34,189,940,000	11.00%	2/3/23	5.87%
DO1002216427	24,282,790,000	11.00%	6/23/23	4.17%
DO1002216625	19,949,310,000	11.00%	9/15/23	3.43%
DO1002216724	23,568,470,000	11.00%	1/5/24	4.05%
DO1002217128	29,949,960,000	11.00%	2/9/24	5.14%
DO1002217227	12,046,810,000	11.00%	5/17/24	2.07%
DO1002217425	29,770,320,000	10.50%	10/4/24	5.11%
DO1002218621	39,399,170,000	10.50%	1/17/25	6.77%
DO1002218720	29,545,400,000	10.50%	2/14/25	5.07%
DO1002219017	26,555,450,000	10.50%	3/14/25	4.56%
DO1002219124	14,512,720,000	10.50%	5/30/25	2.49%
Total	582,384,610,000			

Fuente: Elaboración propia al 31 de diciembre de 2019.

Tabla 21. Emisiones en circulación del MH (mercado doméstico - DOP)

Emisiones en Circulación MH al 31 de diciembre 2019				
ISIN	Monto en Circulación	Cupón	Vencimiento	Ponderaciones
DO1005224329	11,000,000,000	16.000%	10-Jul-20	2.78%
DO1005234625	13,000,000,000	15.950%	4-Jun-21	3.29%
DO1005241125	12,000,000,000	16.950%	4-Feb-22	3.04%
DO1005204719	13,500,000,000	10.375%	4-Mar-22	3.42%
DO1005250928	9,648,000,000	14.500%	10-Feb-23	2.44%
DO1005205914	31,871,300,000	10.500%	7-Apr-23	8.07%
DO1005206623	10,900,000,000	10.250%	11-Jan-24	2.76%
DO1005204214	20,614,000,000	11.500%	10-May-24	5.22%
DO1005205112	20,000,000,000	10.875%	14-Jan-26	5.06%
DO1005205013	12,000,000,000	10.375%	6-Mar-26	3.04%
DO1005205310	20,000,000,000	11.000%	6-Nov-26	5.06%
DO1005205419	16,000,000,000	11.000%	4-Dec-26	4.05%
DO1005205617	27,705,000,000	11.250%	5-Feb-27	7.01%
DO1005251025	9,000,000,000	18.500%	4-Feb-28	2.28%
DO1005252429	1,000,000,000	13.500%	5-May-28	0.25%
DO1005206516	37,160,200,000	10.750%	11-Aug-28	9.40%
DO1005204412	30,000,000,000	11.375%	6-Jul-29	7.59%
DO1005207027	17,315,700,000	10.750%	8-Nov-29	4.38%
DO1005206011	50,444,700,000	12.000%	5-Mar-32	12.77%
DO1005206722	32,000,000,000	11.500%	11-Jan-34	8.10%
Total	395,158,900,000			

Fuente: Elaboración propia al 31 de diciembre de 2019.

Tabla 22. Composición del portafolio de mercado de BCRD como proxy a la cartera de inversiones de los BM

Portafolio de Mercado BM-BCRD al 31 de diciembre 2019				
ISIN	Facial de la Posición	Cupón	Vencimiento	Ponderaciones
DO1002249923	917,565,474	13.00%	1/3/20	0.89%
DO1002213424	1,360,545,778	10.50%	1/10/20	1.32%
DO1002213721	656,623,737	10.50%	1/17/20	0.64%
DO1002251523	2,342,799,055	13.00%	3/20/20	2.27%
DO1002214422	340,902,951	10.00%	7/17/20	0.33%
DO1002253727	1,573,272,948	13.00%	8/7/20	1.52%
DO1002257728	2,804,414,763	14.00%	1/8/21	2.72%
DO1002218423	3,856,977,479	9.50%	1/15/21	3.74%
DO1002212020	798,694,103	14.00%	4/30/21	0.77%
DO1002212822	1,163,538,630	11.00%	7/30/21	1.13%
DO1002216526	2,634,282,296	10.00%	9/10/21	2.55%
DO1002219322	7,000,882,694	10.00%	11/26/21	6.78%
DO1002213325	4,433,971,416	12.00%	1/7/22	4.30%
DO1002213820	2,484,460,027	12.00%	1/20/22	2.41%
DO1002219926	6,175,776,473	10.00%	2/18/22	5.98%
DO1002213929	1,429,589,817	12.00%	3/11/22	1.39%
DO1002220023	1,768,702,777	10.00%	5/27/22	1.71%
DO1002214521	2,434,228,619	11.00%	7/15/22	2.36%
DO1002215726	2,935,904,686	11.00%	9/30/22	2.84%
DO1002215825	2,144,081,668	11.00%	10/14/22	2.08%
DO1002218522	3,665,253,464	10.00%	1/13/23	3.55%
DO1002216112	6,059,375,644	11.00%	2/3/23	5.87%
DO1002216427	4,303,562,577	11.00%	6/23/23	4.17%
DO1002216625	3,535,553,532	11.00%	9/15/23	3.43%
DO1002216724	4,176,965,888	11.00%	1/5/24	4.05%
DO1002217128	5,307,937,311	11.00%	2/9/24	5.14%
DO1002217227	2,135,018,286	11.00%	5/17/24	2.07%
DO1002217425	5,276,100,278	10.50%	10/4/24	5.11%
DO1002218621	6,982,591,110	10.50%	1/17/25	6.77%
DO1002218720	5,236,238,413	10.50%	2/14/25	5.07%
DO1002219017	4,706,338,969	10.50%	3/14/25	4.56%
DO1002219124	2,572,043,768	10.50%	5/30/25	2.49%
Total	103,214,194,630			

Fuente: Elaboración propia al 31 de diciembre de 2019.

Tabla 23. Composición del portafolio de mercado de MH
como proxy a la cartera de inversiones de los BM

Portafolio de Mercado BM-MH al 31 de diciembre 2019

ISIN	Facial de la Posición	Cupón	Vencimiento	Ponderaciones
DO1005224329	1,663,200,000.00	16.000%	10-Jul-20	2.78%
DO1005234625	1,965,600,000.00	15.950%	4-Jun-21	3.29%
DO1005241125	1,814,400,000.00	16.950%	4-Feb-22	3.04%
DO1005204719	2,041,200,000.00	10.375%	4-Mar-22	3.42%
DO1005250928	1,458,777,600.00	14.500%	10-Feb-23	2.44%
DO1005205914	4,818,940,560.00	10.500%	7-Apr-23	8.07%
DO1005206623	1,648,080,000.00	10.250%	11-Jan-24	2.76%
DO1005204214	3,116,836,800.00	11.500%	10-May-24	5.22%
DO1005205112	3,024,000,000.00	10.875%	14-Jan-26	5.06%
DO1005205013	1,814,400,000.00	10.375%	6-Mar-26	3.04%
DO1005205310	3,024,000,000.00	11.000%	6-Nov-26	5.06%
DO1005205419	2,419,200,000.00	11.000%	4-Dec-26	4.05%
DO1005205617	4,188,996,000.00	11.250%	5-Feb-27	7.01%
DO1005251025	1,360,800,000.00	18.500%	4-Feb-28	2.28%
DO1005252429	151,200,000.00	13.500%	5-May-28	0.25%
DO1005206516	5,618,622,240.00	10.750%	11-Aug-28	9.40%
DO1005204412	4,536,000,000.00	11.375%	6-Jul-29	7.59%
DO1005207027	2,618,133,840.00	10.750%	8-Nov-29	4.38%
DO1005206011	7,627,238,640.00	12.000%	5-Mar-32	12.77%
DO1005206722	4,838,400,000.00	11.500%	11-Jan-34	8.10%
Total	59,748,025,680			

Fuente: Elaboración propia al 31 de diciembre de 2019.

2. Rutinas

Estimación Componentes Principales MH

clc

load dataMH % Carga data de tasas de interés del Ministerio de Hacienda

X=dataMH; % Datos tipos de interés a 1, 3, 6 meses, 1, 2, 3, 5, 7, 10, 12 años

CorrelationMH=corr(X); % Matriz de correlación de los datos

CovarianceMH=cov(X); % Matriz de Varianza-Covarianza de los datos

[Eigenvectors,Eigenvalues]=eig(CovarianceMH); % Matriz de Autovalores y Autovectores

Eigenvalues=rot90(Eigenvalues,2); % Rota y Organiza la matriz de autovalores por peso en la varianza

EigenvectorsMH=flipr(Eigenvectors); % Voltea u organiza la matriz de autovectores por su peso

principalcomponents=dataMH*EigenvectorsMH; % Genera los Componentes principales

Threeprincipalcomponents=principalcomponents(:,1:3);
% Selecciona los 3 primeros componentes principales

weightsMH=EigenvectorsMH(:,1:3); % Betas o ponderaciones de los 3 CPs: Nivel, Pendiente y Curvatura de la ETTI

eigenvaluesMH=diag(Eigenvalues); % Pone la Diagonal de la matriz de autovalores como vector

sumvariance=cumsum(var(dataMH)); % Suma de la varianza de cada serie

sumeigval=cumsum(eigenvaluesMH); % Suma de todos los autovalores. Debe coincidir con la "sumvariance"

explainedvarianceMH=eigenvaluesMH/sum(eigenvaluesMH); % Proporción de la varianza explicada por cada autovector

cumvarexplainedMH=cumsum(explainedvarianceMH);
% Varianza explicada acumulada

plot(weightsMH) % Grafica de los 3 CPs

legend('Nivel','Pendiente','Curvatura','Location','EastOutside');

title('1ros 3 Componentes Principales MH (Tasas en Diff)');

%% Modelizacion PCA1

clc

load DataPCAMH

```

X=diff(Threeprincipalcomponents);
PCA1=X(:,1)*100; % Escalado para lograr estabilidad nu-
mérica
T = length(PCA1);
plot(PCA1)
title('Autovector 1er CP (En 1ra diferencia)');
%% Augmented Dickey-Fuller test sobre estacionariedad
o raiz unitaria
% h=0 or pvalue > 0.05 no se rechaza H0 de raiz unitaria
[h,pValue] = adftest(Threeprincipalcomponents(:,1)); %
No se rechaza H0
[h,pValue] = adftest(PCA1); % se rechaza H0 a favor de
Estacionariedad.
%% Testing normalidad
% h=0 or pvalue > 0.05 no se rechaza H0 de normalidad
[h,p] = jbtest(PCA1); % No se rechaza H0 de normalidad
en la serie a un 5%
[h,p] = adtest(PCA1); % No se rechaza H0 de normalidad
en la serie a un 5%
Skew=skewness(PCA1); % Asimetría
kurt=kurtosis(PCA1); % curtosis
%% Autocorrelacion (Correlogramas y QLB test)
%Serie lineal - Ambas pruebas revelan que no existe auto-
rrelacion
figure
subplot(2,1,1)
autocorr(PCA1)
subplot(2,1,2)
parcorr(PCA1)
%Q Ljung-Box test
[h,p,Qstat,crit] = lbqtest(PCA1,'Lags',[1,2,3,4]); % No se
rechaza H0 de que No existe Autocorrelacion.

```

%% Serie al cuadrado - Usualmente se usa para analizar la
varianza (agrupamiento de volatilidad).

figure

subplot(2,1,1)

autocorr(PCA1.^2)

subplot(2,1,2)

parcorr(PCA1.^2)

%% Autocorrelacion y Heterocedasticidad de los Residuos
(ARCH Effects)

res=PCA1-mean(PCA1);

figure

subplot(2,1,1)

autocorr(res.^2)

subplot(2,1,2)

parcorr(res.^2)

% los residuos al cuadrado si presentan autocorrelacion,
efectos ARCH.

[h,p] = archtest(res); % h indica que se rechaza H0 de No
heterocedasticidad en favor de un ARCH(1).

[h,p,Qstat,crit] = lbqtest(res.^2,'Lags',1); % indica de que
hay efectos Arch en los residuos ARCH(1). Valida el resultado
anterior.

%% Especificacion del Modelo - Ecuación de la media

% MA2

% Determina el numero apropiado de lags

numLags = 4;

logL = zeros(numLags,1); % Asigna los estadísticos ajusta-
dos

for k = 1:numLags

Mdl = arima(0,0,numLags);

[~,~,logL(k)] = estimate(Mdl,PCA1,'Display','off'); %

Obtiene el loglikelihood

end

```

fitStats = aicbic(logL,1:numLags); % AIC
lags = find(min(fitStats)); % Obtiene el numero apropiado
de lags
%
Mdl=arima('MALags',2,'Constant',0,'Distribution','t'); %
Luego del analisis apropiado concluimos con esta especifica-
cion.
[h,p] = ttest(PCA1); % No se rechaza H0 de que la media
(constante) es cero.
[EstMdl,EstParamCov,logL,info] = estimate(Mdl,PCA1);
res = infer(EstMdl,PCA1);
stdRes = res/sqrt(EstMdl.Variance); % residuos estandari-
zados
%% Autocorrelacion y Heterocedasticidad condicionada
de los Residuos de la regresion
[h,p] = archtest(stdRes,'lags',2); % Se rechaza H0 de No
heterocedasticidad en favor de un ARCH(1).
% Residuos al cuadrado
figure
plot(res.^2)
title('Residuos al Cuadrado')
figure
subplot(2,1,1)
autocorr(res.^2)
subplot(2,1,2)
parcorr(res.^2)
[h,p,Qstat,crit] = lbqtest(res.^2,'Lags',[1,2,3,4]); % indica
de que hay efectos Arch en los residuos ARCH(1). Valida el
resultado anterior.
%% GARCH (1,1)
Model = arima('MALags',2,'Constant',0,'Vari-
ance','garch(1,1)','Distribution','t');

```

```
[EstModel,EstParamCov,logL,info] = estimate(Mo-
del,PCA1);
[e,v,logL] = infer(EstModel,PCA1);
figure
subplot(2,1,1)
plot(v)
xlim([0,T])
title('Conditional Variance')
subplot(2,1,2)
plot(e./sqrt(v))
xlim([0,T])
title('Standardized Residuals')
stdRes=e./sqrt(v);
[h,p,Qstat,crit] = lbqtest(stdRes,'Lags',[1,2,3,4]); % no re-
chaza H0 de No autocorrelacion en los residuos
figure
plot(stdRes.^2)
title('Residuos al Cuadrado')
figure
subplot(2,1,1)
autocorr(stdRes.^2)
subplot(2,1,2)
parcorr(stdRes.^2)
%% Kernel smoothing function estimate
[f,xi] = ksdensity(stdRes);
figure
plot(xi,f);
title('Kernel Density Function Residuos Estandarizados');
%% Simulaciones
rng 'default';
[Y,E,V] = simulate(EstModel,10000, 'Num-
Paths',1,'y0',PCA1,'e0',e,'V0',v);
simsPCA1=Y/100;
```

```

plot(simsPCA1);
%% Modelizacion PCA2
clc
load DataPCAMH
X=diff(Threeprincipalcomponents);
PCA2=X(:,2)*100; % Escalado para lograr estabilidad nu-
merica
T = length(PCA2);
plot(PCA2)
title('Autovector 2do CP (En 1ra diferencia)');
%% Augmented Dickey-Fuller test sobre estacionariedad
o raiz unitaria
% h=0 or pvalue > 0.05 no se rechaza H0 de raiz unitaria
[h,pValue] = adftest(Threeprincipalcomponents(:,2)); %
No se rechaza H0
[h,pValue] = adftest(PCA2); % se rechaza H0 a favor de
Estacionariedad.
%% Testing normalidad
% h=0 or pvalue > 0.05 no se rechaza H0 de normalidad
[h,p] = jbtest(PCA2); % Se rechaza H0 de normalidad en
la serie a un 5%
[h,p] = adtest(PCA2); % Se rechaza H0 de normalidad en
la serie a un 5%
Skew=skewness(PCA2); % asimetría
kurt=kurtosis(PCA2); % curtosis
%% Autocorrelacion (Correlogramas y QLB test)
%Serie lineal - Ambas pruebas revelan que existe autorrela-
cion
figure
subplot(2,1,1)
autocorr(PCA2)
subplot(2,1,2)
parcorr(PCA2)

```



```
%Q Ljung-Box test
[h,p,Qstat,crit] = lbqtest(PCA2,'Lags',[1,2,3,4]); % Se rechaza H0 de que No existe Autocorrelacion.

%% Serie al cuadrado - Usualmente se usa para analizar la varianza (agrupamiento de volatilidad).
figure
subplot(2,1,1)
autocorr(PCA2.^2)
subplot(2,1,2)
parcorr(PCA2.^2)

%% Autocorrelacion y Heterocedasticidad de los Residuos (ARCH Effects)
res=PCA2-mean(PCA2);
figure
subplot(2,1,1)
autocorr(res.^2)
subplot(2,1,2)
parcorr(res.^2)

% los residuos al cuadrado si presentan autocorrelacion, efectos ARCH.
[h,p] = archtest(res); % h indica que se rechaza H0 de No heterocedasticidad en favor de un ARCH(1).
[h,p,Qstat,crit] = lbqtest(res.^2,'Lags',1); % indica de que hay efectos Arch en los residuos ARCH(1). Valida el resultado anterior.

%% Especificación del Modelo - Ecuación de la media
% AR1
% Determina el numero apropiado de lags
numLags = 4;
logL = zeros(numLags,1); % Asigna los estadísticos ajustados
for k = 1:numLags
    Mdl = arima(numLags,0,0); % Specify garch model
```

```

[~,~,logL(k)] = estimate(Mdl,PCA2,'Display','off'); %
Obtiene el loglikelihood
end
fitStats = aicbic(logL,1:numLags); % AIC
lags = find(min(fitStats)); % Obtiene el numero apropiado
de lags
%
Mdl=arima('ARLags',1,'Constant',0,'Distribution','t'); %
Luego del análisis apropiado concluimos con esta especifica-
ción.
[h,p] = ttest(PCA2); % No se rechaza H0 de que la media
(constante) es cero.
[EstMdl,EstParamCov,logL,info] = estimate(Mdl,PCA2);
[res,v,logL] = infer(EstMdl,PCA2);
stdRes = res/sqrt(EstMdl.Variance); % residuos estandari-
zados
%% Autocorrelacion y Heterocedasticidad condicionada
de los Residuos de la regresion
[h,p] = archtest(stdRes,'lags',2); % No rechaza H0 de No
heterocedasticidad por lo que no es necesario un ARCH(1).
% Residuos al cuadrado
figure
plot(res.^2)
title('Residuos al Cuadrado')
figure
subplot(2,1,1)
autocorr(res.^2)
subplot(2,1,2)
parcorr(res.^2)
[h,p,Qstat,crit] = lbqtest(res.^2,'Lags',[1,2,3,4]); % indica
de que no hay efectos Arch en los residuos. Valida el resultado
anterior.
%% Kernel smoothing function estimate

```

```
[f,xi] = ksdensity(stdRes);  
figure  
plot(xi,f);  
title('Kernel Density Function Residuos Estandarizados');  
%% Simulaciones  
rng 'default';  
[Y,E,V] = simulate(EstMdl,10000,'Num-  
Paths',1,'y0',PCA2,'e0',res,'V0',v);  
simsPCA2=Y/100;  
plot(simsPCA2);  
  
%% Modelizacion PCA3  
clc  
load DataPCAMH  
X=diff(Threeprincipalcomponents);  
PCA3=X(:,3)*100; % Escalado para lograr estabilidad nu-  
mérica  
T = length(PCA3);  
plot(PCA3)  
title('Autovector 3er CP (En 1ra diferencia)');  
%% Augmented Dickey-Fuller test sobre estacionariedad  
o raíz unitaria  
% h=0 or pvalue > 0.05 no se rechaza H0 de raíz unitaria  
[h,pValue] = adftest(Threeprincipalcomponents(:,3)); %  
No se rechaza H0  
[h,pValue] = adftest(PCA3); % se rechaza H0 a favor de  
Estacionariedad.  
%% Testing normalidad  
% h=0 or pvalue > 0.05 no se rechaza H0 de normalidad  
[h,p] = jbtest(PCA3); % Se rechaza H0 de normalidad en  
la serie a un 5%  
[h,p] = adtest(PCA3); % Se rechaza H0 de normalidad en  
la serie a un 5%
```

```

Skew=skewness(PCA3); % asimetría
kurt=kurtosis(PCA3); % curtosis
%% Autocorrelacion (Correlogramas y QLB test)
%Serie lineal - Ambas pruebas revelan que existe autorrela-
cion
figure
subplot(2,1,1)
autocorr(PCA3)
subplot(2,1,2)
parcorr(PCA3)
%Q Ljung-Box test
[h,p,Qstat,crit] = lbqtest(PCA3,'Lags',[1,2,3,4]); % Se re-
chaza H0 de que No existe Autocorrelacion de orden 3 y 4.
%% Serie al cuadrado - Usualmente se usa para analizar la
varianza (agrupamiento de volatilidad).
figure
subplot(2,1,1)
autocorr(PCA3.^2)
subplot(2,1,2)
parcorr(PCA3.^2)
%% Autocorrelacion y Heterocedasticidad de los Residuos
res=PCA3-mean(PCA3);
figure
subplot(2,1,1)
autocorr(res.^2)
subplot(2,1,2)
parcorr(res.^2)
% los residuos al cuadrado si presentan autocorrelacion de
orden 3 y 4, efectos ARCH.
[h,p] = archtest(res); % h indica que no se rechaza H0 de
No heterocedasticidad condicional.

```

`[h,p,Qstat,crit] = lbqtest(res.^2,'Lags',1); % indica de que
no hay efectos Arch en los residuos ARCH(1). Contradicción
en los tests. Valida el resultado anterior.`

`%% Especificación del Modelo - Ecuación de la media`

`% MA1`

`% Determina el numero apropiado de lags`

`numLags = 4;`

`logL = zeros(numLags,1); % Asigna los estadísticos ajusta-
dos`

`for k = 1:numLags`

`Mdl = arima(numLags,0,0); % Specify garch model`

`[~,~,logL(k)] = estimate(Mdl,PCA3,'Display','off'); %`

`Obtiene el loglikelihood`

`end`

`fitStats = aicbic(logL,1:numLags); % AIC`

`lags = find(min(fitStats)); % Obtiene el numero apropiado
de lags`

`%`

`Mdl=arima('MALags',1,'Constant',0,'Distribution','t'); %
Luego del análisis apropiado concluimos con esta especifica-
ción.`

`[h,p] = ttest(PCA3); % No se rechaza H0 de que la media
(constante) es cero.`

`[EstMdl,EstParamCov,logL,info] = estimate(Mdl,PCA3);`

`[res,v,logL] = infer(EstMdl,PCA3);`

`stdRes = res/sqrt(EstMdl.Variance); % residuos estandari-
zados`

`%% Autocorrelacion y Heterocedasticidad condicionada
de los Residuos de la regresion`

`[h,p] = archtest(stdRes,'lags',2); % No rechaza H0 de No
heterocedasticidad.`

`% Residuos al cuadrado`

`figure`

```

plot(res.^2)
title('Residuos al Cuadrado')
figure
subplot(2,1,1)
autocorr(res.^2)
subplot(2,1,2)
parcorr(res.^2)
[h,p,Qstat,crit] = lbqtest(res.^2,'Lags',[1,2,3,4]); % indica
de que no hay efectos Arch en los residuos ARCH(1). Valida el
resultado anterior.
%% Kernel smoothing function estimate
[f,xi] = ksdensity(stdRes);
figure
plot(xi,f);
title('Kernel Density Function Residuos Estandarizados');
%% Simulaciones
rng 'default';
[Y,E,V] = simulate(EstMdl,10000,'Num-
Paths',1,'y0',PCA3,'e0',res,'V0',v);
simsPCA3=Y/100;
plot(simsPCA3);
%% Reconstrucción Curvas de Rendimiento MH a partir
de Simulación Monte Carlo
clc
load dataMH %carga data de tasas de interés del Ministerio
de Hacienda
load SimMCPCs %carga Simulaciones Monte Carlo de
CPs en 1ra diferencia
load weightsMH %carga weights de cada CPs
X=dataMH;
n=10000; % numero de simulaciones
simulation=zeros (n,10);
LastCurve=X(end,:); % Curva 31 diciembre 2019

```

```

Sim=SimMCPCs;
IncSimCurve=Sim*weightsMH';
for p=1:n
    for k=1:10
        firstpath=LastCurve(1,k)+IncSimCurve(p,k);
        simulation(p,k)=firstpath;
    end
end
%% Reconstrucción Curva de Rendimiento MH a partir
de Simulación Histórica
clc
load dataMH %load data de tasas de interés del Ministerio
de Hacienda
load SimPCs %load Simulaciones históricas de CPs en 1ra
diferencia
load weightsMH % load weights de cada CPs
X=dataMH;
n=10000; % numero de simulaciones
simulation=zeros (n,10);
LastCurve=X(end,:); % Curva 31 diciembre 2019
HistSim=SimPCs;
IncSimCurve=HistSim*weightsMH';
for p=1:n
    for k=1:10
        firstpath=LastCurve(1,k)+IncSimCurve(p,k);
        simulation(p,k)=firstpath;
    end
end
Estimación Componentes Principales BCRD
clc
load dataBC % Carga data de tasas de interés del Ministe-
rio de Hacienda

```

X=dataBC; % Datos tipos de interés a 1, 3, 6 meses, 1, 2, 3, 5, 7 años

CorrelationBC=corr(X); % Matriz de correlación de los datos

CovarianceBC=cov(X); % Matriz de Varianza-Covarianza de los datos

[Eigenvectors,Eigenvalues]=eig(CovarianceBC); % Matriz de Autovalores y Autovectores

Eigenvalues=rot90(Eigenvalues,2); % Rota y Organiza la matriz de autovalores por peso en la varianza

EigenvectorsBC=flipr(Eigenvectors); % Voltea u organiza la matriz de autovectores por su peso

principalcomponents=dataBC*EigenvectorsBC; % Genera los Componentes principales

ThreeprincipalcomponentsBC=principalcomponents(:,1:3); % Selecciona los 3 primeros componentes principales

weightsBC=EigenvectorsBC(:,1:3); % Betas o ponderaciones de los 3 CPs: Nivel, Pendiente y Curvatura de la ETTI

eigenvaluesBC=diag(Eigenvalues); % Pone la Diagonal de la matriz de autovalores como vector

sumvariance=cumsum(var(dataBC))'; %Suma de la varianza de cada serie

sumeigval=cumsum(eigenvaluesBC); % Suma de todos los autovalores. Debe coincidir con la "sumvariance"

explainedvarianceBC=eigenvaluesBC/sum(eigenvaluesBC); % Proporción de la varianza explicada por cada autovector

cumvarexplainedBC=cumsum(explainedvarianceBC); % Varianza explicada acumulada

plot(weightsBC) % Grafica de los 3 componentes principales


```
legend('Nivel','Pendiente','Curvatura','Location','EastOutside');
title('1ros 3 Componentes Principales BCRD');

%% Modelizacion PCA1
clc
load DataPCABC
X=diff(ThreepincipalcomponentsBC);
PCA1=X(:,1)*100; % Escalado para lograr estabilidad
num?rica
T = length(PCA1);
plot(PCA1)
title('Autovector 1er CP (En 1ra diferencia)');
%% Augmented Dickey-Fuller test sobre estacionariedad
o raiz unitaria
% h=0 or pvalue > 0.05 no se rechaza H0 de raiz unitaria
[h,pValue] = adftest(ThreepincipalcomponentsBC(:,1));
% No se rechaza H0
[h,pValue] = adftest(PCA1); % se rechaza H0 a favor de
Estacionariedad.
%% Testing normalidad
% h=0 or pvalue > 0.05 no se rechaza H0 de normalidad
[h,p] = jbtest(PCA1); % No se rechaza H0 de normalidad
en la serie a un 5%
[h,p] = adtest(PCA1); % No se rechaza H0 de normalidad
en la serie a un 5%
Skew=skewness(PCA1); % asimetría
kurt=kurtosis(PCA1); % curtosis
%% Autocorrelacion (Correlogramas y QLB test)
%Serie lineal - Ambas pruebas revelan que no existe auto-
rrelacion
figure
subplot(2,1,1)
```

```

autocorr(PCA1)
subplot(2,1,2)
parcorr(PCA1)
%Q Ljung-Box test
[h,p,Qstat,crit] = lbqtest(PCA1,'Lags',[1,2,3,4]); % No se
rechaza H0 de que No existe Autocorrelacion.
%% Serie al cuadrado - Usualmente se usa para analizar la
varianza (agrupamiento de volatilidad).
figure
subplot(2,1,1)
autocorr(PCA1.^2)
subplot(2,1,2)
parcorr(PCA1.^2)
%% Autocorrelacion y Heterocedasticidad de los Residuos
(ARCH Effects)
res=PCA1-mean(PCA1);
figure
subplot(2,1,1)
autocorr(res.^2)
subplot(2,1,2)
parcorr(res.^2)
% los residuos al cuadrado no presentan autocorrelacion,
no efectos ARCH.
[h,p] = archtest(res); % h indica que No se rechaza H0 de
No heterocedasticidad en favor de un ARCH(1).
[h,p,Qstat,crit] = lbqtest(res.^2,'Lags',1); % indica de que
hay efectos Arch en los residuos ARCH(1). Valida el resultado
anterior.
%% Especificaci3n del Modelo
% MA4
% Determina el numero apropiado de lags
numLags = 4;

```

```

logL = zeros(numLags,1); % Asigna los estadísticos ajusta-
dos
for k = 1:numLags
    Mdl = arima(0,0,numLags); % Specify garch model
    [~,~,logL(k)] = estimate(Mdl,PCA1,'Display','off'); %
Obtiene el loglikelihood
end
fitStats = aicbic(logL,1:numLags); % AIC
lags = find(min(fitStats)); % Obtiene el numero apropiado
de lags
%
Mdl=arima('MALags',4,'Constant',0,'Distribution','t'); %
Luego del análisis apropiado concluimos con esta especifica-
ción.
[h,p] = ttest(PCA1); % No se rechaza H0 de que la media
(constante) es cero.
[EstMdl,EstParamCov,logL,info] = estimate(Mdl,PCA1);
[res,v,logL] = infer(EstMdl,PCA1);
stdRes = res/sqrt(EstMdl.Variance); % Standardized resid-
uals
%% Autocorrelacion y Heterocedasticidad condicionada
de los Residuos de la regresion
[h,p] = archtest(stdRes,'lags',2); % No se rechaza H0 de
No heterocedasticidad en favor de un ARCH(1).
% Residuos al cuadrado
figure
plot(res.^2)
title('Residuos al Cuadrado')
figure
subplot(2,1,1)
autocorr(res.^2)
subplot(2,1,2)
parcorr(res.^2)

```

[h,p,Qstat,crit] = lbqtest(res.^2,'Lags',[1,2,3,4]); % indica de que no hay efectos Arch en los residuos ARCH(1). Valida el resultado anterior.

```
%% Kernel smoothing function estimate
[f,xi] = ksdensity(stdRes);
figure
plot(xi,f);
title('Kernel Density Function Residuos Estandarizados');
%% Simulaciones
rng 'default';
[Y,E,V] = simulate(EstMdl,10000,'Num-
Paths',1,'y0',PCA1,'e0',res,'V0',v);
simsPCA1=Y/100;
plot(simsPCA1);
```

```
%% Modelización PCA2
clc
load DataPCABC
X=diff(ThreeprincipalcomponentsBC);
PCA2=X(:,2)*100; % Escalado para lograr estabilidad nu-
mérica
```

```
T = length(PCA2);
plot(PCA2)
title('Autovector 2do CP (En 1ra diferencia)');
%% Augmented Dickey-Fuller test sobre estacionariedad
o raiz unitaria
```

```
% h=0 or pvalue > 0.05 no se rechaza H0 de raiz unitaria
[h,pValue] = adfstest(ThreeprincipalcomponentsBC(:,2));
% No se rechaza H0
[h,pValue] = adfstest(PCA2); % se rechaza H0 a favor de
Estacionariedad.
```

```
%% Testing normalidad
% h=0 or pvalue > 0.05 no se rechaza H0 de normalidad
```

[h,p] = jbtest(PCA2); % No se rechaza H0 de normalidad
en la serie a un 5%

[h,p] = adtest(PCA2); % No se rechaza H0 de normalidad
en la serie a un 5%

Skew=skewness(PCA2); % asimetría

kurt=kurtosis(PCA2); % curtosis

%% Autocorrelacion (Correlogramas y QLB test)

%Serie lineal - Ambas pruebas revelan que no existe auto-
rrelacion

figure

subplot(2,1,1)

autocorr(PCA2)

subplot(2,1,2)

parcorr(PCA2)

%Q Ljung-Box test

[h,p,Qstat,crit] = lbqtest(PCA2,'Lags',[1,2,3,4]); % No se
rechaza H0 de que No existe Autocorrelacion.

%% Serie al cuadrado - Usualmente se usa para analizar la
varianza (agrupamiento de volatilidad).

figure

subplot(2,1,1)

autocorr(PCA2.^2)

subplot(2,1,2)

parcorr(PCA2.^2)

%% Autocorrelacion y Heterocedasticidad de los Residuos
(ARCH Effects)

res=PCA2-mean(PCA2);

figure

subplot(2,1,1)

autocorr(res.^2)

subplot(2,1,2)

parcorr(res.^2)

% los residuos al cuadrado no presentan autocorrelacion, no efectos ARCH.

[h,p] = archtest(res); % h indica que se NO rechaza H0 de No heterocedasticidad.

[h,p,Qstat,crit] = lbqtest(res.^2,'Lags',1); % indica de que no hay efectos Arch en los residuos. Valida el resultado anterior.

%% Especificación del Modelo

% MA1

% Determina el numero apropiado de lags

numLags = 4;

logL = zeros(numLags,1); % Asigna los estadísticos ajustados

for k = 1:numLags

Mdl = arima(0,0,numLags); % Specify garch model

[~,~,logL(k)] = estimate(Mdl,PCA2,'Display','off'); %

Obtiene el loglikelihood

end

fitStats = aicbic(logL,1:numLags); % Get AIC

lags = find(min(fitStats)); % Obtiene el numero apropiado de lags

%

Mdl=arima('MALags',1,'Constant',0,'Distribution','t'); %

Luego del análisis apropiado concluimos con esta especificación.

[h,p] = ttest(PCA2); % No se rechaza H0 de que la media (constante) es cero.

[EstMdl,EstParamCov,logL,info] = estimate(Mdl,PCA2);

[e,v,logL] = infer(EstMdl,PCA2);

stdRes = e/sqrt(EstMdl.Variance); % Standardized residuals

%% Autocorrelacion y Heterocedasticidad condicionada de los Residuos de la regresion

[h,p] = archtest(stdRes,'lags',2); % No se rechaza H0 de No heterocedasticidad en favor de un ARCH(1).

%Residuos al cuadrado

figure

plot(e.^2)

title('Residuos al Cuadrado')

figure

subplot(2,1,1)

autocorr(e.^2)

subplot(2,1,2)

parcorr(e.^2)

[h,p,Qstat,crit] = lbqtest(e.^2,'Lags',[1,2,3,4]); % indica de que no hay efectos Arch en los residuos. Valida el resultado anterior.

%% Kernel smoothing function estimate

[f,xi] = ksdensity(stdRes);

figure

plot(xi,f);

title('Kernel Density Function Residuos Estandarizados');

%% Simulaciones

rng 'default';

[Y,E,V] = simulate(EstMdl,10000,'Num-Paths',1,'y0',PCA2,'e0',e,'V0',v);

simsPCA2=Y/100;

plot(simsPCA2);

%% Modelizacion PCA3

clc

load DataPCABC

X=diff(ThreeprincipalcomponentsBC);

PCA3=X(:,3)*100; % Escalado para lograr estabilidad numérica

T = length(PCA3);

plot(PCA3)

```

title('Autovector 3er CP (En 1ra diferencia)');
%% Augmented Dickey-Fuller test sobre estacionariedad
o raiz unitaria
% h=0 or pvalue > 0.05 no se rechaza H0 de raiz unitaria
[h,pValue] = adfstest(ThreeprincipalcomponentsBC(:,3));
% No se rechaza H0
[h,pValue] = adfstest(PCA3); % se rechaza H0 a favor de
Estacionariedad.
%% Testing normalidad
% h=0 or pvalue > 0.05 no se rechaza H0 de normalidad
[h,p] = jbstest(PCA3); % Se rechaza H0 de normalidad en
la serie a un 5%
[h,p] = adtest(PCA3); % Se rechaza H0 de normalidad en
la serie a un 5%
Skew=skewness(PCA3); % asimetría
kurt=kurtosis(PCA3); % curtosis
%% Autocorrelacion (Correlogramas y QLB test)
%Serie lineal - Ambas pruebas revelan que no existe auto-
rrelacion
figure
subplot(2,1,1)
autocorr(PCA3)
subplot(2,1,2)
parcorr(PCA3)
%Q Ljung-Box test
[h,p,Qstat,crit] = lbqtest(PCA3,'Lags',[1,2,3,4]); % No se
rechaza H0 de que No existe Autocorrelacion.
%% Serie al cuadrado - Usualmente se usa para analizar la
varianza (agrupamiento de volatilidad).
figure
subplot(2,1,1)
autocorr(PCA3.^2)
subplot(2,1,2)

```



```

parcorr(PCA3.^2)
%% Autocorrelacion y Heterocedasticidad de los Residuos
(ARCH Effects)
res=PCA3-mean(PCA3);
figure
subplot(2,1,1)
autocorr(res.^2)
subplot(2,1,2)
parcorr(res.^2)
% los residuos al cuadrado si presentan autocorrelacion,
efectos ARCH.
[h,p] = archtest(res); % h indica que NO se rechaza H0 de
No heterocedasticidad.
[h,p,Qstat,crit] = lbqtest(res.^2,'Lags',1); % indica que no
hay efectos Arch en los residuos. Valida el resultado anterior.
%% Especificación del Modelo
% AR1
% Determina el numero apropiado de lags
numLags = 4;
logL = zeros(numLags,1); % Asigna los estadísticos ajusta-
dos
for k = 1:numLags
    Mdl = arima(numLags,0,0); % Specify garch model
    [~,~,logL(k)] = estimate(Mdl,PCA3,'Display','off'); %
Obtiene el loglikelihood
end
fitStats = aicbic(logL,1:numLags); % AIC
lags = find(min(fitStats)); % Obtiene el numero apropiado
de lags
%
Mdl=arima('ARLags',1,'MALags',1,'Constant',0,'Distri-
bution','t'); % Luego del analisis apropiado concluimos con
esta especificación.

```

[h,p] = ttest(PCA3); % No se rechaza H0 de que la media (constante) es cero.

[EstMdl,EstParamCov,logL,info] = estimate(Mdl,PCA3);

[res,v,logL] = infer(EstMdl,PCA3);

stdRes = res/sqrt(EstMdl.Variance); % Standardized residuals

%% Autocorrelacion y Heterocedasticidad condicionada de los Residuos de la regresion

[h,p] = archtest(stdRes,'lags',2); % No se rechaza H0 de No heterocedasticidad.

%Residuos al cuadrado

figure

plot(res.^2)

title('Residuos al Cuadrado')

figure

subplot(2,1,1)

autocorr(res.^2)

subplot(2,1,2)

parcorr(res.^2)

[h,p,Qstat,crit] = lbqtest(res.^2,'Lags',[1,2,3,4]); % indica de que no hay efectos Arch en los residuos. Valida el resultado anterior.

%% Kernel smoothing function estimate

[f,xi] = ksdensity(stdRes);

figure

plot(xi,f);

title('Kernel Density Function Residuos Estandarizados');

%% Simulaciones

rng 'default';

Y = simulate(EstMdl,10000,'Num-Paths',1,'y0',PCA3,'e0',res,'V0',v);

simsPCA3=Y/100;

plot(simsPCA3);

%% Curvas de Rendimiento MH por Simulación Monte
Carlo

clc

load dataBC %load data de tasas de interés del Ministerio
de Hacienda

load SimMCPCsBC %load Simulaciones Monte Carlo de
CPs en 1ra diferencia

load weightsBC %load weights de cada CPs

X=dataBC;

n=10000; % numero de simulaciones

simulation=zeros (n,8);

LastCurve=X(end,:); % Curva 31 diciembre 2019

Sim=SimMCPCsBC;

IncSimCurve=Sim*weightsBC';

for p=1:n

for k=1:8

firstpath=LastCurve(1,k)+IncSimCurve(p,k);

simulation(p,k)=firstpath;

end

end

%% Curvas de Rendimiento MH por Simulación Histó-
rica

clc

load dataBC %load data de tasas de interés del Ministerio
de Hacienda

load SimPCBC %load Simulaciones históricas de CPs en
1ra diferencia

load weightsBC %load weights de cada CPs

X=dataBC;

n=10000; % número de simulaciones

simulation=zeros (n,8);

LastCurve=X(end,:); % Curva 31 diciembre 2019

HistSim=SimPCBC;

```
IncSimCurve=HistSim*weightsBC';  
for p=1:n  
    for k=1:8  
        firstpath=LastCurve(1,k)+IncSimCurve(p,k);  
        simulation(p,k)=firstpath;  
    end  
end
```

CUARTA PARTE

Política monetaria óptima con múltiples instrumentos:
el caso de la República Dominicana

Francisco A. Ramírez de León
Ariadne M. Checo de los Santos



Francisco A. Ramírez de León

Nació en San Juan de la Maguana el 7 de junio de 1983. Licenciado en Economía por la Universidad Autónoma de Santo Domingo y Magister en Economía con mención en Macroeconomía de la Pontificia Universidad Católica de Chile. Se desempeña como Subdirector de Estudios Económicos en el Banco Central de la República Dominicana.



Ariadne M. Checo de los Santos

Nació en Santo Domingo el 15 de agosto de 1990. Licenciada en Economía de la Pontificia Universidad Católica Madre y Maestra y Magister en Análisis Económico Especializado concentrado en Políticas Macroeconómicas y Mercados Financieros de Barcelona Graduate School of Economics. Maestría en Matemáticas Puras del Instituto Tecnológico de Santo Domingo. Se desempeña como economista visitante de la Secretaría Ejecutiva del Consejo Monetaria Centroamericano.

Resumen

Esta investigación contribuye a la literatura de política monetaria óptima, cuantificando las ganancias macroeconómicas que se obtienen al utilizar múltiples instrumentos no convencionales, tales como la tasa de encaje legal y las reservas internacionales en conjunto con la tasa de política monetaria. Primero, se especifica y estima un modelo dinámico y estocástico de equilibrio general (DSGE) para una economía pequeña y abierta, que incluye fricciones de precios, costos de ajuste y fricciones financieras. Luego, con el fin de contrastar el desempeño de distintas combinaciones de instrumentos no convencionales sobre variables claves para un banco central, se realizan ejercicios de simulación que caracterizan a la economía dominicana como si estuviese siendo impactada por distintos choques. Los resultados sugieren que para la gran mayoría de choques de oferta y de demanda, la política monetaria óptima es una donde se utilizan múltiples instrumentos. En efecto, tras un choque como el del Covid, la política monetaria óptima es aquella que combina a la regla de Taylor, la tasa de encaje y a las reservas, ya que permite alcanzar una menor volatilidad macroeconómica, con mejoras en torno a 60% respecto a un escenario donde se implementase una política convencional. Por tanto, estos resultados permiten racionalizar el uso combinado de instrumentos convencionales y no convencionales en economías pequeñas y abiertas con múltiples objetivos e instrumentos.

Palabras claves: política monetaria optima; modelo DSGE; bienestar

JEL Classification: E52; F37; E44; E51;

1. Introducción

En enero de 2012, las autoridades monetarias dominicanas anunciaron la adopción explícita del régimen de metas de inflación. Bajo este esquema, el banco central se concentra en estabilizar las expectativas de inflación alrededor de la meta anunciada en un horizonte de alrededor de dos años. Para estos fines los hacedores de política implementan las decisiones de política monetaria usando como instrumento de señalización la postura reflejada en la tasa de interés de política monetaria (TPM).

En la práctica, el régimen de metas de inflación es un esquema flexible, no solo debido al reconocimiento de que algunos choques desvían la inflación en el corto plazo, sino también debido al mandato legal de objetivos múltiples: estabilidad de precios, crecimiento sostenible de la economía y estabilidad del sistema de pagos. Para cumplir con este mandato, el banco central complementa las decisiones de cambios en la TPM con medidas no convencionales, tales como ajustes en la tasa de encaje, con el objetivo de amortiguar los choques negativos al sector real, a través de afectar las condiciones de la oferta de crédito. Asimismo, la condición de economía pequeña y abierta de la República Dominicana expuesta a choques de oferta y demanda externos justifican que el esquema de metas de inflación coexista con políticas de intervención cambiaria para fines de disminuir la volatilidad del tipo de cambio nominal o real y cumplir con los objetivos de reservas internacionales para fines de cobertura de riesgos (por ejemplo, reservas suficientes para tres meses de importaciones).

Este es un tipo de comportamiento observado en muchos bancos centrales de economías pequeñas y abiertas, siendo las diferencias en el uso de los instrumentos marcadas con matices

particulares de cada país (por ejemplo, la importancia de los flujos capitales y la profundidad de los sistemas financieros). En ese sentido, la literatura sobre política monetaria en este tipo de economías estudia la optimalidad de tales políticas basadas en múltiples instrumentos (Lama y Medina (2020) y Agenor, Alper y Pereira da Silva (2015)), destacando varios elementos: (1) la presencia de fricciones financieras complejiza el manejo de choques externos y financieros solo con el instrumento convencional, la tasa de política monetaria. (2) La optimalidad de políticas monetarias usando múltiples instrumentos.

Esta investigación contribuye a esta literatura a través del análisis comparativo de la respuesta de la política monetaria basada en distintas combinaciones de instrumentos bajo su control: tasa de política monetaria, encaje legal y reservas internacionales.

La relevancia de este estudio se basa en la coyuntura macroeconómica planteada por la pandemia del coronavirus. En efecto, tras el choque de Covid, el cual representó una combinación de choques de oferta y demanda, muchos bancos centrales han estado utilizando diversos instrumentos no convencionales, con el fin de apaciguar sus efectos económicos. Particularmente la República Dominicana, ha ampliado sus medidas de reducción de tasas de interés, reduciendo también las tasas de encaje, provisionando liquidez, así como utilizando las reservas internacionales para acomodar las fluctuaciones extremas cambiarias, principalmente por efectos sobre la inflación. Sin embargo, no existe a la fecha un trabajo que provea un fundamento cuantitativo sobre la importancia del uso de distintos instrumentos no convencionales ante la presencia de múltiples choques. En este sentido, este trabajo intenta responder dos preguntas: ¿Cuáles instrumentos (o combinación de ellos) son los más apropiados ante diversos choques de oferta y demanda? ¿Cuál es la política óptima en un escenario de alta incertidumbre como el del Covid?

Para ello, se especifica un modelo dinámico y estocástico de equilibrio general (DSGE) para una economía pequeña y abierta, que incluye distintas fricciones de precios, así como costos de ajuste y fricciones financieras. Generalmente, los modelos DSGE se abstraen de introducir fricciones financieras, sin embargo, debido al objetivo de este trabajo de analizar medidas no convencionales de encaje, el modelo incorpora un sector de la banca, con fricciones como: asimetría de información (lo cual se traduce en costos para los bancos en recolectar depósitos y otorgar préstamos); se introduce la capacidad de default en los préstamos (de forma que en un escenario como el Covid, en donde se contrae la actividad, algunos de estos préstamos caen en default, lo cual aumenta la tasa de préstamos y amplifica el mecanismo contractivo del choque); se introduce la necesidad de que las firmas tomen prestado para pagar la nómina (lo cual implica que los costos marginales de la economía se verán afectados por aumentos en la tasa de financiamiento). Además, el modelo permite analizar múltiples instrumentos de política, siendo este el primer modelo DSGE con estos elementos estimado para la República Dominicana.

Luego, se realizan ejercicios de simulación que caractericen a la economía dominicana como si estuviese siendo impactada por distintos choques y se contrasta el desempeño de las variables claves del banco central ante tres combinaciones de medidas no convencionales y la medida convencional. De esta manera, la principal contribución del trabajo consiste en cuantificar las ganancias del uso de distintas tres combinaciones de medidas monetarias no convencionales (Taylor + Encaje + Reservas, Taylor + Reservas y Taylor + Encaje,) y adicional una medida convencional, racionalizando así la razón por la cual los bancos centrales con múltiples objetivos deben utilizar varios instrumentos, adicional a la regla convencional de Taylor. Otra contribución es la de responder cuál es la política monetaria

óptima en un escenario como el del Covid, que combina tanto choques de oferta como de demanda.

Los resultados sugieren tanto para choques de oferta como de demanda, en general la política monetaria óptima es una donde se utiliza una combinación de la regla de Taylor + Encaje + Reservas. Ante choques de oferta, tales como de productividad, de la Banca y choques del PIB externo, esta combinación de instrumentos alcanza una volatilidad macroeconómica de hasta 83% menor que la alternativa de utilizar solo una regla monetaria convencional (Taylor). Mientras que ante choques de demanda, como choques de preferencias, choques de tasa externa o choques de gasto del gobierno, esta combinación de instrumentos no convencionales obtiene mejoras en torno al 30% respecto a una política monetaria convencional.

En lo que respecta a la medida no convencional de Taylor+Reservas, esta corresponde a la política óptima tras choques de inflación externa, los cuales están asociados a una mayor volatilidad cambiaria y comercial; y tras choque sobre la prima por riesgo, que generan una depreciación y son a la vez inflacionarios. Mientras que la regla de Taylor + Encaje es la que minimiza la volatilidad de la inflación y del tipo de cambio ante choques de productividad, sin embargo, implica una mayor volatilidad del producto. Solo en el caso de choques asociados a cambios en los márgenes de costos de las firmas y tras choques de política monetaria, la política monetaria convencional resulta ser la óptima.

Respondiendo a la pregunta sobre cuál es la política óptima ante un escenario de múltiples choques como el Covid, los resultados sugieren que una regla de Taylor+ una regla de reservas internacionales +regla de encaje es la que permite alcanzar una menor volatilidad macroeconómica, con mejorías en torno a 60% respecto a un escenario donde se implementase una política convencional. En segundo lugar, se ubica la regla de Taylor

+ Reservas, seguido de la regla de Taylor +Encaje. Es importante notar que al observar de forma individual las varianzas de las variables objetivos en un escenario Covid, la regla de Taylor+Encaje es la que minimiza la varianza de la inflación y el tipo de cambio, a costo de mayor volatilidad en el producto.

Por tanto, este trabajo permite racionalizar la supremacía de utilizar un conjunto de instrumentos no convencionales junto a la regla monetaria convencional, en una economía como la dominicana, pues se logra alcanzar los objetivos del banco central con menos movimientos bruscos de la tasa de política, al auxiliarse de otros instrumentos no convencionales.

El resto del documento está organizado de la siguiente manera: en la sección 2 se contextualiza el tema de investigación en la literatura sobre política monetaria óptima y de múltiples instrumentos. La sección 3 describe el modelo, mientras que en la sección 4 se presenta la estrategia de estimación. En la sección 5 son analizadas las propiedades del modelo. La sección 6 evalúa las políticas óptimas cuando hay múltiples instrumentos. La sección 7 concluye.

2. Contacto con la literatura

La literatura sobre el uso de varios instrumentos de política monetaria es de larga data. Una de las referencias más importantes es la discusión planteada por Poole (1970) sobre la necesidad de discriminar ante el conjunto de instrumentos disponibles. Poole argumentaba que, si bien los bancos centrales podrían utilizar tanto las tasas de interés como el stock de dinero como instrumentos, estos no podrían utilizarse de forma independiente, originándose así una disyuntiva entre estos. Más aun, la selección del instrumento adecuado dependía de los shocks subyacentes que afecten a la economía bajo interés.

En la práctica los bancos centrales hacen uso de varios instrumentos, dependiendo de la coyuntura que estén enfrenando en cada momento. Vanhoose (1994) aborda este tema, y amplía la problemática de Poole (1970) subrayando la importancia de los costes de los ajustes y cambios en los instrumentos de política, que generan decisiones subóptimas desde el punto de vista social.

Otro aspecto dentro de la literatura de política monetaria óptima es el estudio de la inconsistencia temporal, donde se analiza cómo, en ocasiones, con el paso del tiempo, las políticas que se determinaron como óptimas ayer, no se consideran así en otro período y por ende no se implementan. Entre los autores que abordan dicho tema se encuentran Calvo (1978) y Yun (1996). Esto dio paso al estudio la optimalidad de la política monetaria bajo discreción (Adam y Billi (2004)). Otros trabajos analizan el desempeño de reglas monetarias, comparando el valor de largo plazo que debe tener la inflación para maximizar la función objetivo de la sociedad (Fuhrer y Mandigan (1997), Wolman (2003)). Mientras que, algunos estudios se enfocan en la interacción de variables macroeconómicas y distintas reglas, destacándose Auerbach y Obstfeld (2003), quienes analiza el rol del tipo de cambio y reglas monetarias en eliminar los efectos distorsionadores del límite inferior de tasa cero.

Con el advenimiento de la crisis financiera global y el despliegue de instrumentos no convencionales por parte de los principales bancos centrales, el interés sobre el análisis de la política monetaria óptima con múltiples instrumentos ha despertado el interés de varios autores, contrastando con la visión convencional de que un banco central controla un solo instrumento: la tasa de política monetaria, principalmente si el banco central se enfrenta a la posibilidad de que la TPM alcance el límite inferior de cero (Morris, 2019).

En el caso de las economías pequeñas y abiertas, así como economías emergentes, la discusión entre políticas convencionales y no convencionales ha sido más prolífica, debido a la importancia de los choques externos que afectan a estas economías, principalmente choques que repercuten en cambios sobre los flujos de capitales y otras variables, obligando a los bancos centrales a enfrentar disyuntivas. García-Cicco y Kawamura (2014) estudian políticas no convencionales en países con metas de inflación, y muestran la efectividad de estas políticas en respuestas de shocks externos. Lama y Medina (2020) extienden el análisis de múltiples instrumentos a la discusión de política monetaria óptima. Encuentran que, en economías pequeñas y abiertas, los choques externos que alteran los flujos de capitales son mejor gestionados mediante una combinación de instrumentos, respecto al uso de un solo instrumento convencional como la tasa de interés. En ese sentido, esta investigación contribuye a la literatura sobre el análisis comparativo de la respuesta de la política monetaria basada en distintas combinaciones de instrumentos bajo su control.

3. Descripción del modelo

En esta sección se presenta el modelo utilizado para el análisis de la implementación de la política monetaria óptima con múltiples instrumentos. El objetivo de la modelística es representar los mecanismos de transmisión de los instrumentos de política considerados (tasa de política monetaria, requerimientos de reservas e intervenciones en el mercado cambiario), así como de los choques que caracterizan las fluctuaciones económicas en una economía pequeña y abierta como la dominicana.

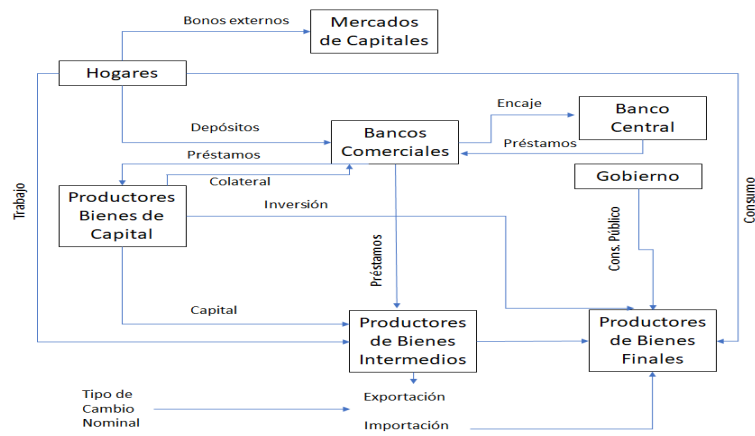
En ese sentido, es un modelo de equilibrio general dinámico y estocástico (DSGE, por sus siglas en inglés), de una

economía pequeña y abierta. Si bien generalmente los modelos DSGE tradicionales se abstraen de incorporar un sector bancario, en este trabajo, con el fin de analizar la política monetaria no convencional, se introduce un sector que representa la banca y el banco central que, además de ajustar la tasa de interés de política monetaria, utiliza dos instrumentos adicionales: la tasa de encaje y las reservas internacionales.

En lo que respecta a las demás características del modelo, se destaca lo siguiente: En primer lugar, la estructura de economía abierta se incorpora siguiendo a los trabajos Justiniano y Preston (2010), Schmitt-Grohé y Uribe (2003), García-Cicco, Kirchner y Bustel (2015) donde los hogares tienen acceso a un instrumento financiero internacional y son afectados por la prima de riesgo. Es importante señalar que esta prima por riesgo es endógena al nivel de endeudamiento de la economía en cada periodo. En segundo lugar, la banca es introducida como en García-Cicco y cols. (2015) y Agenor y cols. (2015), donde estas instituciones toman depósitos de los hogares y crédito del banco central, para otorgar préstamos que son demandados por las firmas de la economía (los productores de bienes intermedios y los productores de bienes de capital). Por último, se consideran una serie de fricciones en esta economía, con el fin de capturar así los mecanismos de transmisión de las políticas bajo análisis. Por un lado, se introducen fricciones en la formación de precios, tal que se genera una Curva de Phillips con persistencia; se añaden fricciones en la acumulación de capital, a través de costos de ajustes del acervo de capital; y, fricciones en el sistema financiero. Las fricciones financieras que se incorporan son: (1) una probabilidad de default de los productores de bienes de capital, la cual varía con el ciclo económico, de forma que en una recesión es más probable que las firmas hagan default en sus préstamos. Además, la probabilidad de default es incorporada por la banca, la cual define a la tasa de

financiamiento de forma proporcional a esta probabilidad de default; (2) asimetrías de información que añaden costos al proceso de recolectar depósitos y otorgar crédito por la banca; y, (3) se introduce la necesidad de las firmas productoras de bienes domésticos de adquirir préstamos para poder pagar su nómina, de forma que la tasa de financiamiento entra en los costos marginales de las firmas. El gráfico 1 presenta la estructura del modelo.

Gráfico 1. Estructura del modelo



Fuente: Elaboración propia

3.1. Hogares

La economía doméstica está poblada por un continuo de hogares que viven infinitamente y que tienen acceso a activos contingentes para fines de consumo. Derivan utilidad del consumo de bienes finales, ocio, así como de saldos reales y depósitos. La función de utilidad del hogar típico es:

$$V_t = E_0\{\sum_0^\infty \beta^s U(C_{t+s}, N_{t+s}, m_{t+s}, d_{t+s})\}$$

(1)

Donde C_t es el consumo del hogar, N_t son las horas trabajadas, m_t es la demanda por saldos reales y d_t es el balance de depósitos deseado por el hogar. La forma funcional es escogida tal que no haya efecto riqueza de los cambios en la oferta de trabajo, la sustitución de consumo intertemporal sea independiente de las horas trabajadas y los activos, el dinero y los depósitos tengan elasticidad unitaria respecto al consumo y un parámetro que afecte la elasticidad para las tasas relevantes. Se incorpora persistencia en el consumo y los activos seleccionados. La forma funcional elegida es:

$$U_t(C_t, N_t, m_t, d_t) = [\varepsilon_t^c \frac{\tilde{c}^{1-\sigma}}{1-\sigma} - \mu_t^N \frac{N_t^{1+\eta_N}}{1+\eta_N} + \eta_x \ln(\tilde{m}_t^\nu \tilde{d}_t^{1-\nu})] \quad (2)$$

Siendo $\tilde{C}_t = C_t - h_c C_{t-1}$, $\tilde{m}_t = \varepsilon_t^m (m_t - h_m m_{t-1})$ y $\tilde{d}_t = \varepsilon_t^d (d_t - h_d d_{t-1})$, respectivamente. La función de utilidad contiene cuatro shocks de preferencias: ε_t^c , ε_t^N , ε_t^m , ε_t^d .

Se asume que los hogares maximizan el valor esperado de la función de utilidad sujeto a una secuencia de restricciones presupuestarias de la siguiente manera:

$$P_t C_t + M_t + D_t + B_t^P + S_t B_t^* = W_t N_t + \\ M_{t-1} + R_{t-1}^D D_{t-1} + R_t B_{t-1}^P + \\ R_t^F S_t B_{t-1}^* + J_t^P + J_t^B + J_t^K + T_t$$

Donde P_t es el IPC y W_t es el salario nominal por hora. En cada periodo el hogar decide cuánto consumir (C_t), mantener en efectivo (M_t), en depósitos (D_t), bonos del gobierno (B_t^P) y bonos externos (B_t^*), usando los ingresos provenientes del trabajo ($W_t N_t$), el acervo de dinero del periodo pasado (M_{t-1}), los depósitos, bonos domésticos y externos y sus intereses, remunerados a tasas (brutas) $R_t^D, R_t^B, R_t^{F,P}$, respectivamente. Así como los beneficios de las empresas

productoras de bienes intermedios J_t^I , productoras de bienes de capital J_t^K y los bancos J_t^B . Los beneficios del resto de las empresas competitivas son cero. Finalmente, las transferencias (de suma alzada), T_t . Los bonos externos en moneda extranjera son convertidos a moneda local usando el tipo de cambio nominal S_t , que representa el número de unidades de moneda doméstica por unidad de moneda extranjera. Donde la tasa de retorno de los bonos externos es:

$$R_t^F = R_t^* \exp(b_t^* - b^* + \phi_t^F) \quad (3)$$

Siendo R_t^* la tasa de interés externa bruta, mientras que ϕ_t^F es el shock del premio por riesgo. Ambas variables son exógenas, esto es, se encuentran definidas como un proceso AR (1).

Dividiendo de ambos lados de la restricción presupuestaria del hogar por el índice de precios P_t y multiplicando y dividiendo variables nominales en $t - 1$ se tiene:

$$C_t + m_t + d_t + b_t^P + tcr_t b_t^* = w_t N_t + \frac{m_{t-1}}{\Pi_t} + \frac{R_{t-1}^D}{\Pi_t} d_{t-1} + \frac{R_t}{\Pi_t} b_{t-1}^P + \frac{R_t^F}{\Pi_t^*} tcr_t b_{t-1}^* + j_t^D + j_t^B + j_t^K + \frac{T_t}{P_t} \quad (4)$$

donde $\Pi_t = \frac{P_t}{P_{t-1}}$ es la tasa de inflación bruta.

El lagrangeano asociado a este problema es:

$$L = E_t \sum_{s=0}^{\infty} \beta^s \left\{ \left[\frac{\varepsilon_t^c \tilde{C}^{1-\sigma}}{1-\sigma} - \mu_t^N \frac{N_t^{1+\eta_N}}{1+\eta_N} + \eta_x \ln(\tilde{m}_t^\nu \tilde{d}_t^{1-\nu}) \right] - \right.$$

$$\lambda_{t+s}[C_t + m_t + d_t + b_t^P + tcr_t b_t^* - w_t N_t - \frac{m_{t-1}}{\Pi_t} - \frac{R_{t-1}^D}{\Pi_t} d_{t-1} - \frac{R_t}{\Pi_t} b_{t-1}^P - \frac{R_t^F}{\Pi_t^*} tcr_t b_{t-1}^* - j_t^D - j_t^B - j_t^K - \frac{T_t}{P_t}]$$

El hogar elige C_t , N_t , m_t , d_t , b_t^P y b_t^* . Las condiciones de primer orden son:

$$\frac{\partial L_t}{\partial C_t} : \varepsilon_t^c (C_t - h_c C_{t-1})^{-\sigma} = \lambda_t \quad (5)$$

$$\frac{\partial L_t}{\partial N_t} : \mu_t^N N_t^{\eta_N} = \lambda_t w_t \quad (6)$$

$$\frac{\partial L_t}{\partial m_t} : \eta_X v \frac{1}{m_t - h_m m_{t-1}} = \lambda_t - \beta E_t \left\{ \frac{\lambda_{t+1}}{\Pi_{t+1}} \right\} \quad (7)$$

$$\frac{\partial L_t}{\partial d_t} : \eta_X (1 - v) \frac{1}{d_t - h_d d_{t-1}} = \lambda_t - \beta E_t \left\{ \lambda_{t+1} \frac{R_t^D}{\Pi_{t+1}} \right\} \quad (8)$$

$$\frac{\partial L_t}{\partial b_t^P} : \lambda_t = \beta E_t \left\{ \lambda_{t+1} \frac{R_t}{\Pi_{t+1}} \right\} \quad (9)$$

$$\frac{\partial L_t}{\partial b_t^*} : \lambda_t = \beta E_t \left\{ \lambda_{t+1} \frac{R_t^F}{\Pi_{t+1}^*} \frac{tcr_{t+1}}{tcr_t} \right\} \quad (10)$$

3.2. Productores del bien final

El producto consumido por los hogares, el gobierno y los productores de bienes de capital (en forma de bienes de inversión) es un bien compuesto (bien final) producido por empresas que contratan la producción de bienes domésticos e importados. Estos productores operan en un mercado competitivo y son tomadores de precios. La tecnología de agregación es una CES del bien doméstico y el bien importado:

$$Y_t^T = [\Lambda^{\frac{1}{\eta}} X_t^D]^{\frac{\eta-1}{\eta}} + (1 - \Lambda)^{\frac{1}{\eta}} X_t^F]^{\frac{\eta-1}{\eta}}]^{\frac{\eta}{\eta-1}} \quad (11)$$

donde $\Lambda \in (0,1)$, X_t^D y X_t^F son las demandas del producto doméstico e importado, respectivamente. Mientras que η es la elasticidad de sustitución entre las canastas de bienes domésticos e importados. Las canastas están definidas por:

$$X_t^i = \left\{ \int_0^1 [X_{jt}^i]^{\frac{\epsilon^i-1}{\epsilon^i}} dj \right\}^{\frac{\epsilon^i}{\epsilon^i-1}} \quad (12)$$

donde $\epsilon^i > 1$ es la elasticidad de sustitución entre los diferentes bienes intermedios domésticos ($i = D$), o entre los bienes importados ($i = F$), según sea el caso. Mientras que X_{jt}^i es la cantidad del bien intermedio tipo j de la categoría i .

El problema de esta firma representativa para cada variedad de bienes intermedios es:

$$\max_{X_{jt}^i} P_t^i X_t^i - \int_0^1 P_{jt}^i X_{jt}^i dj, \quad i = D, F \quad (13)$$

Sujeto a (13). La demanda por el bien Y_{jt}^i es:

$$X_{jt}^i = \left(\frac{P_{jt}^i}{P_t^i} \right)^{-\epsilon^i} X_t^i, \quad i = D, F \quad (14)$$

El Índice de precios asociado es:

$$P_t^i = \left[\int_0^1 (P_{jt}^i)^{1-\epsilon^i} dj \right]^{\frac{1}{\epsilon^i-1}}, \quad i = D, F \quad (15)$$

Asimismo, el productor toma como datos los precios de los bienes domésticos y los bienes importados para maximizar la función de beneficios:

$$\max_{x_t^D, x_t^F} P_t^T Y_t^T - P_t^D X_t^D - P_t^F X_t^F \quad (16)$$

De las condiciones de primer orden se obtienen las demandas de ambos tipos de bienes:

$$X_t^D = \Lambda \left(\frac{p_t^D}{p_t^T} \right)^{-\eta} Y_t^T \quad (17)$$

$$X_t^F = (1 - \Lambda) \left(\frac{p_t^F}{p_t^T} \right)^{-\eta} Y_t^T \quad (18)$$

Donde $p_t^D = \frac{P_t^D}{P_t}$ y $p_t^F = \frac{P_t^F}{P_t}$ son precios relativos.

El Índice de precios p_t^T es:

$$p_t^T = [\Lambda p_t^{D^{1-\eta}} + (1 - \Lambda) p_t^{F^{1-\eta}}]^{\frac{1}{1-\eta}} \quad (19)$$

El precio (relativo) de los bienes importados se determina con un mecanismo de ajuste parcial, para permitir el traspaso incompleto del tipo de cambio.

$$p_t^F = tcr_t^{\mu^F} (p_{t-1}^F)^{1-\mu^F} \quad (20)$$

Donde $tcr_t = \frac{S_t P_t^*}{P_t}$, es el tipo de cambio real.

3.3. Productores de bienes domésticos

Estos productores combinan capital y trabajo en una función de producción Cobb-Douglas para producir una variedad perecible que es vendida a los productores de bienes finales en un mercado con competencia monopolística o es exportada.

$$Y_{jt}^D = A_t N_{jt}^{1-\alpha} K_{jt}^\alpha \quad (21)$$

Donde Y_{jt}^D es la producción del bien doméstico proveniente de la empresa j , A_t es la productividad total de factores, N_{jt} es empleo contratado por esta firma y K_{jt} es el acervo de capital utilizado en el proceso productivo. α es la participación del capital en la función de producción.

A inicios de cada periodo estos productores rentan capital de los productores de bienes de capital al precio r_t^K y contratan trabajo directamente de los hogares. Cada firma j toma prestada una cantidad $L_{j,t}^W$ del banco a inicios de periodo para pagar los salarios por adelantado:

$$L_{jt}^W = W_t N_{jt} \quad (22)$$

Los préstamos son contratados para el pago de capital de trabajo y no involucran ningún riesgo y son hechos a la tasa que refleja solamente el costo marginal de tomar prestado del banco R_t . Estos préstamos son pagados en su totalidad al final del periodo.

El problema de optimización de estos agentes lo resuelven en dos etapas:

- 1) Dados precios factores de producción, minimizan costo total dada la función de producción y con esto obtienen cantidad óptima de factores a contratar.
- 2) Determinación del precio de venta del bien producido.

Etapas 1: minimización de costos de producción

$$\min_{N_{jt}, K_{jt}} R_t W_t N_{jt} + R_t^K K_{jt} \quad (23)$$

Sujeto a la tecnología

$$Y_{jt}^D = A_t N_{jt}^{1-\alpha} K_{jt}^\alpha \quad (24)$$

El lagrangiano es:

$$L_t = -R_t W_t N_{jt} - R_t^K K_{jt} + \psi_{jt} (A_t N_{jt}^{1-\alpha} K_{jt}^\alpha - Y_{jt}^D) \quad (25)$$

Las condiciones de primer orden son:

$$\frac{\partial L_t}{\partial N_{jt}} : w_t = (1 - \alpha) m c_{jt} \frac{Y_{jt}^D}{R_t N_{jt}} \quad (26)$$

$$\frac{\partial L_t}{\partial K_{jt}} : r_t^K = \alpha m c_{jt} \frac{Y_{jt}^D}{K_{jt}} \quad (27)$$

Donde $w_t = \frac{W_t}{P_t}$, $r_t^K = \frac{R_t^K}{P_t}$ y $m c_{jt} = \psi_{jt}/P_t$, son el salario real, la tasa de renta del capital (real) y los costos marginales reales, respectivamente.

Manipulando la condición de minimización de costos y usando la demanda de factores, se obtiene que el costo marginal es una función de la productividad, los precios de los factores y la tasa de financiamiento de la nómina laboral de la empresa.

$$m c_t = \frac{1}{A_t} \left(\frac{R_t W_t}{1-\alpha} \right)^{1-\alpha} \left(\frac{r_t^K}{\alpha} \right)^\alpha \quad (28)$$

Note que el costo marginal (real) es el mismo para todas las empresas, debido a que solo depende de variables que están dadas para todas las firmas.

En cuanto al problema de fijación de precios, el mecanismo considerado es el de Calvo (1983) y Yun (1996). En este marco se considera que en cada periodo el total de empresas

productoras de bienes domésticos se dividen en dos grupos: aquellas que pueden maximizar beneficios modificando de manera óptima el precio del bien que producen, mientras el otro grupo mantiene fijo el precio al nivel anterior o indexa al nivel de inflación agregada del periodo pasado. Formalmente, se define $1 - \phi$ como la probabilidad que tiene una empresa de ajustar precios. Las empresas que ajustan precios estiman el mismo maximizando el valor presente de los beneficios esperados a ese nivel de precios, dada la demanda por el bien producido y los costos marginales. El factor de descuento relevante es: $\phi \beta^s \frac{u'(C_{t+s})}{u'(C_t)}$; es decir, el que valora los beneficios futuros en términos de unidades de bienes de consumo de los hogares, quienes al final son los que reciben los beneficios generados por estas empresas. En ese sentido, el problema dinámico es:

$$\max_{P_{jt}^D} E_t \sum_{s=0}^{\infty} (\beta \phi)^s \frac{u'(C_{t+s})}{u'(C_t)} \left[\frac{P_{jt}^D}{P_{t+s}^D} \left(\frac{P_{jt}^D}{P_{t+s}^D} \right)^{-\epsilon_D} Y_{t+s}^D - mc_{t+s} \left(\frac{P_{jt}^D}{P_{t+s}^D} \right)^{-\epsilon_D} Y_{t+s}^D \right] \quad (29)$$

Reescribiendo:

$$\max_{P_{jt}^D} E_t \sum_{s=0}^{\infty} (\beta \phi)^s \frac{u'(C_{t+s})}{u'(C_t)} \left[P_{jt}^{D^{1-\epsilon_D}} P_{t+s}^{D^{\epsilon_D-1}} Y_{t+s}^D - mc_{t+s} P_{jt}^{D^{-\epsilon_D}} P_{t+s}^{D^{\epsilon_D}} Y_{t+s}^D \right] \quad (30)$$

La condición de primer orden es:

$$(1 - \epsilon_D) P_{jt}^{D^{-\epsilon_D}} E_t \sum_{s=0}^{\infty} (\beta \phi)^s u'(C_{t+s}) P_{t+s}^{D^{\epsilon_D-1}} Y_{t+s}^D + \epsilon_D P_{jt}^{D^{-\epsilon_D-1}} E_t \sum_{s=0}^{\infty} (\beta \phi)^s u'(C_{t+s}) mc_{t+s} P_{t+s}^{D^{\epsilon_D}} Y_{t+s}^D = 0 \quad (31)$$

Simplificando

$$P_{jt}^D = \frac{\epsilon_D}{\epsilon_D - 1} \frac{E_t \sum_{s=0}^{\infty} (\beta \phi)^s u'(C_{t+s}) m c_{t+s} P_{t+s}^D \epsilon_D Y_{t+s}^D}{E_t \sum_{s=0}^{\infty} (\beta \phi)^s u'(C_{t+s}) P_{t+s}^D \epsilon_D^{-1} Y_{t+s}^D} \quad (32)$$

Note que esta condición es la misma para todas las empresas optimizadoras. Por tanto, $P_t^{D*} = P_{jt}^D$.

Escribiendo de manera más compacta:

$$P_{jt}^{D*} = \frac{\epsilon_D}{\epsilon_D - 1} \frac{F_{1t}}{F_{2t}} \quad (33)$$

donde

$$\begin{aligned} F_{1t} &= u'(C_t) m c_t P_t^{D \epsilon_D} Y_t^D + \phi \beta F_{1t+1} \\ F_{2t} &= u'(C_t) P_t^{D \epsilon_D - 1} Y_t^D + \phi \beta F_{2t+1} \end{aligned}$$

Combinando con la definición de Índice de precios

$$P_t^D = [\int_0^1 (P_{jt}^D)^{1-\epsilon^D} dj]^{\frac{1}{\epsilon^D - 1}} \quad (34)$$

y la ecuación de fijación óptima de precios de las $1 - \phi$ empresas que sí pueden fijar precios, se obtiene:

$$P_t^D = [\phi \{(\Pi_{t-1})^{\mu_\pi} P_{t-1}^D\}^{1-\epsilon^D} + (1 - \phi) P_t^{D* 1-\epsilon^D}]^{\frac{\epsilon^D - 1}{\epsilon^D}} \quad (35)$$

Donde μ_π es el grado de indexación de las expresas que no optimizan en el periodo t , sino que ajustan el precio actual, al precio observando del periodo anterior actualizado con la inflación agregada de la economía del $t - 1$.

3.4. Productores de bienes de capital

La producción de bienes de capital es realizada por una empresa que adquiere el bien compuesto de la empresa productora de bienes finales, y los utiliza como bienes de inversión para producir un bien de capital que luego es vendido en el mercado de factores a los productores de bienes finales en condiciones de competencia perfecta. La acumulación del acervo agregado de capital sigue la siguiente regla:

$$K_{t+1} = \exp(\varepsilon_t^I) I_t + (1 - \delta) K_t - \frac{\Theta_K}{2} \frac{(K_{t+1} - K_t)^2}{K_t} \quad (36)$$

Con $K_t = \int_0^1 K_{jt} dj$, y ε_t^I un choque de eficiencia *i. i. d* sobre el nivel de inversión. El tercer término de la derecha resalta el hecho de que existen costos de ajuste que debe incurrir el productor de capital para modificar el acervo de capital de un periodo a otro.

Asimismo, para financiar la producción de este bien intermedio, el productor de bienes de capital financia la adquisición de bienes de inversión a través de un préstamo adquirido en el sistema bancario, pues se asume que los bienes de inversión deben ser pagados por adelantado y la tasa bruta de interés es R_t^L . El monto a pedir prestado equivale al valor de los bienes de inversión:

$$L_t^I = P_t I_t \quad (37)$$

Al igual que Agenor y cols. (2015), se asume que el repago del préstamo es incierto y ocurre con una probabilidad $q_t \in$

(0,1). Si el préstamo es pagado en su totalidad, el costo de comprar bienes finales para propósito de inversión es: $R_t^L P_t I_t$. Si hay "default", este ocurre con probabilidad $(1 - q_t)$, definida como una situación donde el productor de bienes de capital pierde el colateral usado para endeudarse. El colateral es $\kappa P_t K_t$, donde $\kappa \in (0,1)$ es la proporción del capital cedido como colateral al banco. Dado lo anterior, el pago esperado del préstamo es:

$$q_t R_t^L P_t I_t + (1 - q_t) \kappa P_t K_t \quad (38)$$

El problema de maximización es:

$$\max_{I_{t+s}} E_t \sum_{s=0}^{\infty} \beta^s \lambda_{t+s} \frac{J_{t+s}^K}{P_{t+s}} \quad (39)$$

sujeto a (37), donde:

$$J_{t+s}^K = P_{t+s} r_{t+s}^K K_{t+s} - (q_{t+s} R_{t+s}^L P_{t+s} I_{t+s} + (1 - q_{t+s}) \kappa P_{t+s} K_{t+s}) \quad (40)$$

La condición de primer orden produce la determinación de la tasa de renta del capital:

$$E_t r_{t+1}^K = q_t R_t^L E_t \left[1 + \Theta_K \left(\frac{K_{t+1} - K_t}{K_t} \right) \right] + \beta E_t \frac{\lambda_{t+1}}{\lambda_t} \{ (1 - q_{t+1}) \kappa - q_{t+1} R_{t+1}^L [(1 - \delta) + \frac{\Theta_K}{2} ((\frac{K_{t+1}}{K_t})^2 - 1)] \} \quad (41)$$

Es decir, el retorno esperado del capital es una función de la tasa de interés de préstamos actual y futura la tasa de probabilidad de repago del préstamo y la proporción del acervo de capital usado como colateral.

3.5. Bancos comerciales

En esta economía, el financiamiento que necesitan las empresas domésticas y los productores de bienes de capital es gestionado por el sistema bancario. La hoja de balance del sistema bancario está compuesta de depósitos, préstamos y reservas obligatorias (encaje legal). Al principio del periodo t , los bancos recolectan depósitos D_t de los hogares. Estos fondos son utilizados para prestar a las empresas que producen bienes de capital y a los productores de bienes intermedios domésticos, los cuales usan estos fondos para comprar bienes para propósitos de inversión y para pagar la nómina. El total de fondos prestados viene dado por:

$$L_t = \int_0^1 L_{jt}^W dj + L_t^I = P_t(w_t N_t + I_t) \quad (42)$$

Con $N_t = \int_0^1 N_{jt} dj$ la demanda agregada de trabajo.

Los bancos operan en competencia perfecta, con una tecnología caracterizada por una función de costos $\xi_t^B \Psi(D_t, L_t^I)$, donde ξ_t^B es una variable exógena y Ψ es una función creciente, convexa, lineal y homogénea tal que:

$$\Psi(D_t, L_t^I) = \phi_0 + \phi_d D_t + \phi_L L_t^I - 2\phi_{DL} (D_t L_t^I)^{1/2} \quad (43)$$

donde $\Psi > 0$; $\Psi_L > 0$; $\Psi_D > 0$; $\Psi_{LL} > 0$; $\Psi_{DD} > 0$; $\Psi_{DL} < 0$

El banco comercial mantiene reservas en el banco central por concepto de encaje legal (RR_t). Por simplicidad se asume que el capital del sistema bancario es cero, y hay inyecciones del banco central (L_t^B). El balance del sistema bancario es:

$$L_t + RR_t = D_t + L_t^B \quad (44)$$

Siendo $RR_t = \mu_t D_t$, donde μ_t es la tasa de encaje. El banco es neutral al riesgo y elige L_t y D_t para maximizar sus dividendos J_t^B :

$$\max_{\{L_{t+s}^I, D_{t+s}\}_{s=0}^{\infty}} E_t \sum_{s=0}^{\infty} \frac{\lambda_{t+s}}{\lambda_t} \beta^s J_{t+s+1}^B \quad (45)$$

donde $E_t \frac{\lambda_{t+s}}{\lambda_t} \beta^s J_{t+s+1}^B$ es el beneficio esperado al final del periodo $t + s$. Por tanto, estos beneficios se pueden expresar como:

$$E_t(J_{t+s}^B) = [R_t^L \left(\frac{L_t^I}{P_t}\right) q_t + (1 - q_t) \kappa K_t - \left(\frac{L_{t+1}^I}{P_{t+1}}\right)] + (1 + \mu_{t+1}) D_{t+1} - R_t^D D_t - R_t \left(\frac{L_t^B}{P_t}\right) - \xi_{t+1}^B \Psi(D_{t+1}, L_{t+1}^I) \quad (46)$$

Las condiciones de primer orden son:

$$[L_t^I]: -1 - \xi_t^B \Psi_L + E_t \frac{\lambda_{t+s}}{\lambda_t} \beta^s q_t R_t^I = 0 \quad (47)$$

Note que la probabilidad de pago, q_t afecta de forma inversa a la tasa de préstamos, de forma que un aumento en dicha probabilidad disminuye la tasa.

$$[D_t]: (1 - \mu_t) - \xi_t^B \Psi_D - E_t \frac{\lambda_{t+s}}{\lambda_t} \beta^s R_t^D = 0 \quad (48)$$

Donde Ψ_L y Ψ_D son las derivadas parciales de la función de costos del banco respecto a los préstamos y depósitos:

$$\Psi_L = \phi_L - \phi_{DL} \left(\frac{D_t}{L_t} \right)^{1/2} \quad (49)$$

$$\Psi_D = \phi_D - \phi_{DL} \left(\frac{D_t}{L_t} \right)^{1/2} \quad (50)$$

3.6. Banco Central

El balance del banco central consiste por el lado de los activos en reservas internacionales ($S_t R_t^F$), bonos del gobierno (B_t^{BC}) y préstamos a los bancos comerciales (L_t^{BC}). Mientras que por el lado de los pasivos consiste en efectivo (M_t) y los requerimientos de reservas (encaje legal) (RR_t). Es decir,

$$E_t R_t^F + B_t^{BC} + L_t^{BC} = M_t^S + RR_t \quad (51)$$

A pesar de que el tipo de cambio es flexible, el banco central tiene preferencias por estabilizar el tipo de cambio e interviene en el mercado cambiario ajustando el valor de la moneda extranjera de sus reservas:

$$R_t^{F,T} = (P_t^* Y_t^F)^{\phi_1^R} \left(\frac{S_t}{S_{t-1}} \right)^{\phi_2^R} \quad (52)$$

Donde $\phi_1^R, \phi_2^R > 0$. Las reservas observadas evolucionan como:

$$R_t^F = (R_t^{F,T})^{\psi^R} (R_{t-1}^F)^{1-\psi^R} \quad (53)$$

De esta manera, la regla de reservas posee dos canales: uno comercial y otro cambiario, donde el banco central aumentaría sus reservas ante un incremento del valor nominal de las importaciones y disminuye reservas ante una depreciación del tipo de cambio real.

Usando la definición de requerimiento de reservas se obtiene la evolución de la oferta de dinero:

$$M_t^S = S_t R_t^F + B_t^{BC} + L_t^{BC} - \mu_t D_t \quad (54)$$

Los ingresos generados por el Banco Central de sus reservas internacionales y los préstamos a los bancos son transferidos al gobierno al final de cada periodo. El efecto de las fluctuaciones del tipo de cambio, se registran fuera de la hoja de balance.

De esta manera, la implementación de la política monetaria se hace a través de tres instrumentos: (1) Regla de intervención cambiaria usando la regla expuesta en la ecuación (52).

(2) Regla de tasa de política monetaria. Es decir, fijando la tasa de financiamiento y provee una oferta infinita de préstamos a los bancos a través de una facilidad permanente:

$$R_t = R_{t-1}^{1-\rho_i} [R(\frac{\Pi_t}{\Pi})^{\phi_\pi} (\frac{Y_t^T}{Y^T})^{\phi_y} (\frac{S_{t+1}}{S_t})^{\phi_s}]^{\rho_i} \exp(\varepsilon_t^R) \quad (55)$$

Donde R es la tasa (bruta) nominal neutral de estado estacionario, Π es la meta de inflación.

(3) Regla de encaje, que en su versión más sencilla es:

$$\mu_t = \rho_\mu \mu_{t-1} + (1 - \rho_\mu) \mu + \varepsilon_t^\mu \quad (56)$$

Luego, esta regla es ampliada de forma que considera la razón de préstamos sobre el PIB, en la sección de política óptima.

3.7. Gobierno

El gobierno compra el bien final y emite bonos sin riesgo de un periodo para financiar el déficit. No acumula deuda externa. Su restricción presupuestaria viene dada por:

$$B_t = R_t B_{t-1}^P + B_{t-1}^{BC} + P_t(G_t - T_t) - (R_t^* - 1)S_t R_{t-1}^F \quad (57)$$

Donde el volumen total de bonos del gobierno es:

$$B_t = B_t^P + B_t^{BC} \quad (58)$$

Se asume que el gasto público es exógeno y una proporción fija de la producción del bien final.

$$G_t = s_g Y_t^T \quad (59)$$

3.8. Resto del mundo

La definición de tipo de cambio real es:

$$p_t^F = \frac{P_t^F}{P_t} = \frac{s_t P_t^*}{P_t} = tcr_t \quad (60)$$

Por su parte, la tasa de interés externa relevante depende de la tasa externa libre de riesgo y del premio por riesgo, que es una función de la desviación del nivel de activos externos netos de los hogares respecto de su nivel de estado estacionario:

$$R_t^F = R_t^* \exp(\phi_B(-b_t^* + \bar{b} + \varepsilon_t^b)) \quad (61)$$

Las firmas domésticas exportan una parte de la producción:

$$X_t^{D*} = \left(\frac{P_t^D}{s_t P_t^*}\right)^{-\eta^*} Y_t^* = \left(\frac{p_t^D}{tcr_t}\right)^{-\eta^*} Y_t^* \quad (62)$$

3.9. Agregación y equilibrio de mercados

Para cerrar el modelo, se tiene que la productividad evoluciona como un proceso AR (1)

$$\ln A_t = \rho_A \ln A_{t-1} + (1 - \rho_A) \ln A_S + \varepsilon_A \quad (63)$$

El equilibrio en el mercado de factores de producción garantiza que $N_t = N_{jt}$ y que $K_t = K_{jt}$. Para cada firma productora del bien doméstico se tiene que la oferta de su producto es igual a la demanda:

$$Y_{jt}^D = \left(\frac{p_{jt}^D}{P_t}\right)^{-\epsilon^D} Y_t^D \quad (64)$$

Reemplazando el lado derecho por la función de

$$A_t N^{(1-\alpha)} K_t^\alpha = \left(\frac{p_{jt}^D}{P_t}\right)^{-\epsilon^D} Y_t^D \quad (65)$$

Agregando, se obtiene la producción total del bien doméstico:

$$Y_t^D = \frac{A_t N_t^{1-\alpha} K_t^\alpha}{\vartheta_t} \quad (66)$$

Donde $\vartheta_t = \int_0^1 \left(\frac{p_{jt}^D}{P_t}\right)^{-\epsilon^D} dj$ es una medida de dispersión de precios. Debido a que $\vartheta_t > 1$, entonces la dispersión de precios se traduce en una pérdida de producto. A mayor inestabilidad de precios, mayor dispersión, y por tanto mayor la pérdida de producto. De ahí la importancia de la estabilidad de precios.

La producción doméstica se destina al mercado local o se exporta:

$$Y_t^D = X_t^D + X_t^{D*} \quad (67)$$

El equilibrio en el mercado de bienes garantiza que la producción total del bien final se destine al consumo de los hogares, al gasto del gobierno y al consumo de bienes de inversión:

$$Y_t^T = C_t + I_t + G_t + \xi_t \Psi_t \quad (68)$$

Donde el último término surge de la pérdida generada por la fricción por costos de la banca.

Combinando las restricciones presupuestarias de los hogares y el gobierno, así como las condiciones de beneficio de las firmas, se obtiene la restricción agregada o balanza de pagos de la economía, la cual es escrita en términos reales y de precios relativos:

$$tcr_t aen_t = \frac{tcr_t aen_{t-1}}{\Pi_t^*} + p_t^D X_t^D - p_t^F X_t^F \quad (69)$$

donde aen_t son los activos externos netos (en términos reales):

$$\begin{aligned} aen_t &= r_t^F + b_t^F \\ aen_t &= \frac{AEN_t}{P_t^*} \\ r_t^F &= \frac{R_t^F}{P_t^*} \\ b_t^F &= \frac{B_t^F}{P_t^*} \end{aligned}$$

La regla cambiaria en términos reales es:

$$\begin{aligned} r_t^{F,T} &= (\phi_1 p_t^{F*} X_t^F)^{\psi^F} (1 + tcr_t)^{-\psi_1^F} \\ r_t^F &= (r_t^{F,T})^{\phi_R} (r_{t-1}^F)^{1-\phi_R} \end{aligned}$$

Por su parte la balanza comercial es:

$$tb_t = p_t^D X_t^{D*} - tcr_t X_t^F \quad (70)$$

Finalmente, la probabilidad de repago es una función del colateral y volumen de préstamos (es decir, el apalancamiento) y la posición cíclica de la economía.

$$q_t = \left(\frac{\kappa K_t}{L_t^I}\right)^{\varphi_1} \left(\frac{Y_t^T}{Y^T}\right)^{\varphi_2} \quad (71)$$

4. Estimación

En esta sección se presenta la estrategia de estimación del modelo especificado en la sección anterior. La estrategia consiste en la calibración de algunos parámetros de preferencias usando información de la literatura de modelos DSGE en economías pequeñas y abiertas, y la estimación utiliza técnicas bayesianas, para inferir a través de los datos los parámetros relacionados a las desviaciones estándar de los choques y sus persistencias, así como de algunos parámetros estructurales relacionados al comportamiento persistente de las variables del modelo o asociados a variables de las cuales se dispone información muestral.

Existe una amplia literatura sobre estimación de modelos DSGE que explota las técnicas de econometría bayesiana en la estimación de los parámetros de modelos espacio estado usando el filtro de Kalman (Ruge-Murcia (2007), Fernández-Villaverde (2010), Ireland (2004), entre otros).

Se utilizan 17 series de tiempo macroeconómicas como variables observables: quince variables domésticas (la diferencia logarítmica del PIB, el consumo privado, las exportaciones, las

importaciones, consumo público, formación bruta de capital, las reservas internacionales brutas, el M1 real, los depósitos de la banca en términos reales, el IPC y el tipo de cambio nominal RD\\$/US\$, así como la tasa de interés interbancaria, la tasa de interés activa y la tasa pasiva, ambas promedio ponderado) y tres series foráneas (diferencia logarítmica del PIB externo y el IPC externo y la tasa de interés de fondos federales como proxy de la tasa externa libre de riesgos). Una descripción completa de las ecuaciones de medida correspondientes y de los datos se muestran en el apéndice A.1 y A.2, respectivamente.

4.1. Parámetros calibrados

Se calibra el factor de descuento $\beta = 0.984$, asociado una tasa interbancaria promedio de 6.6%. La tasa de depreciación se calibra δ igual a 2.5%, siguiendo a Fernández-Villaverde (2010), mientras que $\Lambda = 0.7$ siendo este el peso de los bienes domésticos en la producción del bien final. Este último parámetro se estima viendo el peso promedio de las importaciones sobre la demanda doméstica de la muestra 2007-2019.

4.2. Parámetros estimados

La estimación se realiza por métodos bayesianos, el cual asume a los parámetros desconocidos como variables aleatorias. Se requiere de dos tipos información para la estimación: una distribución a priori y la función de verosimilitud. La primera aporta información extramuestral sobre el valor probable del parámetro, mientras que la segunda condensa la información contenida en los datos de dicho parámetro.

La selección de las distribuciones prior de las desviaciones estándar de los shocks se seleccionaron de la manera más

armonizada posible. Se asume que la distribución sea una Gamma-Inversa con media igual a 0.1 y una varianza infinita. En el caso de las persistencias de los procesos AR (1), se especificaron distribución Beta con media 0.7 y desviación estándar 0.1. Las Tablas 1 y 2 resumen los resultados de la estimación.

Tabla 1. Resultados de la estimación posterior

Parámetros	Tipo	Prior		Posterior	
		Media	s.d.	Moda	s.d.
ρ_a	Beta	0.700	0.100	0.980	0.011
ρ_{Y^*}	Beta	0.700	0.100	0.914	0.033
ρ_{π^*}	Beta	0.700	0.100	0.522	0.092
ρ_{R^*}	Beta	0.700	0.100	0.600	0.809
ρ_R	Beta	0.700	0.100	0.492	0.023
ρ_μ	Beta	0.800	0.100	0.790	0.070
ϕ_D	Beta	0.650	0.100	0.979	0.002
ϕ_m	Normal	0.700	0.100	0.952	0.015
σ	Gamma	1.000	0.100	1.067	0.095
η_N	Gamma	1.000	0.100	1.008	0.097
η	Gamma	2.000	0.100	2.023	0.086
h	Beta	0.500	0.100	0.628	0.059
ϕ	Beta	0.750	0.100	0.621	0.030
ϕ_π	Gamma	2.000	0.100	2.063	0.106
ϕ_x	Gamma	0.500	0.100	0.465	0.075
ϕ_e	Gamma	0.500	0.100	0.473	0.064
α	Gamma	0.350	0.100	0.504	0.040

Θ_K	Gamma	14.00	0.100	13.93	0.198
ϕ_B	Gamma	0.050	0.100	0.048	0.011
ϕ^{rf}	Gamma	0.200	0.100	0.217	0.105
ψ_1^{rf}	Gamma	0.500	0.100	0.535	0.103

Tabla 2. Resultados de la estimación posterior

Pará- metros	Tipo	Prior		Posterior	
		Media	s.d.	Moda	s.d.
σ_{ε^a}	Inv. Gamma	0.100	Inf	0.026	0.005
σ_{ε^c}	Inv. Gamma	0.100	Inf	0.038	0.010
σ_{ε^I}	Inv. Gamma	0.100	Inf	0.037	0.007
σ_{ε^G}	Inv. Gamma	0.100	Inf	0.014	0.001
σ_{ε^D}	Inv. Gamma	0.100	Inf	0.449	0.519
$\sigma_{\varepsilon^{\pi^*}}$	Inv. Gamma	0.100	Inf	0.007	0.001
$\sigma_{\varepsilon^{Y^*}}$	Inv. Gamma	0.100	Inf	0.008	0.001
σ_{ε^R}	Inv. Gamma	0.100	Inf	0.055	0.001
$\sigma_{\varepsilon^{R^*}}$	Inv. Gamma	0.100	Inf	0.016	0.001
$\sigma_{\varepsilon^{\mu}}$	Inv. Gamma	0.100	Inf	0.018	0.002
$\sigma_{\varepsilon^{xi_B}}$	Inv. Gamma	0.100	Inf	0.023	0.003
$\sigma_{\varepsilon^{rft}}$	Inv. Gamma	0.100	Inf	0.225	0.024
$\sigma_{\varepsilon^{md}}$	Inv. Gamma	0.100	Inf	0.790	0.294
$\sigma_{\varepsilon^{dd}}$	Inv. Gamma	0.100	Inf	0.058	0.034
$\sigma_{\varepsilon^{risk}}$	Inv. Gamma	0.100	Inf	0.039	0.023
σ_{ε^N}	Inv. Gamma	0.100	Inf	0.028	0.095
$\sigma_{m_{exp}}$	Inv. Gamma	0.010	Inf	5.068	0.473
$\sigma_{m_{imp}}$	Inv. Gamma	0.100	Inf	3.546	0.333
$\sigma_{m_{il}}$	Inv. Gamma	0.010	Inf	0.004	0.012
$\sigma_{m_{id}}$	Inv. Gamma	0.001	Inf	0.237	0.023
$\sigma_{m_{de}}$	Inv. Gamma	0.010	Inf	0.005	0.008

Log Densidad de los datos: -1724.00

5. Propiedades del modelo

Una vez estimado el modelo con los datos de la economía dominicana, el siguiente paso es analizar sus propiedades en términos de caracterización, a través de funciones impulso - respuesta (IRF), de la reacción de las variables macroeconómicas más importantes a los choques que con mayor frecuencia están presentes en la discusión sobre el comportamiento de una economía pequeña y abierta como la dominicana. En particular, surge el interés en observar la propagación de choques provenientes de los instrumentos de política monetaria. El apéndice A contiene las IRF de distintas variables del modelo a los choques de productividad, política monetaria, y tasa de interés externa.

5.1. Choque de productividad

Ante un choque positivo a la productividad total de factores, los costos marginales que enfrentan los productores domésticos caen, incrementando así las productividades marginales de los factores trabajo y capital; es decir, aumenta la eficiencia de los factores y así el producto de la economía. Asimismo, el incremento en la eficiencia de los factores aumenta el consumo e inicialmente reduce el esfuerzo laboral de los hogares, por el efecto ingreso de mayor productividad.

En una economía abierta con rigideces de precios, la inflación se contrae gradualmente y el banco central reacciona reduciendo la tasa de política monetaria, alimentando el ciclo expansivo y la depreciación del tipo de cambio real, es decir, se enfrenta a la disyuntiva clásica que plantea un choque de oferta.

Otros mecanismos de transmisión importantes en esta economía son los canales externo y financiero, que amplifican el impacto de este choque. La depreciación real gatilla las

exportaciones y genera un comportamiento procíclico de la balanza comercial. Dada la regla de importaciones y cambiaria, el banco central se encuentra ante otra disyuntiva: por un lado, acumular reservas para mantener la relación reservas internacionales y meses de importaciones, y, por otro lado, frenar la depreciación del tipo de cambio real reduciendo reservas. En términos netos, las estimaciones sugieren que las reservas aumentan incrementando los activos externos netos de la economía.

Un amplificador de choques importante opera a través de los bancos. La mejora en la perspectiva de la actividad económica disminuye el riesgo de default de los agentes endeudados (i.e. productores de bienes domésticos y productores de bienes de capital). Junto con la reducción de la tasa de política monetaria, la reducción del riesgo reducen las tasas de mercado incentivando la acumulación de capital (i.e. incremento de la inversión) y expandiendo la demanda de empleo.

5.2. Choque de política monetaria

En el modelo especificado en la sección anterior, el banco central dispone de varios instrumentos para implementar la política monetaria y cambiaria: tasa de política monetaria, encaje legal (requerimiento de reservas) y reservas internacionales. Por lo tanto, en el modelo existen distintas fuentes de innovaciones monetarias. En esta sección se analiza lo que sería considerado un choque monetario convencional, un incremento no anticipado de la tasa de política monetaria.

Dadas las fricciones incorporadas en el modelo, los efectos de un choque monetario se manifiestan por diferentes canales. Debido a la rigidez de precios, la tasa de interés real aumenta reduciendo el consumo presente de los hogares, y por esa vía la demanda y el producto de la economía. La contracción del

producto reduce la demanda de factores y los costos marginales presentes y futuros. En consecuencia, la inflación se ajusta a la baja.

En una economía abierta, el mecanismo descrito es potenciado por la apreciación real debido al diferencial de tasas de interés reales. Esta apreciación reduce la inflación total, a través del impacto de los precios de bienes importados. En adición, la apreciación contrae las exportaciones y se verifica un comportamiento procíclico de la balanza comercial. Endógenamente, las preferencias por estabilidad en el tipo de cambio del banco central inducen una acumulación de reservas internacionales.

Finalmente, las rigideces financieras amplifican los impactos descritos anteriormente. Por un lado, el incremento de la tasa de política se traspa a las tasas de mercado, encareciendo el financiamiento del capital de trabajo de los productores de bienes domésticos y de capital. Por otro lado, la contracción de la actividad afecta el valor de las garantías incrementando el riesgo de default reduciendo la oferta de crédito y contrayendo aún más la economía.

5.3. Choque de tasa de interés externa

El choque de tasa de interés externa es uno de los más discutidos en el análisis de economías pequeñas y abiertas, debido a su frecuencia y sus implicancias en términos de manejo óptimo de los instrumentos de política monetaria y cambiaria. Es un choque que plantea una disyuntiva a un banco central: estabilizar la inflación y el tipo de cambio o estimular la actividad económica.

El incremento de la tasa de interés externa afecta de manera negativa las condiciones externas de la economía. El primer efecto es sobre el tipo de cambio, que se deprecia y dada la rigidez de precios, deprecia el tipo de cambio real. El banco

central sube la tasa de política monetaria para contener la inflación lo que profundiza la contracción del producto, el consumo y la inversión. Sin embargo, la depreciación real estimula las exportaciones y hace que la balanza comercial sea contracíclica. Como las exportaciones son generadas por el sector que produce el bien doméstico, la demanda de factores incrementa y ejerce presión sobre el salario real, la tasa de renta del capital y en consecuencia sobre los costos marginales.

En respuesta a la depreciación real, el banco central interviene el mercado cambiario y las reservas disminuyen. A través de este instrumento, se logra contener el efecto sobre el tipo de cambio.

5.4. Decomposición histórica

Otro de los ejercicios para probar la capacidad de ajuste del modelo a los datos, consiste en computar la descomposición histórica de las variables del modelo en términos de los choques considerados. De esta manera se valida la estimación de los parámetros del modelo y de la importancia relativa de los choques inferidos a través de los datos. Esta descomposición permite identificar la contribución de cada choque (o grupo de choques) a la evolución de las series macroeconómicas en cada período de la muestra considerada. El apéndice B contiene la descomposición histórica del crecimiento trimestral del PIB, el consumo privado, la inversión, así como de la inflación del IPC, la tasa de política monetaria y la variación relativa del tipo de cambio nominal. Los choques fueron agrupados en choques de oferta (incluye: productividad, márgenes, costos de ajuste capital, eficiencia del trabajo), choques de demanda (incluye todos los choques de preferencias, de eficiencia de la inversión y de gasto público), choques monetarios (incluye: política monetaria, encaje y reservas internacionales), externos (incluye:

demanda externa, tasas de interés externa, inflación importada, premio por riesgo) y errores de medición.

En el caso del crecimiento del PIB, los choques de oferta explican distintos episodios, seguido en importancia por los choques monetarios. Estos últimos son importantes en los periodos de recuperación del ritmo de crecimiento. Cuando se observa la descomposición del consumo privado y la inversión, destaca el impacto de los choques de demanda sobre la mayor proporción de las fluctuaciones.

Relativo a la inflación, la descomposición de choques muestra que las variaciones de esta son una combinación de choques monetarios y de oferta, sugiriendo el carácter doméstico del fenómeno inflacionario, al menos directamente.

6. Política monetaria óptima con múltiples instrumentos y choques

Los bancos centrales poseen varios objetivos: macroeconómicos, macroprudenciales, cambiarios y financieros; y utilizan un conjunto de instrumentos con el fin de alcanzarlos. Entre los objetivos macroeconómicos, se encuentran controlar la volatilidad de la inflación y el crecimiento económico. A su vez, los objetivos financieros consisten en mantener una senda estable de los préstamos de la economía, niveles de morosidad, u otras metas macroprudenciales que están asociadas a la estabilidad del sistema financiero. Mientras, los objetivos cambiarios buscan reducir la volatilidad del tipo de cambio. Dado estas metas, los bancos centrales definen un conjunto instrumentos de política que, a través del mecanismo de transmisión, logren alcanzar dichos objetivos de la forma más eficiente. Esto justifica que, ante múltiples metas, se combinen múltiples instrumentos, que es lo que hoy se le denomina políticas no convencionales.

Tras el choque de Covid, el cual representó una combinación de choques de oferta y demanda, muchos bancos centrales han estado utilizando diversos instrumentos no convencionales, con el fin de apaciguar sus efectos económicos. Particularmente la República Dominicana, ha ampliado sus medidas de reducción de tasas de interés, reduciendo también las tasas de encaje, provisionando liquidez, así como utilizando las reservas internacionales para acomodar las fluctuaciones extremas cambiarias, principalmente por efectos sobre la inflación. Sin embargo, no existe a la fecha un trabajo que provea un fundamento cuantitativo sobre la importancia del uso de distintos instrumentos no convencionales ante la presencia de múltiples choques. En este sentido, esta sección intenta responder dos preguntas: cuáles instrumentos (o combinación de ellos) son los más apropiados ante diversos choques de oferta y demanda?Cuál es la política óptima en un escenario de alta incertidumbre como el del Covid?

Para responder estas interrogantes, este trabajo analiza un modelo DSGE con características de una economía pequeña y abierta como la dominicana, que incluye dos tipos de instrumentos no convencionales: políticas de encaje y políticas cambiarias. Así, adicional a la regla de Taylor convencional, se introduce una regla cambiaria que tiene dos objetivos, uno comercial y otro cambiario. El objetivo comercial consiste en aumentar el nivel de reservas a medida que aumente el valor nominal de las importaciones; mientras que el objetivo financiero busca vender (comprar) reservas cuando se deprecia (aprecia) el tipo de cambio. Por último, introduce fricciones financieras que ayudan a amplificar el mecanismo de transmisión de choques comunes en la literatura de economías pequeñas y abiertas, y agrega un sector de la banca para incorporar la política de encaje. De esa manera, dado que se posee el mecanismo relevante para caracterizar una economía como la

dominicana, este modelo permite responder cuáles instrumentos (o combinación de estos) puede utilizar un banco central para alcanzar sus múltiples objetivos ante la ocurrencia de distintos choques económicos, tanto domésticos como externos.

La estrategia utilizada para abordar la pregunta sobre política monetaria óptima se basa en Lama y Medina (2020) y Agenor y cols. (2015). En primer lugar, se define una función objetivo que resuma las variables de interés del banco central. Una forma sencilla de hacer esto consiste en especificar una función de pérdida, la cual suma las volatilidades de las variables macroeconómicas. En segundo lugar, se minimiza esta función de pérdida, sujeto a los instrumentos que dispone la autoridad monetaria. En tercer lugar, se realizan simulaciones estocásticas con los choques caracterizados en el modelo, de forma que se determine la trayectoria de las variables claves ante distintas combinaciones de instrumentos y ante diversas fluctuaciones económicas. Con estas simulaciones, se computan las varianzas de las variables objetivo y así la función de pérdida del banco central, considerando como política óptima aquella que minimice dicha función.

En el problema base, el objetivo del banco central es minimizar la siguiente función de pérdida (Loss), la cual se utilizaría como el indicador para discriminar entre políticas:

$$\min Loss = var(Y_t^T) + var(\Pi_t) + var(S_t) + 0.2var(\Delta R_t) + 0.2var(\Delta R_t^F) + 0.2var(\Delta \mu_t) \quad (72)$$

donde $var(Y_t^T)$ representa la varianza incondicional del producto, $var(\Pi_t)$ la de la inflación, $var(S_t)$ la del tipo de cambio real. Estas tres variables representan el conjunto de variables objetivos, para los cuales se desea minimizar su volatilidad (varianza). Además, se introducen los instrumentos de política en la función de pérdida, con el fin

de capturar la idea de que el hacedor de política también desea minimizar los cambios bruscos en los instrumentos, no obstante, prioriza minimizar la volatilidad de sus variables objetivos claves (Juillard (2011)). Así, las variables $var(\Delta R_t)$, $var(\Delta R_t^F)$, $var(\Delta \mu_t)$ denotan la varianza en la tasa de política, las reservas y la tasa de encaje, respectivamente. Note que los instrumentos poseen pesos relativos (en este caso de 0.2) inferior a los de la inflación, crecimiento y tipo de cambio, reflejando así la prioridad del banco central en minimizar la volatilidad de sus variables macroeconómicas claves¹.

Para minimizar la función de pérdida, el banco central utiliza los siguientes instrumentos:

$$\begin{aligned}
 R_t &= R_{t-1}^{1-\rho_i} [R(\frac{\Pi_t}{\Pi})^{\phi_\pi} (\frac{Y_t^T}{Y^T})^{\phi_y} (\frac{S_{t+1}}{S_t})^{\phi_s}]^{\rho_i} \exp(\varepsilon_t^R) \\
 r_t^{F,T} &= (\phi_1 p_t^{F*} X_t^F)^{\psi^F} (1 + tcr_t)^{-\psi^F} \\
 \mu_t &= \mu_{t-1}^{\rho_\mu} (\frac{Y_t^T}{Y^T})^{\frac{L_t}{L}} \chi_\mu^{(1-\rho_\mu)} \varepsilon_t^\mu \quad (73)
 \end{aligned}$$

asignando valores óptimos a los parámetros que gobiernan las reacciones sistemáticas de los instrumentos a las variables objetivos. En otras palabras, para minimizar la función de

1 Si bien una discusión interesante es la de incorporar los pesos en la minimización de la función objetivo, en este trabajo se introducen pesos relativos siguiendo a Juillard (2011), dado que se entiende que el hacedor de política manifiesta sus preferencias a través de estos pesos, y más bien optimiza sus decisiones en base a los mismos. Note además que, para simplificar el problema, se asignan los mismos pesos a la inflación, tipo de cambio y crecimiento, sin embargo, se esperará que, en un régimen de esquemas de metas de inflación, el hacedor de política desee priorizar minimizar la volatilidad de la inflación sobre las demás variables.

pérdida, el banco central asignará distintos valores a los siguientes parámetros:

- Los parámetros asociados a la regla de Taylor $\{\rho_i, \phi_\pi, \phi_y, \phi_s\}$
- Los de la regla de reservas $\{\phi_1, \psi^F, \psi_1^F, \psi^R\}$, y por último,
- Los asociados a la política macroprudencial de encaje $\{\rho_\mu, \chi_\mu\}$ ².

Luego, con el fin de analizar el desempeño de distintas combinaciones de instrumentos, se definen cuatro combinaciones de reglas monetarias:

1. Regla Taylor + Regla de Encaje + Regla de reservas, donde el banco central utilizaría la regla monetaria, macroprudencial y cambiaria, con el fin de minimizar su función de pérdida.
2. Regla Taylor + Reserva, esto es solo se utilizan la regla de política monetaria y cambiaria, sin política macroprudencial.
3. Regla de Taylor, donde solo se usa la política monetaria, en ausencia de instrumentos adicionales, y por último,
4. Regla Taylor + Regla de Encaje.

Estas medidas de política parten de la idea de que en una economía pequeña y abierta como la dominicana, pero con esquema de metas de inflación, el banco central se enfrentaría a la disyuntiva de acomodar los distintos choques utilizando su

2 Note que para este ejercicio de política óptima se expande la ley de movimiento de la tasa de encaje (56) de forma que responda de forma sistemática a cambios en la razón de préstamos sobre PIB.

tasa de política monetaria convencional en conjunto o no de otros instrumentos no convencionales, como encaje y reservas, que sirven así de señal, reforzando el mecanismo de transmisión.

Por último, dado que distintos choques pueden hacer más o menos deseable el uso de distintas combinaciones de instrumentos, en la medida en que el mecanismo de transmisión de estas fluctuaciones posea efectos distintos sobre las variables claves, se procede a simular la economía dominicana en base a estas cuatro combinaciones de política monetaria y ante la presencia de choques comunes. Por último, se añade un escenario llamado Covid que combina múltiples choques de oferta y de demanda, tanto locales como externos.

Es importante señalar que, para dilucidar la relativa optimalidad entre los instrumentos ante distintos choques, se computó la razón entre las funciones de pérdida de las medidas monetarias respecto a la regla de Taylor. En este sentido, sea $Loss^{Taylor}$ la función de pérdida obtenida en un escenario donde el banco central solo utiliza la política convencional, y sea $Loss^{Taylor+Enc}$ la función de pérdida cuando el banco central utiliza la combinación de política convencional y no convencional de encaje se computa $\omega^{Taylor+Enc} = \frac{Loss^{Taylor+Enc}}{Loss^{Taylor}}$. De esta manera, si ω^i con $i = \{Taylor + Enc, Taylor + Enc + Res, Taylor + Res\}$ es menor a 1, se interpreta que la combinación de la política no convencional es mejor que la alternativa de solo utilizar la política convencional. Asimismo, con estos ratios de las funciones de pérdida respecto a la política de Taylor, es posible proveer una medida cuantitativa de optimalidad relativa de implementar políticas múltiples no convencionales.

A continuación se resume el resultado de las simulaciones de política monetaria no convencional, considerando choques que podemos catalogar como de oferta.

Tabla 3. Resultados de la función de pérdida ante choques de oferta

Reglas	Choques Do- mésticos				Choques Externos	
	Pro- ducti- vidad	Cos- tos	Banca	Em- pleo	Infla- ción Ex- terna	PIB Ex- terno
Taylor	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Tay- lor+En- caje	0.554	1.370	0.684	0.986	1.928	1.032
Tay- lor+Re- serva	0.517	1.010	0.732	0.951	0.715	0.766
Taylor+En- caje+Re- serva	0.164	1.494	0.601	0.951	0.758	0.735

Fuente: Resultado de las simulaciones.

En la Tabla 3 se observa el ratio de las funciones de pérdida de los múltiples instrumentos no convencionales respecto a la política convencional, ante seis choques de oferta, cuatro de ellos domésticos y dos externos. De este modo, aquella combinación de reglas monetarias no convencionales que refleje el menor ratio es el que se considera como óptimo.

Por ejemplo, ante choques de productividad, la política monetaria óptima es una donde se utiliza una combinación de la regla de Taylor+Encaje+Reservas. En efecto, esta combinación de instrumentos permite alcanzar una volatilidad macroeconómica 83% menor que la alternativa de utilizar solo una regla monetaria convencional (Taylor). Adicionalmente, si se observa la volatilidad del PIB, inflación y el tipo de cambio, de forma individual, tras este choque (Ver apéndice D.1), se ve que la regla óptima es capaz de minimizar la varianza del PIB, no obstante, la regla de Taylor+Encaje es la que minimiza la

volatilidad de la inflación y del tipo de cambio. En otras palabras, si el hacedor de políticas estuviera más interesado en minimizar la volatilidad cambiaria e inflacionaria, la regla de Taylor+Encaje sería la más apropiada, a costo de mayor volatilidad del PIB.

Del mismo modo, la política Taylor+Encaje+Reservas es la combinación óptima ante la realización de choques de la Banca y tras un choque del PIB externo. En efecto, se observan ganancias que superan el 20% de la alternativa de solo utilizar una medida de política convencional. De igual modo, si el banco central se concentrase solo en minimizar la varianza de la inflación tras un choque de la Banca, la política monetaria óptima sería combinación de Taylor+Reservas (Ver apéndice D, Figura 12). Mientras que tras un choque de PIB externo, la medida Taylor+Encaje+Reservas sigue siendo la política que minimiza la volatilidad tanto de la inflación como la del tipo de (Ver apéndice D, Figura 16).

En lo que respecta a la medida no convencional de Taylor+Reservas, esta corresponde a la política óptima tras choques de inflación externa, los cuales están más asociados a una volatilidad cambiaria y comercial, en la medida en que cambios en la inflación externa induzcan a un aumento en el costo de las importaciones y a una depreciación del tipo de cambio. La regla de reservas, la cual posee ambos mecanismos (comerciales y cambiarios) responde aumentando las reservas, para amortiguar el efecto neto sobre ambos canales. Esta combinación de instrumentos es capaz de reducir la varianza del PIB (Ver apéndice Tabla D12) y a la vez implica menos costos en términos de cambios en los instrumentos (ya que el banco central no tendría que incurrir en cambios de tasa de encaje, y aun así alcanzar una menor volatilidad del PIB). Sin embargo, si el banco central solo se enfocara en reducir la varianza de la inflación, la política óptima sería la de Taylor+Encaje+Reserva.

Por su parte, tras un choque de empleo, el banco central puede ser indiferente entre perseguir una política de Taylor+Encaje+Reserva y Taylor+Reserva, pues ambas sugieren las mismas ganancias respecto a una política monetaria convencional. Por último, solo en el caso de choques asociados a cambios en los márgenes de costos de las firmas, la política monetaria convencional resulta ser la óptima.

A continuación, se realiza el análisis, observando solo choques de demanda:

Tabla 4. Resultados política monetaria óptima bajo choques de demanda					
Reglas	Choques Domésticos				Choques Externos Tasa Ex- terna
	Pre- fe- renci as	Gasto Go- bierno	Riesgo	PM	
Taylor	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Taylor+Encaje	0.790	0.793	1.188	1.036	0.974
Taylor+Reserva		0.886		1.001	0.792
	0.877		0.997		
Taylor+En- caje+Reserva	0.736	0.743		1.038	0.792
			1.174		

Fuente: Resultado de las simulaciones.

Tras simular los efectos en la economía con choques de demanda no simultáneos, la Tabla 4 muestra que de 5 choques analizados, tres de ellos son acomodados de forma óptima al utilizar la combinación de políticas no convencionales Taylor+Encaje+Reserva. En efecto, esta regla es capaz de minimizar la varianza macroeconómica obtenida en un escenario donde la economía se vea afectada por choques de preferencias, o por choques de tasa externa o por choques de gasto del gobierno, obteniéndose así mejoras en torno al 30% respecto a una

política monetaria convencional. Mientras, como es de esperarse, tras un choque de riesgo, que genera una depreciación y es a la vez inflacionario, la política que mejor acomoda al choque es una de Taylor+Reserva. Por último, solo tras un choque de política monetaria, la política óptima es la convencional.

Al analizar las varianzas de la inflación tras la simulación de los choques de demanda, se ve que si el banco central se concentrara solo en minimizar la varianza de esta variable, se obtuvieran mejores resultados con una política de Taylor+Reserva tras choques de preferencias, gasto del gobierno y tasa externa (Ver apéndice D figura 17, 18 y 19, respectivamente). Sin embargo, esta política se encuentra asociada a una mayor volatilidad del crecimiento. Mientras, que tras un choque de riesgo, la política de Taylor+Encaje también logra minimizar la varianza de la inflación (Ver apéndice D figura 20 y Tabla D13).

A continuación, la Tabla 5 muestra el análisis de política monetaria óptima con múltiples instrumentos y múltiples choques simultáneos, con el fin de simular un escenario Covid. De esta manera, el ejercicio permite responder cuáles la política óptima que debe perseguir un banco central ante las implicancias macroeconómicas que se derivan de la crisis del Covid, caracterizado por choques simultáneos de demanda y oferta.

Tabla 5. Ejercicio de Política Monetaria óptima
bajo Escenario Covid

Reglas	Variables Objetivos			Instrumentos			Ratio
	$\text{Var}(Y_t^T)$	$\text{Var}(\Pi_t)$	$\text{Var}(t_{cr_t})$	$\text{Var}(\Delta R_t)$	$\text{Var}(\Delta R_t^F)$	$\text{Var}(\Delta \mu_t)$	
Taylor	0.197	0.022	0.021	0.002			1.000
Taylor+Encaje	0.162	0.000	0.015	0.000		0.013	0.752
Taylor+Reserva	0.062	0.040	0.022	0.004	0.010	0.525	
Taylor+Encaje+Reserva	0.063	0.001	0.013	0.000	0.035	0.085	0.355

Fuente: Resultado de las simulaciones escenario Covid.

El escenario Covid combina choques tanto de oferta como de demanda. Se introducen choques de productividad, de PIB externo, de costos de la banca, de empleo y de preferencias. Por un lado, el choque de productividad reflejaría el impacto sobre el producto por el lado del incremento en los costos marginales, que propician reducciones en las productividades marginales de los factores de producción de capital y de trabajo, produciendo así una contracción del producto y aumento en los costos de producción de las empresas. El choque de empleo, representa la menor oferta de trabajo, que se produce debido a la menor disposición por trabajar de los agentes (note que este efecto es distinto al choque de demanda por menores puestos de trabajo). El choque de PIB externo refleja la contracción global de la producción de los países socio comerciales y sus repercusiones sobre la balanza comercial. El choque de costos de la banca introduce la mayor dificultad de los intermediarios financieros en otorgar préstamos y recolectar depósitos, debido a dificultades, como la asimetría información (en otras palabras, a los bancos les cuesta otorgar préstamos pues se les dificulta discriminar los que pueden pagar o no en el futuro). Por último, el choque de preferencias introduce en el mecanismo la

menor demanda por la mayor incertidumbre de los agentes y su aversión a contagiarse, lo cual se traduce en menor consumo.

Tras definir el escenario Covid, se procede a simular la economía dominicana, de forma que el banco central utilice distintas combinaciones de reglas óptimas, y luego se comparan las funciones de pérdida, de forma que aquella combinación de instrumentos que alcance una menor pérdida (y por ende una menor volatilidad macroeconómica) se considera como la política óptima en dicho escenario. La tabla 5 muestra la varianza de las variables objetivos (inflación, tipo de cambio y crecimiento) y la varianza de los instrumentos, ante las distintas combinaciones de reglas. Por último, se muestra el ratio entre las funciones de pérdida de cada régimen de múltiples instrumentos no convencionales respecto a la regla de Taylor convencional.

La Tabla 5 sugiere que las mayores ganancias en términos de volatilidad macro en un escenario Covid se obtienen implementando políticas monetarias no convencionales, particularmente aquella que utiliza la regla de Taylor + una regla de reservas internacionales + regla de encaje. En efecto, estas medidas no convencionales muestran mejorías de 60% respecto a un escenario donde se implementase una política convencional. En segundo lugar, la regla de Taylor+Reservas refleja las menores pérdidas, seguido de la regla de Taylor+Encaje. Es importante notar que al observar de forma individual las varianzas de las variables objetivos, la regla de Taylor+Encaje permite minimizar la varianza de la inflación y el tipo de cambio, a costo de mayor volatilidad en el producto.

Por último, si se toma en cuenta los costos a los cuales incurrir el hacedor de política al implementar las medidas no convencionales por el uso de instrumentos adicionales a la regla de Taylor, se observa que con una regla de Taylor+Encaje es posible obtener ganancias en términos de inflación y tipo de

cambio, sin tener que cambiar mucho la tasa de política monetaria, cuya varianza en dicho escenario es cero, al igual que el de las reservas). Esto refleja un *trade-off* (o disyuntiva) importante, ya que un banco central que desee minimizar la varianza de la inflación, producto y tipo de cambio requerirá de implementar políticas no convencionales, que incluyen un *mix* de reservas y reducciones en la tasa de encaje, no obstante esto implica mayores cambios en los instrumentos. Mientras que si el banco central se preocupara más por la inflación y tipo de cambio, podría sacrificar más volatilidad de crecimiento (respecto a la regla de Taylor+Encaje+Reservas) implementando una política de Taylor +Encaje que sería menos costosa (pues implica mantener sin cambios las reservas y mismos costos en términos de tasa).

Este ejercicio permite también racionalizar la supremacía de utilizar un conjunto de instrumentos no convencionales junto a la regla monetaria convencional, pues se logra alcanzar los objetivos del banco central con menos movimientos de la tasa de política. Además, el ejercicio permite cuantificar las mejoras macroeconómicas del uso de distintos instrumentos ante un choque como el del Covid, evidenciando por qué es importante que, ante la realización de múltiples choques, el banco central utilice múltiples instrumentos adicional a la regla de tasa de política.

7. Conclusiones

Este trabajo estimó un modelo DSGE adecuado para analizar la política monetaria óptima ante distintos choques de oferta y demanda, y ante múltiples instrumentos no convencionales. En primer lugar, el trabajo permitió responder cual es la política monetaria óptima ante distintas realizaciones de

choques. En particular, los resultados sugieren que ante choques de oferta, generalmente la política monetaria óptima es una donde se utiliza una combinación de la regla de Taylor+Encaje+Reservas. En efecto, tanto para el choques de productividad, choques de la Banca y tras un choque del PIB externo, esta es la que genera mayores ganancias, con volatilidad macroeconómica de hasta 83% menor que la alternativa de utilizar solo una regla monetaria convencional (Taylor). En lo que respecta a la medida no convencional de Taylor+Reservas, esta corresponde a la política óptima tras choques de inflación externa, los cuales están más asociados a una volatilidad cambiaria y comercial. En lo que respecta a la regla de Taylor+Encaje, esta es la que minimiza la volatilidad de la inflación y del tipo de cambio ante choques de productividad. Solo en el caso de choques asociados a cambios en los márgenes de costos de las firmas, la política monetaria convencional resulta ser la óptima.

Asimismo, tras analizar la economía ante distintos choques de demanda, la combinación de políticas no convencionales Taylor+Encaje+Reserva es capaz de minimizar la varianza macroeconómica obtenida en un escenario donde la economía se vea afectada por choques de preferencias, o por choques de tasa externa o por choques de gasto del gobierno, obteniendo se mejorías en torno al 30% respecto a una política monetaria convencional. Mientras, como es de esperarse, tras un choque de riesgo, que genera una depreciación y es a la vez inflacionario, la política que mejor acomoda al choque es una de Taylor+Reserva. Solo tras un choque de política monetaria, la política óptima es la convencional.

En segundo lugar, el trabajo permitió cuantificar, cual es serían las ganancias de implementar distintas políticas no convencionales, en un escenario de múltiples choques como el Covid. Se demostró que la política óptima en dicho escenario es

una combinación de la regla de Taylor+ una regla de reservas internacionales +regla de encaje. En efecto, esta combinación de instrumentos no convencionales muestran mejoras de 60% respecto a un escenario donde se implementase una política convencional. Es importante notar que al observar de forma individual las varianzas de las variables objetivos ante un escenario Covid, la regla de Taylor+Encaje permite minimizar la varianza de la inflación y el tipo de cambio, a costo de mayor volatilidad en el producto.

Por tanto, este trabajo contribuye a la literatura sobre política monetaria óptima ante múltiples instrumentos. Los resultados permiten racionalizar la supremacía de utilizar un conjunto de instrumentos no convencionales junto a la regla monetaria convencional, pues se logra alcanzar los objetivos del banco central con menos movimientos de la tasa de política.

8. Bibliografía

[1] Adam, K. y Billi, R. (2004). Optimal monetary policy under commitment with a zero bound on nominal interest rates. WP/337.

[2] Agenor, P.R., Alper, K. y Pereira da Silva, P. (2015). External Shocks, Financial Volatility and Reserve Requirements in an Open Economy. Working Papers Series, 396, 08 2015.

[3] Auerbach, A. y Obstfeld, M. (2003). The case for open market purchases in a liquidity trap.

[4] Calvo, G. (1978). On time consistency of optimal policy in a monetary economy. *Econometrica*, 46, 1411-1428.

[5] Calvo, G. (1983). Staggered prices in utility-maximizing framework. *Journal of Monetary Economics*, 12:383-98.

[6] Fernández-Villaverde, J. (2010). The econometrics of dsge models. *SERIEs*, Journal of the Spanish Economic Association, 1.

[7] Fuhrer, J.F. y Madigan, B.F. (1997). Monetary policy when interest rates are bounded at zero. *The Review of Economics and Statistics*, 79(4).

[8] Garcia-Cicco, J. y Kawamura, E. (2014). Central bank liquidity management and "unconventional" monetary policy. IDB Working Paper Series No. IDB-WP-484.

[9] Garcia-Cicco, J., Kirchner, M. y Bustel, S. (2015) chapter Domestic Financial Frictions and the Transmission of Foreign Shocks in Chile. Banco Central de Chile.

[10] Ireland, P.N. (2004). A method for taking the model to the data. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 28(6).

[11] Juillard, M. (2011). User manual for optimal policy package. MONFISPOL Report FP7, project SSH-225149.

[12] Justiniano, A. y Preston, B. (2010). Can structural small open-economy models account for the influence of foreign disturbances? *Journal of International Economics*, 81(1), 5.

[13] Lama, R. y Medina, J.P. (2020). Shocks Matter: Managing Capital Flows in Emerging Economies with Multiple Instruments. IMF Working Paper, WP/20/97.

[14] Morris, S. (2019). Poole rules: implementing monetary policy using multiple instruments. Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=3251593> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3251593>.

[15] Poole, W. (1970). Optimal choice of monetary policy instruments in a simple stochastic macro model. *Quarterly Journal of Economics*, 84.

[16] Ruge-Murcia, F.J. (2007). Methods to estimate dynamic stochastic general equilibrium models. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 31(8).

[17] Schmitt-Grohé, S. y Uribe, M. (2003). Closing small open economy models. *Journal of International Economics*, 61(1), 10.

[18] Vanhoose, D.D. (1994). Optimal choice of monetary policy instrument when policymaking is costly. *Atlantic Economic Journal*, 22.

[19] Wolman, A. (2003). Real implications of the zero bound on nominal interest rates. WP/0315

[20] Yun, T. (1996). Nominal price rigidity, money supply endogeneity, and business cycles. *Journal of Monetary Economics*, 37(2).

9. Apéndice

A. Datos

A.1. Ecuaciones de observación

Las siguientes ecuaciones de observación vinculan las series de tiempo observadas con las variables del modelo.

$$\begin{aligned}
 \log\left(\frac{PIB_t}{PIB_{t-1}}\right) &= \log\left(\frac{Y_t^T}{Y_{t-1}^T}\right); \log\left(\frac{CPr_t}{CPr_{t-1}}\right) = \log\left(\frac{C_t}{C_{t-1}}\right); \\
 \log\left(\frac{CPu_t}{CPu_{t-1}}\right) &= \log\left(\frac{G_t}{G_{t-1}}\right); \log\left(\frac{FBK_t}{FBK_{t-1}}\right) = \log\left(\frac{I_t}{I_{t-1}}\right); \\
 \log\left(\frac{IMP_t}{IMP_{t-1}}\right) &= \log\left(\frac{X_t^F}{X_{t-1}^F}\right); \log\left(\frac{EXP_t}{EXP_{t-1}}\right) = \log\left(\frac{X_t^{D^*}}{X_{t-1}^{D^*}}\right); \\
 \log\left(\frac{IPC_t}{IPC_{t-1}}\right) &= \log\left(\frac{\Pi_t}{\Pi}\right); \log\left(\frac{TCN_t}{TCN_{t-1}}\right) = \log\left(\frac{\Pi_t^S}{\Pi^S}\right); \\
 \log\left(\frac{\frac{RIB_t}{IPC_t}}{\frac{RIB_{t-1}}{IPC_{t-1}}}\right) &= \log\left(\frac{r_t^f}{r_{t-1}^f}\right); \log\left(\frac{M_t/IPC_t}{M_{t-1}/IPC_{t-1}}\right) = \log\left(\frac{m_t}{m_{t-1}}\right); \\
 \log\left(\frac{DEP_t/IPC_t}{DEP_{t-1}/IPC_{t-1}}\right) &= \log\left(\frac{d_t}{d_{t-1}}\right); \log\left(\frac{PIB_t^*}{PIB_{t-1}^*}\right) = \log\left(\frac{Y_t^*}{Y_{t-1}^*}\right); \\
 INTERBAN C_t &= \log\left(\frac{R_t}{R}\right); ACTIVA_t = \log\left(\frac{R_t^L}{R^L}\right); \\
 PASIVA_t &= \log\left(\frac{R_t^D}{R^D}\right); FFR_t = \log\left(\frac{R_t^*}{R^*}\right); \\
 ENCAJE_t &= \log\left(\frac{1+\mu_t}{1+\mu}\right);
 \end{aligned}$$

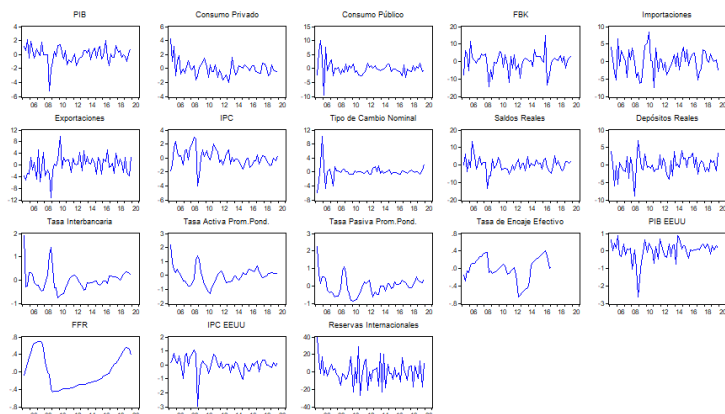
A.2. Series de tiempo

Se emplearon en la estimación del modelo 17 series de tiempo en frecuencia trimestral. La tabla A.1 describe las transformaciones de los datos y la fuente. La desestacionalización se realizó usando el TRAMO-SEATS, mientras que las series deflactadas se realizó dicha operación usando el IPC.

Tabla A.1. Series de tiempo consideradas en la estimación

Variables		Transformación	Fuente
PIB		$\Delta \log$, deestacionalizada	BCRD
Consumo	Pri- vado	$\Delta \log$, deestacionalizada	BCRD
Consumo	Pú- blico	$\Delta \log$, deestacionalizada	BCRD
FBK		$\Delta \log$, deestacionalizada	BCRD
Importaciones		$\Delta \log$, deestacionalizada	BCRD
Exportaciones		$\Delta \log$, deestacionalizada	BCRD
IPC		$\Delta \log$	BCRD
Tipo de Cambio Nominal		$\Delta \log$	BCRD
Tasa interbanca- ria		$(1 + \frac{i_t}{100})^{0.25} - 1$	BCRD
Tasa Activa Prom.Pond.		$(1 + \frac{i_t}{100})^{0.25} - 1$	BCRD
Tasa Pasiva Prom.Pond.		$(1 + \frac{i_t}{100})^{0.25} - 1$	BCRD
Reservas Interna- cionales		$\Delta \log$, deestacionalizada	BCRD
Depósitos		$\Delta \log$, deflactada, deestaciona- lizada	BCRD
M1		$\Delta \log$, deflactada, deestaciona- lizada	BCRD
IPC EE. UU.		$\Delta \log$, deestacionalizada	FRED
PIB EE. UU.		$\Delta \log$, deestacionalizada	FRED
Tasa de Fondos Federales		$(1 + \frac{i_t}{100})^{0.25} - 1$	FRED
Encaje Legal (efectivo)		$(1 + \frac{i_t}{100})^{0.25} - 1$	FRED

Gráfico 1: Series de tiempo empleadas en la estimación



B. Propiedades del modelo: funciones impulso – respuesta

Gráfico 2: Shock de productividad

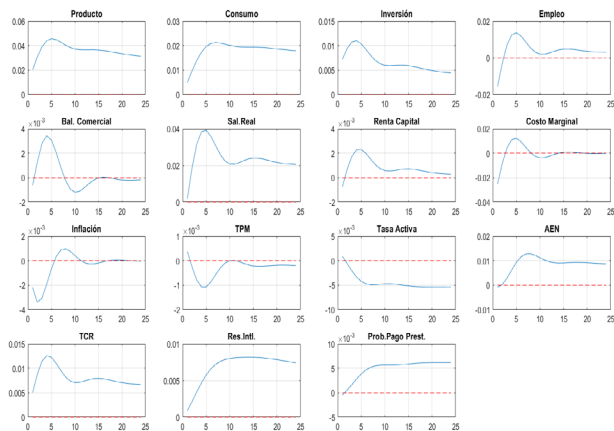


Gráfico 3: Shock de política monetaria

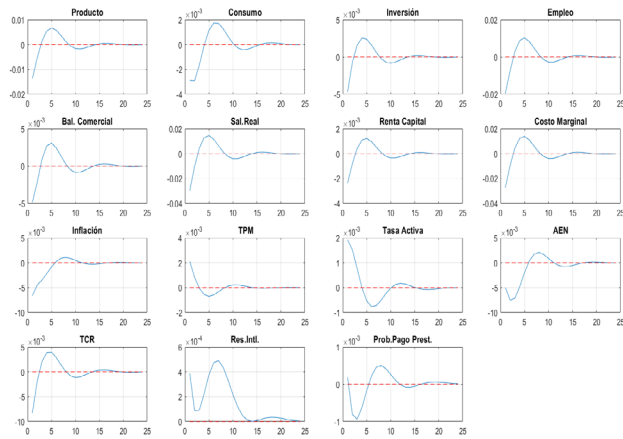
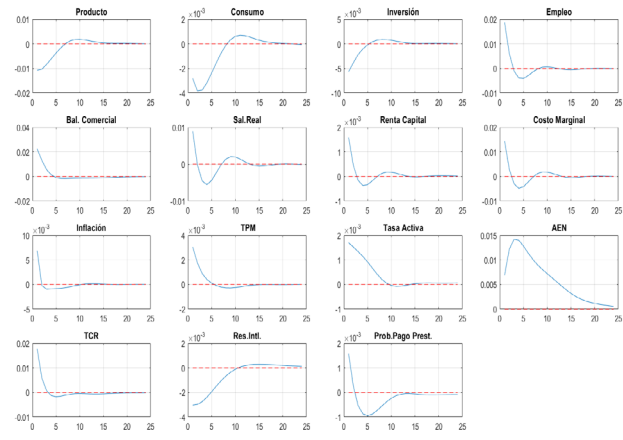


Gráfico 4: Shock de tasa de interés externa



C. Propiedades del modelo: descomposición
histórica de choques

Gráfico 5: PIB (variación trimestral, en %)

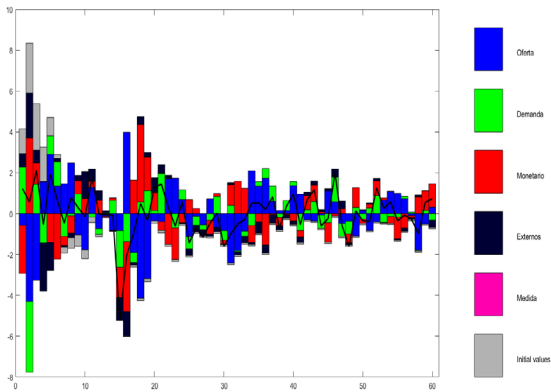


Gráfico 6: Consumo privado (variación trimestral, en %)

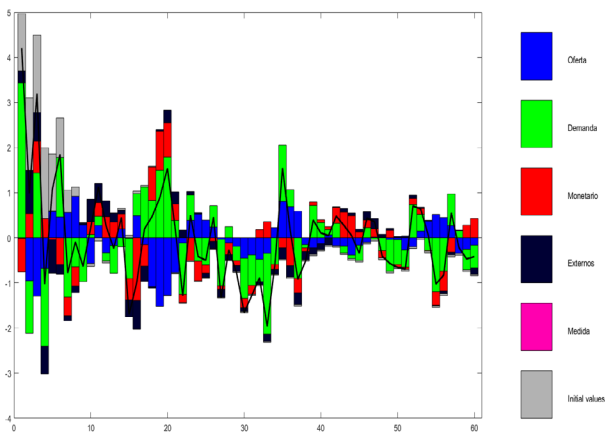


Gráfico 7: Inversión (variación trimestral, en %)

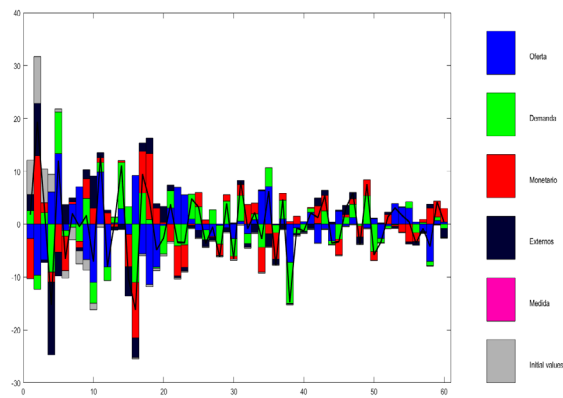


Gráfico 8: IPC (variación trimestral, en %)

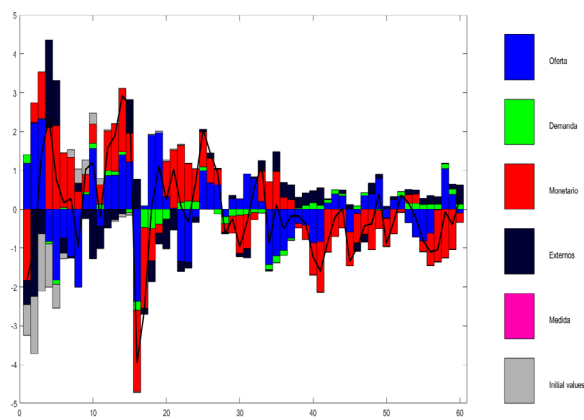


Gráfico 9: Tipo de cambio nominal (variación trimestral, en %)

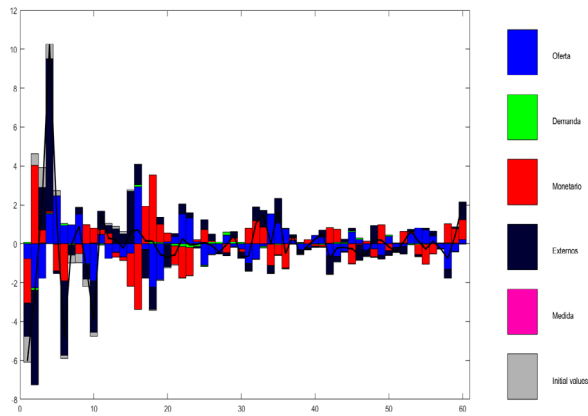
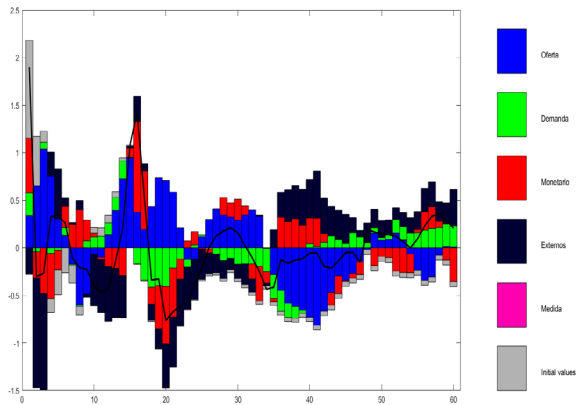


Gráfico 10: Tasa interbancaria (en %)



D. Gráficos de PM óptima ante diversos choques
(Desviaciones del SS)

Gráfico 11: PM óptima ante choque de productividad

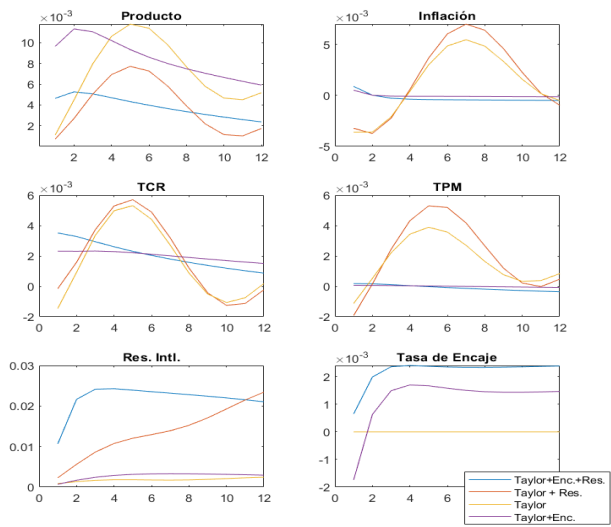


Gráfico 12: PM óptima ante choque de costos banca

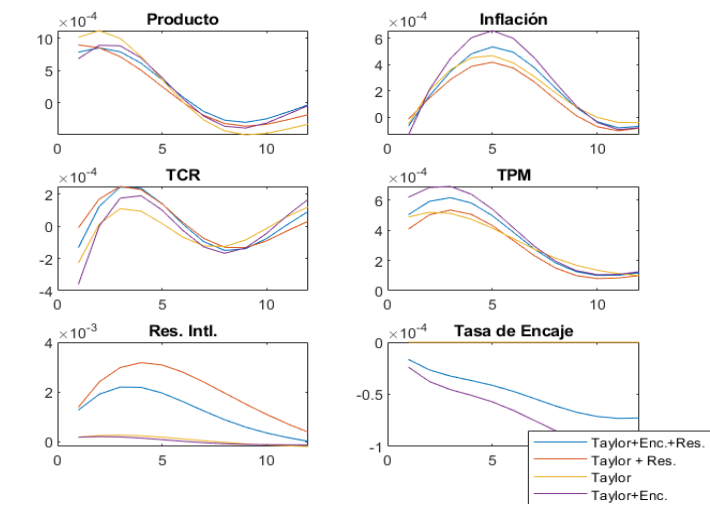


Gráfico 13: PM óptima ante choque de costos

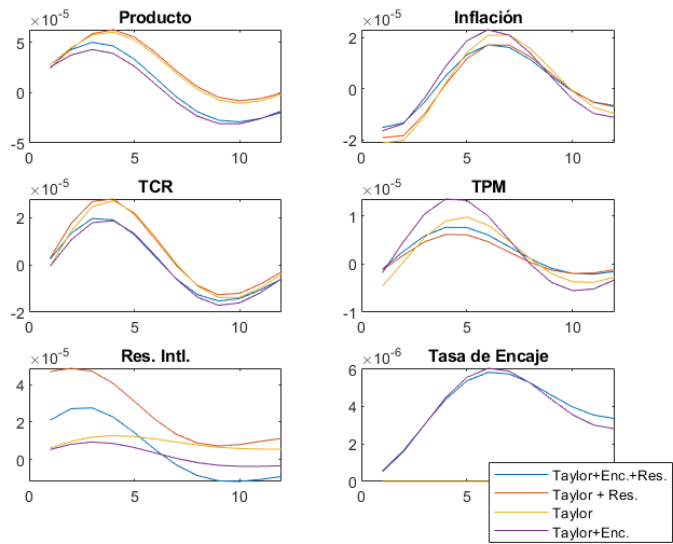


Gráfico 14: PM óptima ante choque de empleo

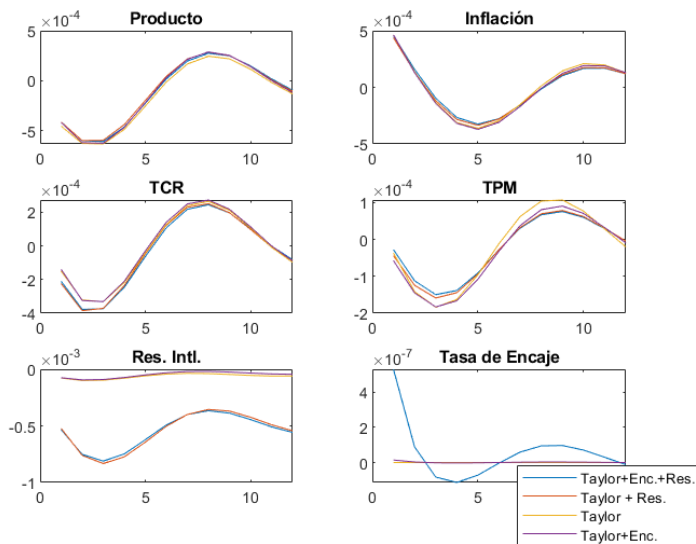


Gráfico 15: PM óptima ante choque de inflación externa

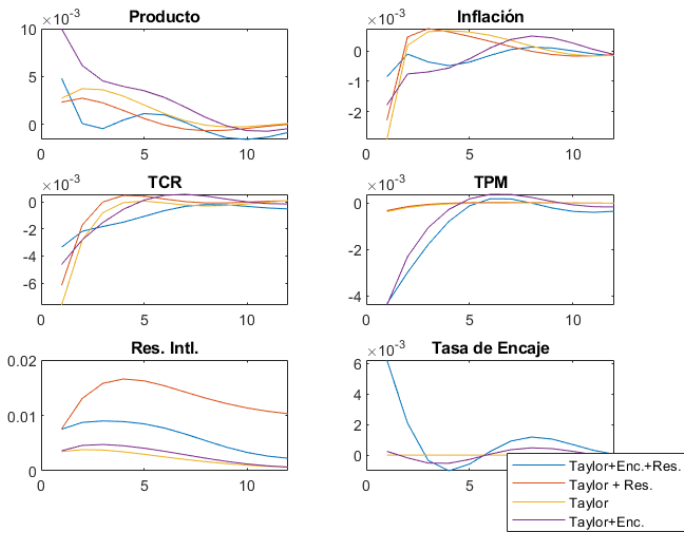


Gráfico 16: PM óptima ante choque de PIB externo

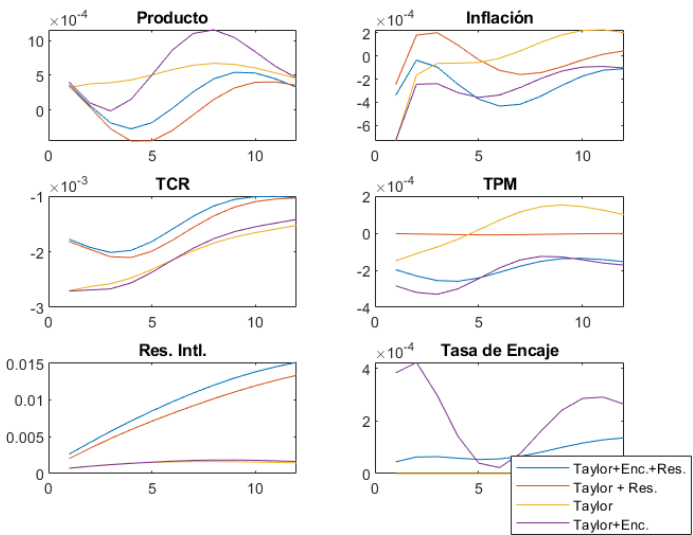


Gráfico 17: PM óptima ante choque de preferencias

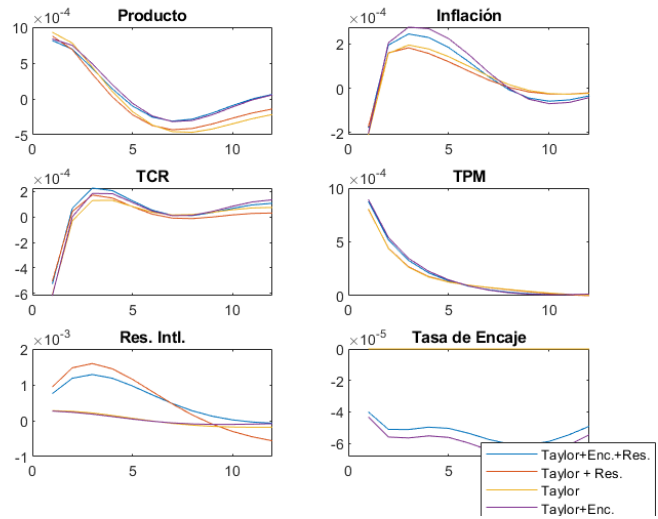


Gráfico 18: PM óptima ante choque de gasto gobierno

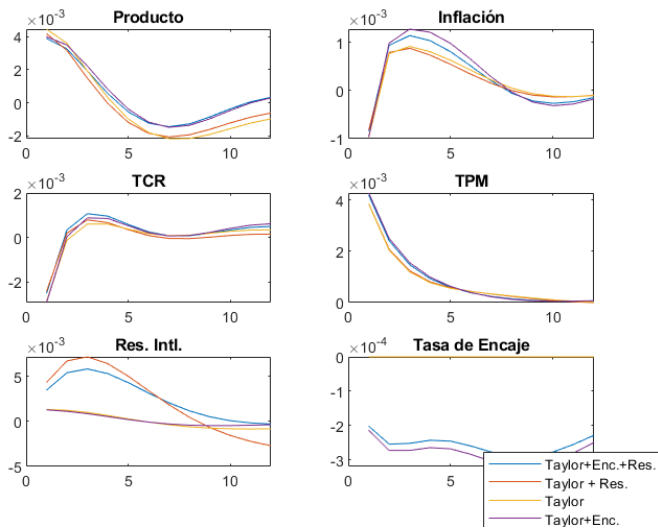


Gráfico 19: PM óptima ante choque de tasa externa

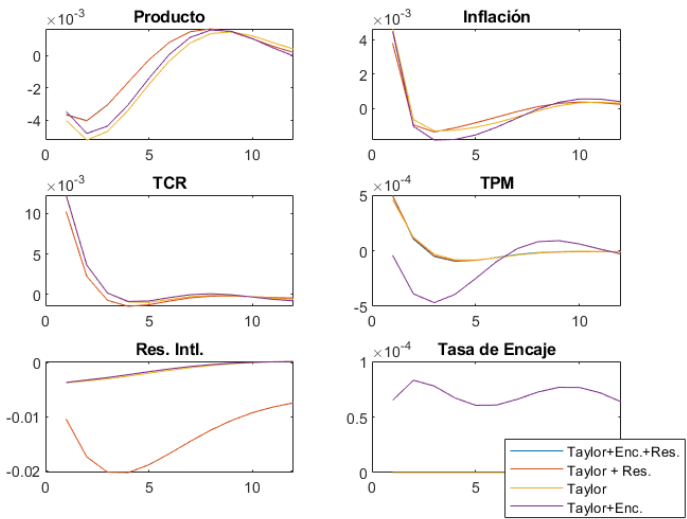
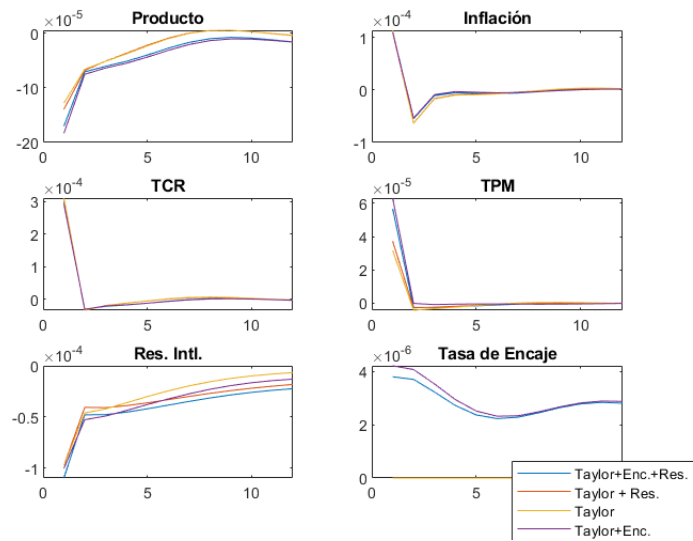


Gráfico 20: PM óptima ante choque de riesgo



D.1 Tablas resumen de volatilidades ejercicio de PM
óptima ante distintos choques

Tabla D.1.1. Ejercicio de política monetaria óptima
bajo choque productividad

Reglas	Variables Objetivos			Instrumentos			Ratio(respecto a Taylor)
	$Var(Y_t^T)$	$Var(\Pi_t)$	$Var(tcr_t)$	$Var(\Delta R_t)$	$Var(\Delta R_t^F)$	$Var(\Delta \mu_t)$	
Taylor	0.180	0.021	0.015	0.001			1.000
Taylor+Encaje	0.113	0.000	0.007	0.000		0.001	0.554
Taylor +Reservas	0.059	0.035	0.016	0.003	0.007		0.517
Taylor +Encaje+Reservas	0.022	0.002	0.007	0.000	0.025	0.000	0.164

Fuente: Resultado de las simulaciones de PM óptima.

Tabla D.1.2. Ejercicio de política monetaria óptima
bajo choque de inflación externa

Reglas	Variables Objetivos			Instrumentos			Ratio (respecto a Taylor)
	$Var(Y_t^T)$	$Var(\Pi_t)$	$Var(tcr_t)$	$Var(\Delta R_t)$	$Var(\Delta R_t^F)$	$Var(\Delta \mu_t)$	
Taylor	0.005	0.001	0.007	0.000			1.000
Taylor+Encaje	0.020	0.001	0.003	0.003		0.000	1.928
Taylor +Reservas	0.002	0.001	0.004	0.000	0.010		0.715
Taylor +Encaje+Reservas	0.004	0.000	0.002	0.002	0.006	0.006	0.758

Fuente: Resultado de las simulaciones de PM óptima.

Tabla D.1.3. Ejercicio de política monetaria óptima
bajo choque riesgo

Reglas	Variables Objetivos			Instrumentos			Ratio(respecto a Taylor)
	$Var(Y_t^T)$	$Var(\Pi_t)$	$Var(tcr_t)$	$Var(\Delta R_t)$	$Var(\Delta R_t^F)$	$Var(\Delta \mu_t)$	
Taylor	2.6E-06	1.8E-06	9.8E-06	2.3E-07			1.000
Taylor+Encaje	6.4E-06	1.5E-06	8.8E-06	8.0E-07		1.9E-09	1.188
Taylor +Reservas	2.9E-06	1.7E-06	9.5E-06	3.0E-07	1.3E-06		0.997
Taylor +Encaje+Reservas	5.9E-06	1.6E-06	9.0E-06	6.7E-07	1.6E-06	1.5E-09	1.174

Fuente: Resultado de las simulaciones de PM óptima.

QUINTA PARTE

Incidencia de la automatización en el mercado de trabajo de la República Dominicana

Sabeida Pérez Reyes
Eduardo R. Vásquez Nolasco



Sabeida Pérez Reyes

Nació en Santo Domingo el 4 de noviembre de 1997. Obtuvo el título de Licenciada en economía (Summa Cum Laude) en la Universidad Autónoma de Santo Domingo en 2019. Es Asistente de Investigación en el Instituto de Investigación Social para el Desarrollo.



Eduardo R. Vásquez Nolasco

Nació en Santo Domingo el 13 de diciembre de 1997. Licenciado en Economía por la Universidad Autónoma de Santo Domingo (UASD). Las áreas de interés son microeconomía, machine learning, econometría, estadísticas y ciencias de los datos. Actualmente es analista senior de minería de datos en Claro, en donde, utiliza técnicas cuantitativas para mejorar la toma de decisiones de la empresa. Además, se ha desempeñado como investigador en tópicos coyunturales en el Instituto de Investigación Socioeconómica (INISE) de la UASD.

Resumen

En el presente documento se estudia la incidencia de la automatización en el mercado de trabajo dominicano. Para tales fines, se analiza el efecto que esta ocasionará en la dinámica de la fuerza laboral condicionado al conjunto de características del individuo y las funciones que este desempeña en su ocupación mediante algoritmos de reglas de asociación y modelos logit. Asimismo, se recomiendan políticas enfocadas en la transición hacia la automatización en base a un clúster jerárquico. Los resultados evidencian que la automatización impactará de manera significativa el mercado de trabajo, siendo los hombres, aquellos que presentan mayor riesgo de realizar tareas que pueden ser reemplazadas por las máquinas. Adicionalmente, se destaca que los individuos con mayor grado académico tienen menor riesgo a desempeñar funciones rutinarias manuales, por ende, son menos propensos a laborar en ocupaciones automatizables. Las actividades de las macroregiones suroeste y norte son las que presentan mayor probabilidad a ser sustituidas por los robots. Además, se destaca que las ocupaciones con mayor riesgo a ser automatizadas son en las actividades agropecuarias, industria, transporte y comunicaciones, especialmente, aquellas que forman parte del sector formal.

Palabras clave: automatización, mercado de trabajo, machine learning, reglas de asociación, modelos logit, clúster jerárquico.

Clasificación JEL: O33, E24, J21, C38, C81.

1. Introducción

La tecnología ha sido históricamente vista como un complemento y un sustituto de la fuerza laboral. En ese sentido, en la actualidad esta interacción continúa generando interrogantes: la automatización del trabajo humano. La velocidad con la que avanzan los alcances de la tecnología están causando inquietudes sobre el impacto que estos pueden tener en el futuro del trabajo y como los humanos enfrentarían las posibles transformaciones. En las últimas dos décadas, varios estudios han tenido como objetivo responder ¿Cómo la automatización impacta el mercado laboral? y ¿Qué tan susceptibles son los trabajos a la automatización? (Acemoglu & Autor, 2011; Frey & Osborne, 2013; Autor D. , 2015; Arntz, Gregory, & Zierahn, 2016; Bessen J. , 2016; Acemoglu & Restrepo, 2019), para de esta forma poder sugerir políticas o soluciones que permitan aprovechar la situación.

Comprender la dinámica de interacción entre los seres humanos y la tecnología, y el impacto de esta última sobre el futuro de la humanidad, es fundamental para poder crear políticas que permitan afrontar los desafíos que traerá consigo la automatización. La literatura advierte que la automatización podría provocar efectos marcados en los mercados laborales y afectar la forma en la que actualmente interactuamos en ellos (Frey & Osborne, 2013; Bessen J. , 2015; World Economic Forum, 2016). A pesar de esto, no existe literatura nacional que determine el impacto de la automatización en el mercado de trabajo y la proporción de ocupaciones con riesgo de ser automatizadas. Por lo tanto, se dificulta la creación de políticas públicas que garanticen una transición hacia la adaptabilidad y complementariedad con la tecnología.

El objetivo de este documento es determinar la incidencia de la automatización en el mercado de trabajo dominicano. Para tales fines, se estima la tasa de ocupaciones que son susceptibles a ser automatizadas según las tareas que realiza el empleado. En ese tenor, se estudian los patrones de características de aquellos individuos que tienden a realizar tareas con alta posibilidad de automatizarse mediante algoritmos de reglas de asociación. Además, se analizan las probabilidades de que una persona realice una actividad automatizable condicionado a sus particularidades (individuales, del hogar, geográficas, educativas y actividad económica donde labora) estimando modelos logit. Adicionalmente, se examinan políticas públicas enfocadas a la transición de la automatización de países con condiciones similares a la República Dominicana, empleando un clúster jerárquico. Por lo tanto, se busca cubrir el vacío existente en la literatura empírica y poder responder como la automatización incide en el mercado laboral dominicano, para así, poder elaborar políticas públicas certeras que faciliten dicha transición.

Los resultados revelan que la automatización tendrá un impacto significativo en la dinámica del mercado laboral dominicano. Se destaca que la tasa de automatización del 2019 se ha incrementado con respecto al 2016. Las ocupaciones de los sectores primarios y secundarios son las que presentan mayor riesgo de automatización. Se comprueba que los hombres son los más propensos a realizar tareas automatizables debido a las funciones rutinarias que tienden a desempeñar en sus actividades. Asimismo, se evidencia que a medida que se incrementa el nivel académico de la persona, se reduce la probabilidad de que esta realice una tarea automatizable. Por otra parte, la fuerza laboral más vulnerable es aquella que reside en la macrorregión suroeste, ya que presentan la mayor tasa de ocupaciones con alta posibilidad de automatizarse.

El resto del documento se estructura de la siguiente manera: en la sección 2 se presenta la revisión de la literatura sobre la automatización; posteriormente, en la sección 3 se realiza una caracterización de la automatización del mercado laboral, luego, en la sección 4 se explican los aspectos metodológicos empleados para la estimación de los patrones de características que determinan que un individuo realice una tarea automatizable; más adelante, en la sección 5 se expresan los resultados; y, por último, en la sección 6 se resumen las conclusiones.

2. Revisión de la literatura

En años recientes se han realizado estudios que intentan entender como el desarrollo tecnológico afecta el empleo y en sentido general, ver sus implicaciones en el mercado de trabajo (Bessen J. , 2015; Ford, 2015; World Economic Forum, 2016). Este aumento en el interés sobre el tema, se debe a la aceleración de los avances tecnológicos relacionados a lo que se conoce como industria 4.0 o cuarta revolución industrial (Schwab, 2018). Históricamente, la automatización se ha limitado en gran medida a tareas rutinarias manuales y cognitivas que implican actividades explícitas basadas en reglas. Sin embargo, los avances tecnológicos, han planteado la posibilidad de que la automatización afecte a trabajos que hasta hace poco se pensaba que estaban protegidos del alcance de las computadoras (Frey & Osborne, 2013).

En las últimas dos décadas se han evidenciado avances en temas de inteligencia artificial y en la robótica (Brynjolfsson & McAfee, 2014; Ford, 2015). Sin embargo, se espera que el futuro de estos campos sea aún más alucinante y que transforme en gran medida el mercado laboral a nivel mundial (Ford, 2015; McKinsey Global Institute, 2017). A pesar de

estas expectativas, se está lejos de explicar a cabalidad como la automatización y estos cambios tecnológicos impactarán el mercado de trabajo y la productividad (Acemoglu & Restrepo, 2019).

Entender la forma en cómo se relacionan las máquinas y los seres humanos, además de las consecuencias de esta interacción es fundamental. En el caso de los elaboradores de políticas, por ejemplo, necesitan tener un amplio conocimiento sobre esta dinámica de interacción para poder elaborar políticas que sean apropiadas para enfrentar el futuro. De igual forma, este conocimiento sirve para orientar a los ciudadanos a la hora de tomar decisiones con respecto a qué carrera cursar o a que profesión dedicarse.

Los autores que han estudiado el tema durante estas últimas dos décadas presentan divergencias en las consecuencias que los cambios tecnológicos podrían producir en el mercado de trabajo. Por un lado, están aquellos que plantean la evolución de la tecnología como un evento negativo, que a largo plazo pondrá fin al trabajo humano (Frey & Osborne, 2013). Mientras que por el otro lado están los que, tomando la evidencia histórica como punto de partida, ven estos avances tecnológicos como una oportunidad de fortalecer el mercado, alegando que no hay razón para preocuparse (Vivarelli, 2014; Autor D. , 2015; Bessen J. , 2016). Un aspecto a considerar es utilizar la tecnología como herramienta para crear nuevas tareas, empleos, industrias y actividades en las cuales la mano de obra tenga ventaja (Acemoglu & Restrepo, 2016).

Las preocupaciones concernientes a la sustitución de la mano de obra por máquinas y sobre el desempleo tecnológico, han estado presentes en todas las revoluciones industriales (Keynes, 1930; Autor D. , 2015). Incluso, a través de la historia hemos sido testigos de un proceso continuo de creación de nuevas tareas que brindan mayores oportunidades para los

trabajadores. Las nuevas tecnologías están haciendo lo mismo que ha sucedido en otros procesos de automatización, prácticamente usar computadoras y máquinas como sustituto del trabajo humano (Mantoux, 1928; Rasmussen, 1982; Mokyr, 1990).

Los estudios realizados desde inicio del milenio, han tenido como objetivo estimar el riesgo de las ocupaciones a ser automatizadas. Estas estimaciones se calculan sobre la base de la intensidad de la rutina, en donde, algunas ocupaciones se caracterizan por realizar tareas que pueden hacerlas vulnerables a la automatización, mientras que otras tienen baja probabilidad de ser automatizadas (Autor et al., 2003). Asimismo, enfatizan los efectos disruptivos que el cambio tecnológico podría tener en aquellas ocupaciones, cuyas tareas consisten en su gran mayoría en actividades rutinarias y poco complejas que podrían ser fácilmente codificadas.

Sin embargo, las tareas que las computadoras pueden realizar dependen en última instancia de la capacidad de un programador para escribir un conjunto de procedimientos o reglas que dirijan adecuadamente la tecnología en cada posible contingencia. Por lo tanto, la tecnología será sustituta para el trabajo humano cuando se pueda especificar un problema con exactitud y pueda evaluarse su precisión al momento de ejecutar las tareas (Acemoglu & Autor, 2011).

Un común denominador en la mayoría de los estudios realizados sobre el riesgo de la automatización en los mercados laborales, es la clasificación de los trabajos por la intensidad de la rutina mediante la metodología de Frey & Osborne (Aboal & Zunino, 2017; BID, 2018; Weller, Gontero, & Campbell, 2019). No obstante, se encuentran diferentes niveles de clasificación u objeto de estudio, unos autores clasifican por ocupaciones (Arntz, Gregory, & Zierahn, 2016), otros por actividades (McKinsey Global Institute, 2017) y otra parte

por tareas (Marcolin, Miroudot, & Squicciarini, 2016; Acemoglu & Restrepo, 2017).

El enfoque centrado en las tareas tiene ventajas respecto a aquellos que se enfocan en las ocupaciones (Fundación Chile, 2017). Esto, porque asumir que el contenido de tareas de una ocupación es el mismo sin importar la forma de ejecución es un supuesto no objetivo. Además, hay ocupaciones que tienden a tener más tareas rutinarias, lo que implica mayor riesgo de automatización, pero esto no significa que la ocupación sea la que esté en peligro de ser reemplazada sino las tareas.

La literatura empírica sobre la clasificación de las ocupaciones según su probabilidad de ser automatizadas es abundante, sin embargo, la evidencia sobre el impacto de la automatización en el mercado laboral y los determinantes de que una ocupación sea automatizable según las características de los individuos es escasa. A pesar de esto, Frey & Osborne (2013) analizan el número de trabajos en riesgo y la relación entre la probabilidad de automatización de una ocupación, salarios y nivel educativo. Para esto, se utiliza el modelo Gaussian Process Classifier. En ese contexto, examinan cuán susceptibles son los trabajos a la automatización y el impacto esperado en el futuro del mercado laboral de Estados Unidos. Según sus estimaciones, alrededor del 47.00 % del empleo total en los Estados Unidos está en riesgo. Además, demuestran que los salarios y el nivel educativo exhiben una fuerte relación negativa con la probabilidad de una ocupación de ser automatizada.

Adicionalmente, se han estimado las pérdidas de empleos debido a la automatización basándose en las expectativas de los trabajadores (Morikawa, 2017; Mulas-Granados, Varghese, Boranova, deChalendar, & Wallenstein, 2019). Para esto, Morikawa (2017) utiliza datos de encuestas de 10,000 individuos y analiza los posibles impactos de la inteli-

gencia artificial (IA) y la robótica en el empleo. Los resultados de esta investigación, sugieren que las habilidades más adaptables son las adquiridas a través de la educación superior ya que son complementarias con nuevas tecnologías como IA y robótica. Al mismo tiempo, habilidades específicas, particularmente aquellas relacionados con servicios intensivos a humanos, son menos probable que sean reemplazados por IA y robótica.

Por su parte, (Mulas-Granados, Varghese, Boranova, deChalendar, & Wallenstein, 2019) aplicaron una encuesta a 11,000 trabajadores de economías avanzadas y emergentes. En sentido general, los trabajadores no se sienten pesimistas acerca de la automatización, especialmente en los mercados emergentes. Las percepciones negativas prevalecen entre los trabajadores con peores condiciones. Mientras que los trabajadores con mayores niveles de satisfacción laboral, mayor nivel educativo y de países con mayor protección laboral tienen expectativas positivas. Estos tienden a responder que se necesitará reeducación y capacitación para adaptarse a las demandas de habilidades en rápida evolución. La demanda de protección y beneficios es más significativa entre las mujeres y los trabajadores que han sufrido volatilidad laboral (Mulas-Granados, Varghese, Boranova, deChalendar, & Wallenstein, 2019).

Por otro lado, (Pouliakas, 2018) analiza los determinantes de los empleos con alto riesgo de ser automatizados en la Unión Europea. Para tales fines, utiliza una modelo logit para estimar la probabilidad de que la ocupación de un individuo sea automatizada según las características intrínsecas de esta. Concluye que el riesgo de automatización es mayor entre los hombres y los trabajadores menos calificados, con poca evidencia de polarización.

En el caso de la República Dominicana, no se han realizado estudios que analicen la probabilidad de las ocupaciones que serán automatizadas. Este documento busca cubrir el vacío existente en la literatura empírica, por ende, se estima la tasa de automatización y su incidencia en el mercado laboral dominicano. Asimismo, se descubren patrones de características de los individuos que tienden a realizar tareas automatizables mediante la metodología de reglas de asociación. Además, se estiman modelos logit para estudiar los determinantes de que una persona este empleada en este tipo de tareas que serán sustituidas por las máquinas. En vista de la sustitución de la fuerza laboral por los robots, se utiliza un clúster jerárquico para encontrar países con las condiciones más similares a República Dominicana, en ese tenor, se busca recomendar políticas públicas de estos países enfocadas en la transición hacia la adaptabilidad y complementariedad con las máquinas.

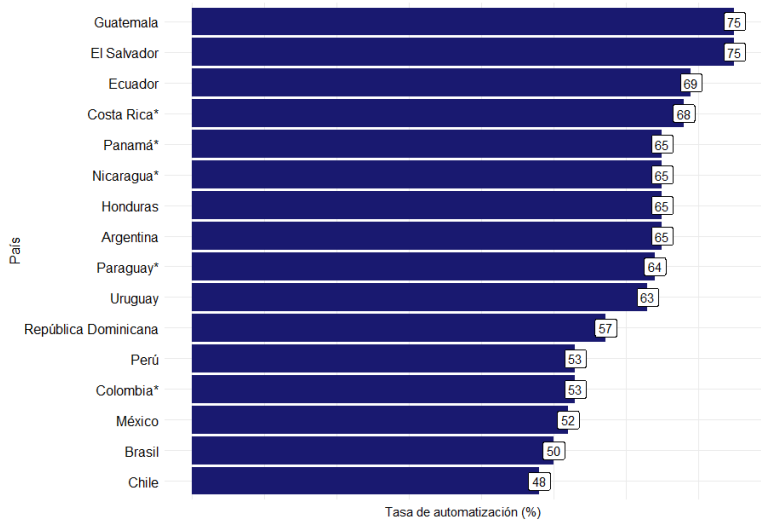
3. Caracterización del mercado laboral según la automatización de sus ocupaciones

Según datos de la ENCFT, la tasa de automatización ha venido incrementándose en los últimos años. Esta pasó de 55.02% a 57.20% entre 2016 y 2019, reflejando una asimetría en la segmentación del mercado laboral según el sexo. En este contexto, las ocupaciones que realizan los hombres tienen mayor posibilidad de automatizarse que la de las mujeres. Se destaca una persistencia en la tasa de automatización de los hombres, la cual, pasa de 60.98% a 58.96% en 2016-2019. Esta segmentación se fundamenta en que los hombres realizan más trabajos con funciones automatizables, que requieren un mayor nivel de habilidades técnicas y físicas, teniendo estas,

alta probabilidad de ser reemplazadas por las máquinas (Pouliakas, 2018).

En Latinoamérica, las estimaciones del porcentaje de ocupaciones en riesgo de automatización oscilan en un rango de 48.00%-75.00%, siendo Chile el país con menor tasa de automatización, mientras que Guatemala y El Salvador presentan las mayores tasas (gráfico 1). La República Dominicana es el sexto país con menor tasa de automatización, solo superado por Chile, Brasil, México, Colombia y Perú. Esta heterogeneidad existente en los diferentes países, es resultado de las diferencias en la dinámica del mercado de trabajo, estructura del trabajo, la inversión en tecnología, así como diferencias en el nivel educativo de los trabajadores (BID, 2018).

Gráfico 1. Tasa de automatización en América Latina. 2019

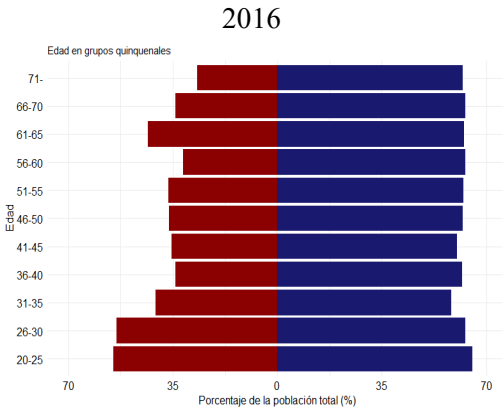


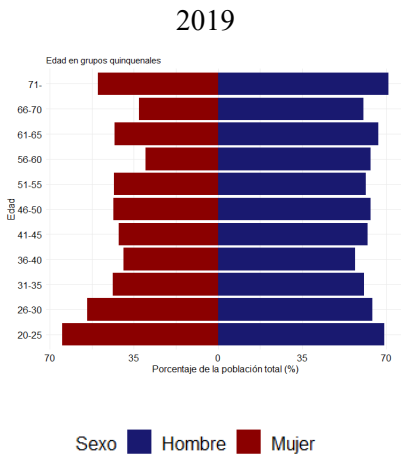
Fuente: Elaboración propia a partir de la Encuesta Nacional Continua de Fuerza de Trabajo (ENCFT) 2019, datos de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) y el Banco Interamericano de Desarrollo (BID).

Nota: * datos correspondientes al 2018.

En el gráfico 2 se muestra la proporción de individuos con ocupaciones automatizables según grupos etarios y sexo en el 2016 y 2019. Se evidencia que la proporción de los hombres que laboran en actividades automatizables es mayor que la de las mujeres en todos los grupos etarios, debido a que estos tienden a realizar tareas físicas y rutinarias con alta posibilidad de ser realizadas por una máquina (Pouliakas, 2018). Además, se muestra un ensanchamiento en la base y en el pico de la pirámide, lo cual, es resultado del incremento de la fuerza de trabajo dedicada a tareas manuales rutinarias. En ese tenor, se resalta un aumento de empleados en actividades hoteleras, bares y restaurantes (\uparrow 31.39%) y actividades agropecuarias (\uparrow 6.21%) respecto al 2016. Por el contrario, el único grupo quinquenal que experimenta una disminución en su tasa de automatización es el de personas de 36-40 años de edad. Lo anterior es explicado por el incremento de mano de obra ocupada en tareas cognitivas no rutinarias, como son los casos de actividades financieras (\uparrow 32.75%) y del comercio (\uparrow 29.26%).

Gráfico 2. Pirámide de población con tareas automatizables por sexo, según grupos etarios. 2016 y 2019

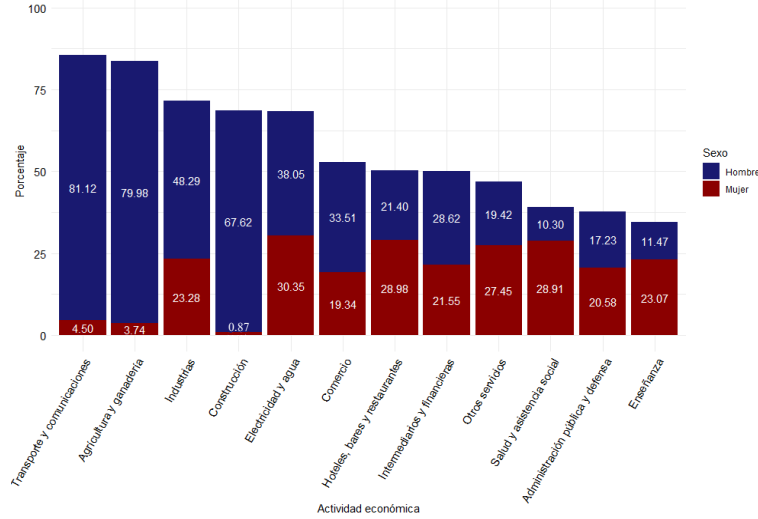




Fuente: Elaboración propia a partir de la ENCFT 2016 y 2019.

En cuanto a las actividades económicas, se denota que las personas empleadas en el sector primario y secundario presentan mayor posibilidad de perder el empleo debido a que se dedican a actividades altamente automatizables donde se realizan tareas con carácter rutinario (Gráfico 3). Estas son ocupaciones que requieren trabajo físico en entornos predecibles, tales como, los trabajadores de producción, taxistas, limpiadores de edificios, operadores de máquina, cargadores de cajas y agricultores (McKinsey Global Institute, 2017). En contraste, las ocupaciones con tareas altamente cualificables, con habilidades para resolver problemas y que prestan servicios sociales o personales, experimentan menor grado de automatización. Adicionalmente, se evidencia una segmentación del mercado según sexo, en la cual, hay una alta concentración de mujeres en el sector servicios, en donde, hay menor tasa de automatización.

Gráfico 3. Población con tareas automatizables, según actividad económica. 2019



Fuente: Elaboración propia a partir de la ENCFT 2019.

En elGráfico 4 se evidencian las heterogeneidades en la tasa de automatización según las macrorregiones. Territorialmente, la fuerza laboral de la macrorregión Suroeste es la que presenta mayores riesgos, esto debido a su predominancia en ocupaciones agropecuarias, construcción e industria. Estas actividades representan el 33.75% de su mercado laboral, de las cuales, el 28.35% son ocupaciones con tareas rutinarias y elementales que presentan alta posibilidad de automatizarse, denotando así el grado de vulnerabilidad de esta macrorregión ante la automatización. Por el contrario, en el Gran Santo Domingo se encuentra la menor tasa de automatización. Esto último está relacionado con el grado de cualificación de las actividades que desempeñan los trabajadores, especialmente, aquellos que se dedican a tareas de gestión y desarrollo de personas, enseñanza y trabajo creativo.

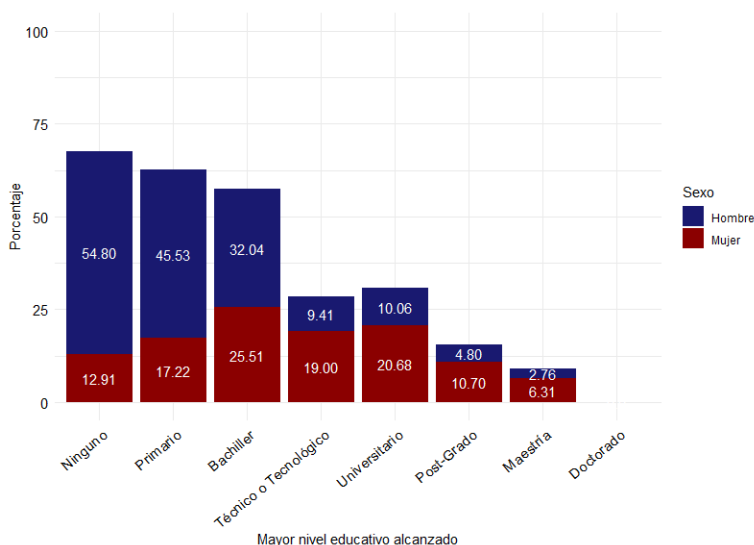
Gráfico 4. Población con tareas automatizables según
ubicación geográfica. 2019



Fuente: Elaboración propia a partir de la ENCFT 2019.

Las personas con mayor grado de escolaridad son las que presentan menor posibilidad de realizar tareas que puedan automatizarse (Gráfico 5). Estas personas tienden a desempeñarse en actividades que requieren destrezas para resolver problemas de forma creativa, investigación, razonamiento lógico, negociación, planificación y organización de personal. Por el contrario, aquellas ocupaciones que requieren menores niveles académicos tienden a ser más propensas a ser automatizadas ya que se caracterizan por el trabajo físico, manual y rutinario. Por ende, existe una correlación negativa entre el grado académico y la probabilidad de realizar una ocupación automatizable (McKinsey Global Institute, 2017).

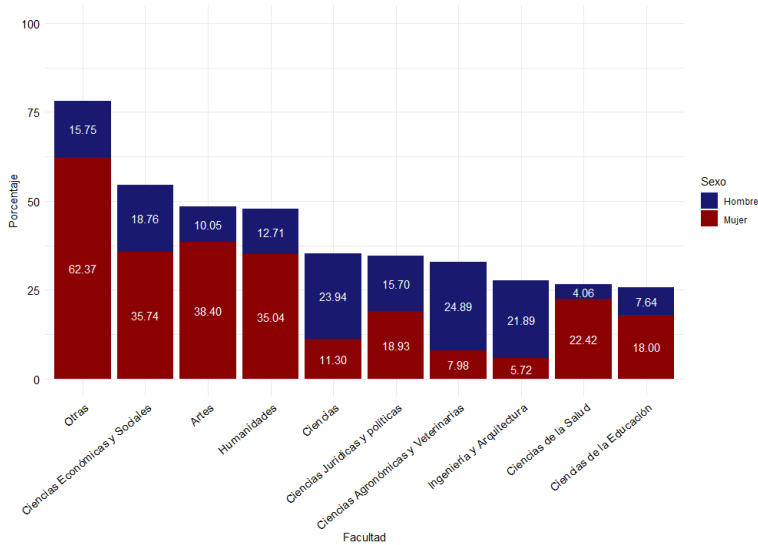
Gráfico 5. Población con tareas automatizables, según mayor título académico alcanzado. 2019



Fuente: Elaboración propia a partir de la ENCFT 2019.

A pesar de esto, se resaltan asimetrías en la tasa de automatización según la facultad en la que estudió el individuo (Gráfico 6). Aquellos que estudiaron en la Facultad de Ciencias Económicas y Sociales son los más propensos a realizar tareas automatizables, especialmente, los que se dedican a asignaciones relacionadas con la contabilidad. En contraste, los profesionales de la educación, salud e ingeniería presentan menor grado de automatización ya que se desempeñan en ocupaciones que requieren capacidades humanas que incluyen interacción social y emocional, razonamiento lógico y creatividad, las cuales, las máquinas por ahora son menos capaces de lograr (McKinsey Global Institute, 2017).

Gráfico 6. Población con tareas automatizables, según facultad de estudio. 2019



Fuente: Elaboración propia a partir de la ENCFT 2019.

4. Metodología

La automatización es el uso de varios sistemas de control para realizar procesos u operar equipos donde la asistencia humana sea mínima o reducida (Rifkin, 1995). Este concepto fue tomado como punto de partida para clasificar aquellas ocupaciones que tienen las características para ser automatizables y las que no. En ese sentido, la combinación necesaria de conocimientos y habilidades que se requieren para ejecutar las tareas determina a que categoría pertenece la ocupación (Frey & Osborne, 2013).

Para tales fines, se analizan las descripciones de las tareas de cada una de las ocupaciones (9,545) presentadas en la ENCFT. Con esta estrategia se puede estimar los

conocimientos y habilidades necesarias para llevar a cabo una ocupación y determinar si es automatizable o no.

Según las características que contienen cada una de las ocupaciones y la descripción de sus funciones, estas se clasifican de acuerdo a la intensidad de la rutina en las tareas (Autor, Levy, & Murnane, 2003). Esta clasificación sirve como guía para agrupar las ocupaciones en las cuales trabajan los empleados en la República Dominicana, en tareas rutinarias y no rutinarias (Tabla 1).

Tabla 1. Modelo de tareas

Tareas	Descripción	Actividades
Cognitivas no rutinarias	Tareas que requieren habilidades de comunicación y gestión, habilidades de razonamiento analítico o interactivas	Desarrollar, investigar, diseñar. Reunir información, documentar. Informar, aconsejar. Enseñar, instruir, formar, entrenar. Organizar, planear. Promover, mercadeo, relaciones públicas. Comprar, proveer, vender. Ser supervisor. Pensamiento creativo
Cognitivas rutinarias	Tareas que requieren la capacidad de cumplir con "límites, tolerancias o normas"	Medir, controlar, chequeos de calidad. Calcular. Ser estructurado, precisión, exactitud
Manuales no rutinarias	Tareas que requieren coordinación ojo-mano-pie	Reparar, remendar. Cuidar, curar. Servir
Manuales rutinarias	Tareas que requieren una cierta cantidad de "destreza de los dedos", es decir, la capacidad de usar los dedos para manipular objetos pequeños con precisión y velocidad	Fabricar, producir bienes. Controlar y supervisar maquinaria. Transportar y almacenar

Fuente: Elaboración propia en base a (Acemoglu & Autor, 2011).

Este modelo de tareas predice que: 1) los trabajadores son sustituibles por las máquinas en las ocupaciones con tareas rutinarias; 2) una mayor intensidad de la rutina provoca un aumento en la productividad marginal de las actividades no rutinarias. Por lo tanto, las computadoras sirven como sustituto

del trabajo para muchas tareas rutinarias, es decir, que las tareas rutinarias tienen mayor riesgo de ser automatizadas. Mientras que la tecnología se complementa fuertemente con el trabajo que se realiza en tareas no rutinarias, por lo que son menos susceptibles a ser automatizadas (Autor, et al. (2003).

En consecuencia, es poco probable que las ocupaciones que involucran tareas de inteligencia social, creatividad, actividades complejas de percepción y persuasión sean automatizadas (Frey & Osborne, 2013). Estas tareas son conocidas como «cuellos de botellas» para la automatización, dado que, con el estado de conocimiento actual, los robots no pueden igualar a los humanos en tareas relativas a la percepción y persuasión. De igual modo, los procesos psicológicos detrás de la creatividad humana, sus emociones y responder inteligentemente a estas, son improbables de especificar por los programadores. Por otro lado, aquellas ocupaciones con tareas repetitivas, predecibles y en ambientes de trabajo estructurados tienen mayor probabilidad de ser automatizadas (Frey & Osborne, 2013).

4.1. Modelo empírico

4.1.1. Reglas de asociación

Los algoritmos de reglas de asociación son técnicas de aprendizaje no supervisado de machine learning (Lantz, 2015). Estos tienen como objetivo descubrir patrones comunes en los datos mediante la combinación de eventos $A = (A_1, A_2, \dots, A_n)$ que tienden a ocurrir de manera conjunta (Hastie, Tibshirani, & Friedman, 2001). A los eventos se les conoce como ítems y a un conjunto de estos como itemsets.

Estas reglas de asociación se componen de un subconjunto de itemsets que tienden a acontecer (left-hand-side) cuando un evento sucede (right-hand-side) (Lesmeister & Kumar, 2019). En esta investigación, se busca encontrar itemsets de condiciones que tienden a aparecer cuando las ocupaciones de los individuos tienen mayor probabilidad de automatizarse. La matriz de variables sigue la forma:

$$\{Personales_i, Demográficas_i, Educativas_i, Económicas_i\} \Rightarrow \{Automatización\}$$

En donde:

- *Personales_i* es un vector con:
 - *Sexo_i* se refiere al sexo de la persona (mujer o hombre).
 - *Rango edad_i* se refiere a los rangos de edad establecidos, como son: [20-25], [26-30], [31-35], [36-40], [41-45], [46-50], [51-55], [56-60], [61-65], [66-70], [71-].
 - *Jefe_i* si el individuo es el jefe del hogar o no.
- *Demográficas_i* es un vector que contiene:
 - *Zona_i* si el individuo reside en zona urbana o rural.
 - *Macroregión_i* se refiere a las macrorregiones (Gran Santo Domingo, Norte, Sureste y Suroeste).
 - *Migrante_i* si la persona es dominicana o es extranjero.
- *Educativas_i* corresponde a:
 - *Facultad_i* se refiere a las facultades en donde estudiaron los individuos: Artes, Ciencias, Ciencias Agronómicas y Veterinarias, Ciencias de la Educación, Ciencias de la Salud, Ciencias Económicas y Sociales, Ciencias Jurídicas y políticas, Humanidades, Ingeniería y Arquitectura, Otras.

- *Mayor nivel obtenido_i* es el título o diploma del mayor nivel educativo alcanzado.
- *Económicas_i* es un vector con:
 - *Formal_i* se estudian las heterogeneidades según el sector formal e informal.
 - *Actividad Económica_i* se analizan las diferencias en las actividades económicas. Estas son: Agricultura y ganadería, Industrias, Construcción, Electricidad y agua, Comercio, Hoteles, bares y restaurantes, Transporte y comunicaciones, Intermediarios y financieras, Enseñanza, Salud y asistencia social, Administración pública y defensa y Otros servicios.
 - *Quintil_i* representa el quintil de salarios por hora al que pertenece el individuo.

Se interpreta como: Si el individuo es *Sexo_i*, y tiene *Rango edad_i* años, es *Jefe_i*, reside en la *Zona_i* de la *Macroregión_i*, es *Migrante_i*, estudió en la *Facultad_i*, con un *Mayor nivel obtenido_i*, labora en el sector *Formal_i* en la *Activ. Econ._i* y pertenece al *Quintil_i*, entonces, es probable que su ocupación sea automatizable.

Para identificar la frecuencia de los itemsets se utiliza el algoritmo de Apriori. Este se basa en limitar la frecuencia de los itemsets mediante el establecimiento de un determinado límite, el cual, sirve de referencia para seleccionar aquellos itemsets (conjunto de características de los individuos) superiores a este (Lantz, 2015). En ese sentido, se crean las reglas de asociación de itemsets que superen el límite inferior antes de haber evaluado estas reglas.

En la primera fase, se evalúan de manera iterativa los ítems que se encuentran por encima del límite, de modo que, se construyen itemsets de 1 ítem (Lantz, 2015). Más adelante,

en la fase dos, se evalúa de forma iterativa aquellos conjuntos que se encuentran arriba del límite, creando así, itemsets de 2 ítem y así se repite hasta que el algoritmo no encuentre más itemsets que superen el límite establecido (Lantz, 2015). El resultado de las i -iteraciones son un i -itemsets que cumplen con el requerimiento mínimo del límite inferior (Hastie, Tibshirani, & Friedman, 2001).

Además, para reducir el espacio de búsqueda, el algoritmo aplica una regla de que si el ítem es poco frecuente, entonces, ninguno de sus itemsets pueden ser frecuentes (Hastie, Tibshirani, & Friedman, 2001). De modo que, si el ítem $\{A\}$ es poco frecuente, por consiguiente, $\{A, B, C\}$ y $\{A, E, F, G\}$ son también infrecuentes ya que contienen $\{A\}$.

Las métricas utilizadas para la aplicación del límite inferior fueron el soporte y la confianza. El soporte de la regla de asociación es el número de ocasiones que sucede el evento (A) dividido entre el total de eventos (Lesmeister & Kumar, 2019).

$$\text{Soporte}(A) = \frac{\text{Cantidad}(A)}{N} \quad (1)$$

Por su parte, la confianza es una medida de poder predictivo y se define como el soporte de un itemset (A,B) dividido entre el soporte de un ítem que sólo contenga (A) (Lesmeister & Kumar, 2019).

$$\text{Confianza}(A \Rightarrow B) = \frac{\text{Soporte}(A, B)}{\text{Soporte}(A)} \quad (2)$$

Se interpreta como la *Probabilidad(A|B)* de que un evento que contiene los ítems de (A) también tenga los de (B) (Hastie, Tibshirani, & Friedman, 2001).

Adicionalmente, se usa el lift para determinar la relación de la confianza con la confianza esperada (Hastie, Tibshirani, & Friedman, 2001). Esta métrica permite predecir la mayor probabilidad de ocurrencia de un evento (Automatización) condicionado a características que inciden en este. Se basa en el ratio del soporte de (A,B) entre la probabilidad de que el ítem A y el ítem B ocurran de manera independiente.

$$Lift(A \Rightarrow B) = \frac{\Pr(A \cap B)}{\Pr(A) \Pr(B)} \quad (3)$$

4.1.2. Modelo logit

Los modelos de elección binaria permiten determinar la probabilidad de una serie de eventos, los cuales, son mutuamente excluyentes. En este caso, la variable dependiente es,

En donde, y_i es una variable latente que sigue una distribución Bernoulli que se expresa como:

$$y_i = \begin{cases} 1 & \text{si el i-th individuo realiza una actividad automatizable} \\ 0 & \text{si el i-th individuo no realiza una actividad automatizable} \end{cases}$$

$$P(Y_i = y_i) = \theta_i^{y_i} (1 - \theta_i)^{1-y_i} \quad (4)$$

En esta, la probabilidad de que un individuo realice una actividad automatizable es de $P(y_i = 1) = \theta_i$. Por el contrario, la probabilidad de no desempeñarse en una actividad

automatizable es $P(y_i = 0) = 1 - \theta_i$. El valor esperado y la varianza de Y_i son:

$$\begin{aligned} E(Y_i) &= \mu_i = \theta_i \\ \text{var}(Y_i) &= \sigma_i^2 = \theta_i (1 - \theta_i) \end{aligned} \quad (5)$$

La media y la varianza dependen de la probabilidad de θ_i . Por lo tanto, cambios en la probabilidad incidirán en la media y en la varianza. En ese sentido, los modelos lineales no son adecuados cuando la variable endógena es binaria debido a que se viola el supuesto de homocedasticidad (Rodríguez, 2007). El tipo de elección binaria que se utiliza para este estudio es el modelo logit debido a su uso en este tipo de investigaciones (Pouliakas, 2018; Mulas-Granados, Varghese, Boranova, deChalendar, & Wallenstein, 2019), el modelo sigue la forma:

$$\text{logit}(y_i) = \beta'x_i + \varepsilon_i \quad (6)$$

En donde, β' es un vector de coeficientes, x_i es un conjunto de variables que inciden en que un individuo labore en una actividad automatizable y ε_i es el error aleatorio que posee una distribución logística. Este modelo es adaptado para estudiar los determinantes de la automatización:

$$\begin{aligned} \text{logit}(\text{aut}_{.i}) &= \beta_0 + \beta_1 \text{indv}_{.i} + \beta_2 \text{hog}_{.i} + \beta_3 \text{geo}_{.i} \\ &+ \beta_4 \text{activ.econ}_{.i} + \beta_5 \text{facultad}_{.i} + \varepsilon_i \end{aligned} \quad (7)$$

En donde, la variable:

- $\text{Aut}_{.i}$: es una variable binaria que indica si el individuo realiza una actividad automatizable.

- *Indiv_i*: vector de variables que representan características individuales, como son: el sexo, edad, edad al cuadrado, educación.
 - Sexo: Está expresado como 1 si es mujer y 0 si es hombre. Se espera una relación negativa debido a que las mujeres tienden a realizar actividades de planificación, comunicación, organización, persuasión y creatividad, las cuales, presentan bajo riesgo de ser automatizadas (Pouliakas, 2018).
 - Edad: Se espera una relación negativa con efectos marginales crecientes debido a que las personas de mayor edad presentarán conocimientos tecnológicamente obsoletos (Autor & Dorn, 2009).
 - Educación: Cantidad de años de educación de la persona. Se tiene una expectativa de una relación negativa ya que las personas con mayor educación tienden a realizar tareas que requieren habilidades de razonamiento lógico y resolver problemas de forma creativa.
- *Hog_i*: vector de variables con las condiciones del individuo en el hogar, incluye si la persona es jefe del hogar y si está casado.
 - Jefe: Se analizan las asimetrías según las condiciones del hogar.
 - Casado: Se estudian las heterogeneidades según la condición civil.
- *Geo_i*: vector de variables geográficas, zona y macroregión de residencia.
 - Zona urbana: Se busca determinar las diferencias por zona urbana y rural.
 - Macrorregiones: Se estudian las divergencias por macrorregión.

- *Activ. Econ. .i*: Se analizarán las posibles diferencias entre las distintas actividades económicas.
- *Facultad*: Contiene la facultad en la que el individuo estudió.

El modelo de la Ecuación (7) no permite determinar el efecto de incrementar la variable independiente en 1 unidad, *ceteris paribus*. Lo anterior se explica ya que no se pueden aislar los efectos parciales debido a que esto es el logaritmo de una razón de probabilidades (Rodríguez, 2007). De modo que, no se puede aislar el efecto parcial. Para la interpretación de los estimadores se utilizan los odds ratio. Para poder obtener los odds ratios, se exponencia la ecuación (7) para cada *i*-individuo:

$$\frac{y_i}{1 - y_i} = \exp(\beta' x_i) \quad (8)$$

Resolviendo la probabilidad de que el individuo realice una actividad automatizable es:

$$y_i = \frac{1}{1 + e^{-(\beta' x_i)}} = \frac{\exp(\beta' x_i)}{1 + \exp(\beta' x_i)} \quad (9)$$

Mientras que la probabilidad de que no lo tenga es:

$$1 - p = \frac{1}{1 + \exp(\beta' x_i)} \quad (10)$$

La interpretación de estos odds ratio es: el número de veces que es más probable que una persona se desempeñe en una actividad automatizable a que no lo realice.

Pero, para lograr una interpretación aún más elemental se utilizan los efectos marginales:

$$\frac{\partial y_i}{\partial x_{ij}} = \beta_j y_i (1 - y_i) \quad (11)$$

Por lo tanto, el efecto del predictor j -th sobre la probabilidad de y_i depende de los estimadores β_j . De modo que, la interpretación sería: incrementos en x , incrementan/reducen la probabilidad de que $y = 1$. Para el caso de variables independientes dummy, los cambios marginales se expresan en comparación con la categoría base ($x = 0$). Mientras que, en el caso de variables independientes continuas, estos reflejan cambios en la probabilidad de que un individuo realice una actividad automatizable condicionado a cambios en 1 unidad en la variable independiente.

La significancia individual se testea a partir de la prueba de Wald, mientras que para la significancia conjunta del modelo se utiliza la prueba chi-cuadrado y la matriz de confusión para evidenciar el ajuste del modelo a los datos.

4.1.3. Clúster jerárquico

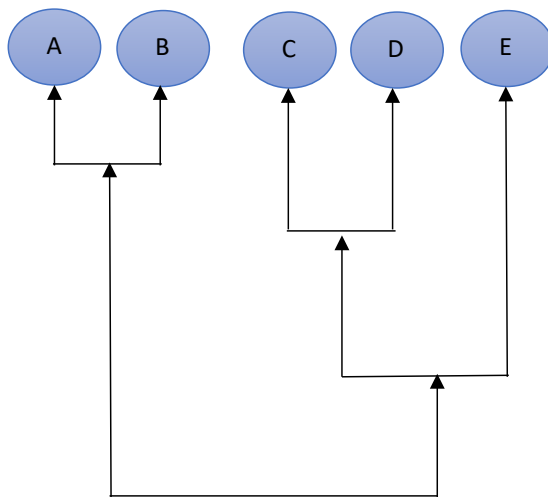
Los clústeres son un método de aprendizaje no supervisado de machine learning que permiten agrupar un conjunto de objetos basados en su similitud (Hastie, Tibshirani, Witten, & James, 2013). Por tanto, en este documento se construyen clústeres para recomendar políticas públicas enfocadas al proceso de la transición de la automatización de países con contextos similares al de la República Dominicana. En ese sentido, se utiliza el clúster jerárquico debido a que presenta la ventaja de que no se tiene que preespecificar el número de k

clúster apriori del análisis (Hastie, Tibshirani, Witten, & James, 2013). Además, este método permite la construcción de un árbol de clasificación o dendrograma, que, facilita la visualización del clúster.

Para tales fines, la estrategia utilizada es el método aglomerativo, el cual, agrupa las unidades iniciales (en la base del árbol) y luego va formando los grupos de manera ascendente, combinando así el par de clúster más cercano (hasta la rama central) (Gráfico 7). La distancia euclideana es empleada para calcular la similitud entre las observaciones de los distintos países.

1. Se calcula la proximidad de cada país y se generan clústeres individuales para cada uno de estos países ($\{A\}$, $\{B\}$, $\{C\}$, $\{D\}$, $\{E\}$).
2. Se agrupan los países más similares según las variables empleadas. En este caso, los países $\{A, B\}$, $\{C, D\}$ y $\{E\}$.
3. Se continúan calculando las similitudes de los países y generando más clústeres, estableciendo así, el clúster $\{C, D, E\}$.
4. El proceso se mantiene hasta llegar hasta la rama central en la que todos los clústeres $\{A, B\}$ y $\{C, D, E\}$ son agrupados, formando así un clúster único $\{A, B, C, D, E\}$.

Gráfico 7. Proceso de generación del clúster jerárquico



Fuente: Elaboración propia.

En este, la similitud entre 2 objetos es representada por la altura del nodo que los combina. El método de Ward es utilizado para calcular la similitud entre el grupo de observaciones de los clústeres, generando así, el enlace entre dos clústeres. En este método se generan aquellos que presenten menor incremento en el valor total de la suma de los cuadrados de las diferencias. De modo que, se busca minimizar la varianza dentro de cada clúster. Este presenta la ventaja de que permite separar los países en caso de que exista ruido entre estos y existan valores atípicos (Hastie, Tibshirani, & Friedman, 2001).

El método de clúster jerárquico permite observar cuales países presentan condiciones similares a la República Dominicana en términos de tasa de automatización, Producto Interno Bruto (PIB) per cápita, inversión en investigación + desarrollo (I&D), desempleo, productividad, años de

escolaridad promedio y salario promedio. Para la validación interna del clúster se utiliza el Índice de Dunn.

4.2. Datos

En este documento se utilizan microdatos trimestrales de la Encuesta Nacional Continua de Fuerza de Trabajo del Banco Central de la República Dominicana (BCRD) del 2016 y 2019. Esta encuesta es levantada de manera oficial desde el 2016 y tiene el fin de capturar información sobre las condiciones del mercado laboral, sin embargo, debido a la diversidad de datos que poseen se puede obtener la composición sectorial y territorial de los hogares (Pino, 2016). Por ende, nos permite determinar las probabilidades de que un habitante labore en una actividad automatizable considerando las divergencias en las funciones de cada ocupación y las asimetrías territoriales.

La muestra de la población corresponde a aquellas personas que laboran en una actividad económica. Para extrapolar los datos muestrales a los poblacionales se utiliza el factor de expansión.

Para la estimación de las reglas de asociación se utilizan 4 grupos de variables, las cuales son: características personales (sexo, rango de edad y si es jefe del hogar), la estratificación regional (si es migrante o nacional, la macrorregión en la que reside, tales como: Gran Santo Domingo compuesta por el Distrito Nacional y Santo Domingo; el Norte o Cibao que contiene a las regiones del Cibao del Norte, Sur, Nordeste y Noroeste; el Suroeste que representa a Valdesia, El Valle y Enriquillo; y el Sureste con Higuamo y Yuma, y además, si reside en zona urbana o rural), educativas (mayor nivel educativo obtenido y en la facultad que estudió) y la actividad eco-

nómica (agricultura y ganadería, industria, electricidad y agua, comercio, construcción, hoteles, bares y restaurantes, transporte y comunicaciones, intermediarios financieros, administración pública y defensa, enseñanza, salud y otros servicios; sector formal o informal; adicionalmente, se analizan las heterogeneidades según el quintil de salarios por hora).

Para el caso de los modelos logit, la variable dependiente expresa si el individuo labora en una actividad automatizable. En adición, se utilizan 5 grupos de variables independientes. Estos grupos son: las características del individuo (sexo, edad, edad al cuadrado, para así, capturar los rendimientos marginales decrecientes/crecientes; además, cantidad de años de educación), las condiciones en el hogar (condición de ser jefe del hogar y si está casado), la ubicación geográfica (macrorregiones y zona), la actividad económica que realiza el individuo (siendo en el sector formal o informal) y la facultad en la que el individuo estudió.

Para el clúster jerárquico se utilizan las tasas de automatización extraídas del BID, CEPAL y la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE). El PIB per por 3 macrorregiones y 10 regiones de desarrollo. Sin embargo, la composición territorial de la ENCFT está dividido en 4 macrorregiones, las cuales, son utilizadas (Gran Santo Domingo, Norte, Sureste y Suroeste).

5. Resultados

5.1. Patrones de características en individuos que realizan tareas automatizables

En el Gráfico 8 se muestra una red que describe el comportamiento de la asociación de las características de los individuos

con tareas automatizables. Los círculos representan las reglas de asociación de las distintas combinaciones de características de los individuos que convergen hacia la automatización de sus tareas. Además, a superior lift, mayor la intensidad del color de la regla; y los tamaños de las reglas están en función de la ocurrencia del conjunto de características de los individuos.

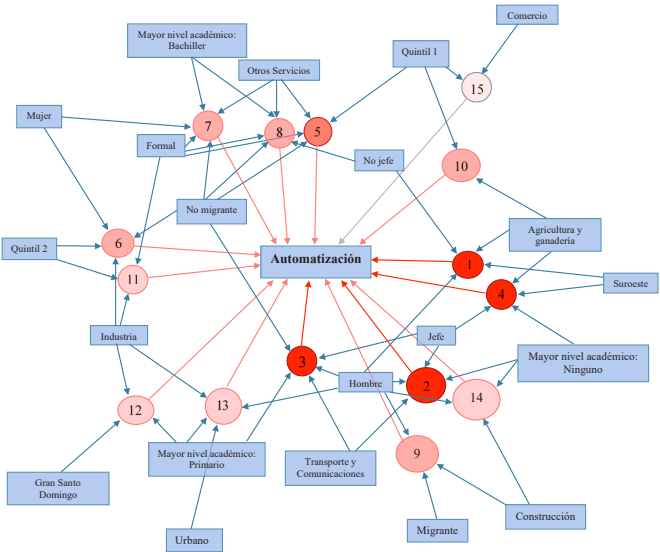
En la regla 1 se observa que aquellos individuos con mayor probabilidad de realizar una tarea automatizable son hombres que no son jefes del hogar, residen en el suroeste y se dedican a actividades agropecuarias. Lo anterior está relacionado en que los hombres tienden a estar empleados en actividades rutinarias, predecibles y en sectores con alto riesgo de ser automatizados (Pouliakas, 2018). Asimismo, en la agropecuaria se concentra la menor cantidad de titulados universitarios (Vásquez, 2019), lo que resalta el bajo nivel académico de los empleados y su alta probabilidad de desempeñarse en tareas que pueden ser sustituidas por las máquinas (McKinsey Global Institute, 2017). Por otra parte, la regla 14 es la que presenta mayor tamaño, por ende, la mayor cantidad de empleos con ocupaciones automatizables se encuentran en hombres que no tienen nivel educativo alcanzado y laboran en la construcción.

Se evidencian patrones de que los individuos nacionales, jefes de hogar que laboran en el sector formal en actividades agropecuarias, industriales, de transporte y comunicaciones y residen en el suroeste son aquellos que presentan mayor frecuencia de estar realizando tareas automatizables. Por ende, se confirma que los empleos del sector primario y secundario son los que presentan mayor cantidad de funciones automatizables (McKinsey Global Institute, 2017). Además, se muestra que en el sector formal hay mayor incidencia de la automatización de ocupaciones que en el sector informal.

Esto último está relacionado en que el sector informal suele caracterizarse por el autoempleo y el empleo en los micro establecimientos (Cebrerosa, Heffnera, Livasb, & Puggionia, 2019).

Asimismo, se observa que estas asociaciones tienden a ocurrir en personas con bajo nivel educativo (ninguno o nivel primario) y económico (primer y segundo quintil de salarios por hora). En ese tenor, se valida que aquellos que presentan los menores niveles académicos son los más propensos a ser desplazados (Morikawa, 2017).

Gráfico 8. Regla de asociación de las características de los individuos con tareas automatizables. 2019



Fuente: Estimaciones realizadas a partir de la ENCFT 2019.

En la Tabla 2 se evidencia el conjunto de características que tienen los individuos (left-hand-side) que tienden a realizar actividades automatizables (right-hand-side). En ese sentido, se observa que el 100.00% de los hombres que no son

jefes del hogar, residen en el suroeste y se dedican a actividades agropecuarias desempeñan ocupaciones automatizables. Además, estos individuos son 1.6966 veces más probables a laborar en una tarea automatizable que las demás personas de la población.

Asimismo, se muestra que 98.64% de los hombres jefes de hogar que no tienen nivel educativo alcanzado y laboran en actividades de transporte y comunicaciones realizan tareas automatizables. Adicionalmente, estas personas son 1.6735 veces más probables a realizar ocupaciones automatizables que las demás personas de la población. Por ende, estos patrones de particularidades de los individuos los condicionan a un estado de vulnerabilidad debido al riesgo de que su empleo sea sustituido por las máquinas.

Tabla 2. Reglas de asociación de patrones de características de individuos con tareas automatizables. 2019

Left-hand-side	Right-hand-side	Soporte	Confianza	Lift
Hombre del suroeste, no es jefe de hogar y se dedica a actividades de agricultura y ganadería.	Automatización	0.0129	100.00%	1.6966
Hombre, jefe de hogar, empleado en la actividad económica de Transporte y Comunicaciones. Con mayor nivel académico obtenido: Ninguno.	Automatización	0.0152	98.64%	1.6735
Hombre, dominicano, jefe de hogar, empleado en la actividad económica de Transporte y Comunicaciones. Con mayor nivel académico obtenido: Primario.	Automatización	0.0153	96.69%	1.6404
Habitante de la región suroeste, jefe de hogar y dedicado a actividades agrícolas y ganaderas. Con mayor nivel académico obtenido: Ninguno.	Automatización	0.0185	95.16%	1.6145
Dominicano que lleva acabo actividades formales en la actividad económica Otros Servicios y pertenece al Quintil 1.	Automatización	0.0114	92.37%	1.5672
Mujer, dominicana, empleada en el sector Industria y pertenece al Quintil 2.	Automatización	0.0103	89.91%	1.5254
Mujer, dominicana, empleada en el sector formal en la actividad económica de Otros Servicios. Con mayor nivel académico obtenido: Bachiller.	Automatización	0.0132	89.36%	1.5161
Dominicano, no es jefe de hogar. Perteneces al sector formal y realiza actividades de Otros Servicios. Con mayor nivel académico obtenido: Bachiller.	Automatización	0.0131	89.29%	1.5148
Hombre, migrante, trabaja en la actividad económica Construcción.	Automatización	0.0132	87.50%	1.4845
Left-hand-side	Right-hand-side	Soporte	Confianza	Lift
Realiza actividades en la actividad económica Agricultura y Ganadería y pertenece al Quintil 1.	Automatización	0.0103	85.96%	1.4585
Trabaja formalmente en el sector Industria y pertenece al Quintil 2.	Automatización	0.0182	85.71%	1.4542
Vive en el Gran Santo Domingo, se dedica a trabajar en actividades del sector Industria. Con mayor nivel académico obtenido: Primario.	Automatización	0.0101	85.71%	1.4542
Hombre de la zona urbana, trabaja en el sector Industria. Con mayor nivel académico obtenido: Primario.	Automatización	0.0157	83.33%	1.4138
Hombre, trabaja en la actividad económica Construcción. Con mayor nivel académico obtenido: Ninguno.	Automatización	0.0269	81.85%	1.3886
Realiza actividades en la actividad económica Comercio y pertenece al Quintil 1.	Automatización	0.0126	80.00%	1.3573

Fuente: Estimaciones realizadas a partir de la ENCFT 2019.

5.2. Determinantes de realizar una tarea automatizable

En esta subsección se presentan los resultados de los determinantes de realizar una tarea automatizable según las características intrínsecas del individuo, sus condiciones en el hogar, su ubicación geográfica y actividad económica en la que labora. En la Tabla 3 se observa que las variables son individual y conjuntamente significativas al 99.00% ya que presentan un p-valor de la prueba chi cuadrado de 0.0000. La predicción correcta del modelo total es de 70.78%, mientras que el de hombres es de 73.63% y el de mujeres de 70.86%.

Referido a las características del individuo, el efecto marginal de menor incidencia en que un individuo realice una tarea automatizable es la condición de ser mujer. Las mujeres tienen una probabilidad de 6.81 puntos menor que la de los hombres para desempeñarse en actividades automatizables, *ceteris paribus*. Esto se fundamenta en que los hombres tienden a laborar en tareas rutinarias con alta posibilidad de automatizarse y en sectores con alto riesgo de automatización, mientras que las mujeres son propensas a desempeñarse en actividades de comunicación, planificación, organización y servicios sociales (no rutinarias) (Pouliakas, 2018). Por ende, los hombres son más vulnerables que las mujeres con iguales características.

En el caso de la edad, se verifica que incrementos de esta generan disminuciones en la probabilidad de realizar actividades automatizables, manteniendo los demás factores constantes. La magnitud del efecto marginal tiene forma de «U», en la que los más jóvenes y las personas de edad avanzada presentan las mayores probabilidades de ser desplazadas por las máquinas. Por ende, se valida que los más jóvenes se caracterizan por estar empleados en actividades rutinarias manuales con

alto riesgo de ser automatizadas (Morikawa, 2017). Adicionalmente, se evidencian efectos marginales crecientes, por tanto, se llega a una edad (52 años), en la que, un año adicional genera un incremento en la probabilidad de estar empleado en una ocupación automatizable. Esto afecta a los trabajadores de más edad ya que tenderán a emplear habilidades tecnológicamente obsoletas y es menos probable que participen en un aprendizaje continuo y permanente (Autor & Dorn, 2009).

Además, se presentan asimetrías entre sexo cuando la población tiene más edad. El efecto es más marcado en las mujeres, siendo este de 2.90 puntos por cada año adicional. La probabilidad de que las mujeres realicen tareas automatizables se aumenta a partir de los 48 años, mientras que en los hombres estos incrementos son a partir de los 70 años.

A medida que aumenta la escolaridad del individuo, se disminuye su posibilidad de realizar actividades automatizables. Las ocupaciones de las personas con alto nivel educativo requieren habilidades para resolver problemas de forma creativa y tener interacciones sociales, por ende, presentan baja probabilidad de automatizarse (Nedelkoska & Quintini, 2018). El efecto es más acentuado en los hombres, donde la propensión a realizar una actividad automatizable se reduce en 2.25 puntos a medida que aumenta su escolaridad en 1 año. Sin embargo, este efecto es de apenas 0.67 puntos en el caso de las mujeres. Cada año adicional de educación extra de los hombres reduce la brecha del porcentaje de la población de hombres que realiza tareas automatizables respecto a la de mujeres.

La condición de ser jefe de hogar y estar casado reduce la probabilidad de realizar actividades automatizables. Además, se observa que los individuos que residen en la macrorregión suroeste son los más propensos a desempeñarse en tareas au-

tomatizables en comparación con su contraparte (aquellos de la macrorregión norte).

El efecto marginal de mayor incidencia en el modelo es el de los individuos que laboran en la actividad económica de transporte y comunicaciones. Estos son los más propensos a perder el empleo ya que laboran en tareas que pueden ser sustituidas por las máquinas. En ese sentido, presentan una probabilidad de 25.89 puntos por encima de su contraparte (aquellos que laboran en la industria). A pesar de esto, se encuentran heterogeneidades por sexo, en las cuales, los hombres ocupados en la actividad de transporte y comunicaciones tienen mayor probabilidad (21.45 puntos) de realizar tareas automatizables que los hombres de la industria, mientras que las mujeres que se desempeñan en transporte y comunicaciones son menos propensas (-17.09 puntos) a realizar este tipo de tareas en relación con aquellas que se encuentran en la industria. Esto se debe a que las mujeres que trabajan en transporte y comunicaciones tienden a ostentar cargos administrativos y de supervisión, mientras que los hombres, en general, realizan los trabajos forzosos, manuales y menos técnicos.

Se resalta que los individuos que tienen empleos formales presentan mayor probabilidad de ser sustituidos por los robots, siendo este efecto más marcado en las mujeres. Lo anterior se relaciona en que el sector informal suele caracterizarse por el autoempleo y el empleo en los micro establecimientos, por ende, presentan menores riesgos de desplazamiento ante la automatización (Cebrerosa, Heffnera, Livasb, & Puggionia, 2019).

Adicionalmente, aquellos individuos dedicados a la agropecuaria registran una probabilidad de desempeñar tareas rutinarias por encima de la de su contraparte (aquellos que laboran en la industria). Esto está relacionado con que las

personas empleadas en la agropecuaria son la población menos cualificada (Vásquez, 2019).

Por otra parte, se evidencia que los egresados de la facultad de ingeniería y arquitectura son los menos propensos a realizar actividades automatizables. Estos tienen una probabilidad de 30.51 por debajo que su contraparte (egresados de la facultad de humanidades). Esto último está vinculado al grado de complementariedad de esta fuerza de trabajo con la IA para la ejecución de sus labores (Morikawa, 2017).

Tabla 3. Determinantes de realizar una tarea automatizable, según sexo en República Dominicana. 2019. (Logit robusto: efectos marginales)

Variables independientes	Modelo total	Hombres	Mujeres
	Efectos Marginales	Efectos Marginales	Efectos Marginales
Características del individuo			
Mujer	-0.0681*** (0.0135)		
Edad	-0.0207*** (0.0022)	-0.0139*** (0.0026)	-0.0290*** (0.0038)
Edad^2	0.0002*** (0.00002)	0.0001*** (0.00003)	0.0003*** (0.00004)
Años de educación	-0.0156*** (0.0016)	-0.0225*** (0.0020)	-0.0067** (0.0026)
Condiciones del hogar			
Jefe del hogar	-0.0217. (0.0125)	-0.0148 (0.0156)	-0.0214 (0.0201)
Casado	-0.0698*** (0.0173)	-0.0711*** (0.0215)	-0.0506. (0.0270)
Condiciones geográficas			
Urbano	-0.0081 (0.0136)	-0.0145 (0.0161)	-0.0157 (0.0231)
Gran Santo Domingo	-0.0001 (0.0139)	0.0135 (0.0164)	-0.0075 (0.0227)
Suroeste	0.0436** (0.0161)	0.0605*** (0.0183)	0.0468. (0.0279)
Sureste	-0.0110 (0.0175)	0.0274 (0.0197)	-0.0491. (0.0282)
Actividad económica			
Formal	0.2237*** (0.0136)	0.0928*** (0.0162)	0.3986*** (0.0210)
Agricultura y ganadería	0.1837*** (0.0235)	0.1021*** (0.0253)	0.0813 (0.0880)

Variables independientes	Modelo total	Hombres	Mujeres
	Efectos Marginales	Efectos Marginales	Efectos Marginales
Electricidad y agua	-0.0750 (0.0573)	-0.1262. (0.0686)	0.0406 (0.1057)
Construcción	0.0414 (0.0278)	-0.0278 (0.0283)	-0.0839 (0.1627)
Comercio	-0.1360*** (0.0231)	-0.1440*** (0.0262)	-0.1059* (0.0428)
Hoteles, bares y restaurantes	-0.2245*** (0.0273)	-0.2404*** (0.0375)	-0.1644*** (0.0434)
Transporte y comunicaciones	0.2589*** (0.0209)	0.2145*** (0.0183)	-0.1709* (0.0729)
Intermediarios y financieras	-0.1911*** (0.0419)	-0.1525** (0.0580)	-0.2596*** (0.0495)
Administración pública y defensa	-0.3810*** (0.0267)	-0.4602*** (0.0340)	-0.2417*** (0.0437)
Enseñanza	-0.2617*** (0.0300)	-0.2531*** (0.0462)	-0.2866*** (0.0362)
Salud	-0.2691*** (0.0322)	-0.0581 (0.0641)	-0.3165*** (0.0327)
Otros servicios	-0.1770*** (0.0233)	-0.0902** (0.0297)	-0.1824*** (0.0400)
Facultad			
Ciencias Económicas y Sociales	0.0225 (0.0247)	-0.0268 (0.0342)	0.0169 (0.0367)
Ciencias	-0.0903. (0.0511)	-0.0550 (0.0564)	-0.1658* (0.0834)
Ciencias Jurídicas y Políticas	-0.1219** (0.0473)	-0.1273* (0.0638)	-0.1563** (0.0594)
Ingeniería y Arquitectura	-0.3051*** (0.0376)	-0.2225*** (0.0462)	-0.2499*** (0.0682)
Ciencias de la Salud	-0.2060*** (0.0445)	-0.2911** (0.1052)	-0.2500*** (0.0378)
Ciencias Agronómicas y Veterinarias	-0.1603 (0.1117)	-0.1122 (0.1149)	-0.0544 (0.2276)
Artes	-0.1732. (0.1045)	-0.2537. (0.1481)	-0.1544 (0.1296)
Variables independientes	Modelo total	Hombres	Mujeres
	Efectos Marginales	Efectos Marginales	Efectos Marginales
Ciencias de la Educación	-0.2043*** (0.0333)	-0.0861. (0.0507)	-0.2812*** (0.0321)
Otra	0.2574* (0.1072)	0.2904*** (0.0070)	0.1675 (0.2255)
Observaciones	9545	5756	3789
P-valor F	0.0000	0.0000	0.0000
Predicción	70.78%	73.63%	70.86%

P-valor: *p<0.1; **p<0.05; ***p<0.01

Fuente: Estimaciones realizadas a partir de la ENCFT 2019.

Nota: Los errores estándar se presentan entre paréntesis.

Intercepto: Hombre que no es jefe de hogar y es soltero, reside en la zona rural de la macrorregión Norte, labora en el sector informal en la actividad económica de Industrias y es egresado de la facultad de Humanidades.

5.3. Determinantes de realizar una tarea automatizable según macrorregión

En esta subsección se analiza la probabilidad de desempeñar una tarea automatizable desde un enfoque geográfico. En la Tabla 4 se presentan los efectos marginales según las macrorregiones (Gran Santo Domingo, Norte, Sureste y Suroeste). Los modelos presentan una significancia conjunta al 99.99%. La predicción correcta del modelo asociado a la macrorregión del Gran Santo Domingo es de 68.69%, el del Norte de 71.88%, el del Sureste de 74.47% y el del Suroeste de 72.61%.

Respecto a las características individuales, se evidencia que en todas las macrorregiones los hombres presentan mayor vulnerabilidad que las mujeres ya que son más propensos a estar ocupados en actividades automatizables, por ende, tienen más posibilidades de ser sustituidos por los robots. En ese contexto, la brecha de ocupaciones automatizables por sexo es más acentuada en la macrorregión Sureste, en la cual, las mujeres tienen una probabilidad de 10.34 puntos por debajo que los hombres de esta macrorregión, *ceteris paribus*. Por el contrario, la menor brecha por sexo se encuentra en la macrorregión Suroeste, en donde, las mujeres son menos propensas a ser desplazadas que los hombres en 2.90 puntos.

En cuanto a la edad se verifica que aumentos de esta, disminuyen la probabilidad de desempeñarse en una tarea automatizable en todas las macrorregiones, siendo en el Sureste y en el Gran Santo Domingo donde los efectos son más pronunciados. En el Sureste y en el Gran Santo Domingo, a partir de los 56 y 57 años respectivamente, se incrementa la probabilidad de realizar una actividad automatizable en 0.20 puntos por cada año adicional. En el caso del Norte, la probabilidad de trabajar en

este tipo de actividades comienza a aumentar a partir de los 54 años de edad, mientras que en el Suroeste es a partir de los 75 años de edad. Por otra parte, se evidencia que poseer un mayor nivel educativo incide de manera negativa en que las personas se desempeñen en tareas automatizables (McKinsey Global Institute, 2017).

Se resalta la persistencia en todas las macrorregiones de que las personas que están empleadas en el sector formal son las que presentan mayor probabilidad de estar realizando una tarea automatizable. El efecto marginal más marcado se encuentra en la macrorregión Norte, por tanto, las mayores brechas por sector (formal e informal) se registran en esta. Por otra parte, se observa que las personas que residen en esta macrorregión y en el Suroeste y se dedican a la agropecuaria presentan alto riesgo de ser automatizadas en comparación con los dedicados a la industria en estas macrorregiones.

Los individuos que laboran en la construcción en el Gran Santo Domingo tienen menor probabilidad de realizar tareas automatizables que aquellos que se dedican a la industria en esta misma macrorregión. Sin embargo, este efecto es asimétrico, en el Norte, los que se desempeñan en esta actividad, presentan aumentos en la probabilidad de que la tarea sea automatizable en comparación con su contraparte (dedicados a la industria en la macrorregión Norte). Por otro lado, las actividades económicas con menores tareas automatizables en todas las macrorregiones son la administración pública, defensa, salud y enseñanza. En ese mismo sentido, los egresados de las facultades de ingeniería y arquitectura, ciencias de la salud y ciencias de la educación son los menos propensos a realizar una tarea que pueda ser sustituida por un robot.

Tabla 4. Determinantes de realizar una tarea automatizable, según macrorregiones. 2019

Variables independientes	Gran Santo Domingo	Norte	Sureste	Suroeste
	Efectos Marginales	Efectos Marginales	Efectos Marginales	Efectos Marginales
Características del individuo				
Mujer	-0.0854*** (0.0221)	-0.0504* (0.0242)	-0.1034** (0.0363)	-0.0290 (0.0304)
Edad	-0.0224*** (0.004)	-0.0216*** (0.0037)	-0.0228*** (0.0062)	-0.0150** (0.0046)
Edad ²	0.0002*** (0.0000)	0.0002*** (0.0000)	0.0002** (0.0001)	0.0001* (0.0001)
Años de educación	-0.0132*** (0.0030)	-0.0153*** (0.0028)	-0.0222*** (0.0043)	-0.0138*** (0.0033)
Condiciones del hogar				
Jefe del hogar	-0.0241 (0.0213)	-0.0087 (0.0218)	-0.0276 (0.0345)	-0.0189 (0.0274)
Casado	-0.0964*** (0.0286)	-0.0682* (0.0295)	-0.0062 (0.0469)	-0.0492 (0.0434)
Condiciones geográficas				
Urbano	0.0495 (0.0337)	-0.0553** (0.0201)	-0.0729* (0.0334)	0.0408 (0.0268)
Actividad económica				
Formal	0.2245*** (0.0233)	0.2680*** (0.0238)	0.2487*** (0.0345)	0.1000** (0.0335)
Agricultura y ganadería	-0.1155 (0.0966)	0.1426*** (0.0391)	0.0858 (0.0735)	0.3296*** (0.0304)
Electricidad y agua	0.0618 (0.1112)	-0.0425 (0.0891)	-0.2875* (0.1397)	-0.1107 (0.1129)
Construcción	-0.1260* (0.0491)	0.1499*** (0.0383)	0.0616 (0.0777)	0.0920. (0.0518)
Comercio	-0.2097*** (0.0368)	-0.0617 (0.0384)	-0.1413* (0.0706)	-0.1385* (0.0567)
Hoteles, bares y restaurantes	-0.2730*** (0.0417)	-0.1682*** (0.0499)	-0.2379*** (0.0698)	-0.2522** (0.0797)
Transporte y comunicaciones	0.1631** (0.0496)	0.2935*** (0.0277)	0.3464*** (0.0403)	0.2641*** (0.0274)
Intermediarios y financieras	-0.1633** (0.0586)	-0.2065** (0.0765)	-0.4360*** (0.1107)	-0.2489. (0.1505)
Administración pública y defensa	-0.4300*** (0.0305)	-0.2580*** (0.0637)	-0.4518*** (0.0699)	-0.2861*** (0.0762)
Enseñanza	-0.2466*** (0.0480)	-0.2158*** (0.0552)	-0.3790*** (0.0789)	-0.2363** (0.0744)

Variables independientes	Gran Santo Domingo	Norte	Sureste	Suroeste
	Efectos Marginales	Efectos Marginales	Efectos Marginales	Efectos Marginales
Salud	-0.2832*** (0.0461)	-0.2629*** (0.0562)	-0.1649 (0.1105)	-0.3040*** (0.0853)
Otros servicios	-0.2258*** (0.0369)	-0.1074** (0.0396)	-0.2316*** (0.0676)	-0.1913** (0.0621)
Facultad				
Ciencias Económicas y Sociales	0.0075 (0.0403)	-0.0366 (0.0449)	0.1195* (0.0594)	0.0480 (0.0631)
Ciencias	-0.2025 (0.1045)	-0.1179 (0.085)	-0.6529*** (0.0162)	0.0697 (0.0645)
Ciencias Jurídicas y Políticas	-0.1574* (0.0649)	-0.2876** (0.1076)	-0.1114 (0.1340)	0.1317* (0.0564)
Ingeniería y Arquitectura	-0.3281*** (0.0439)	-0.3411*** (0.0686)	-0.0965 (0.1267)	-0.2836 (0.1953)
Ciencias de la Salud	-0.2126*** (0.0576)	-0.1707* (0.0819)	-0.4095** (0.154)	-0.2014 (0.1407)
Ciencias Agronómicas y Veterinarias	-0.1492 (0.3465)	-0.1361 (0.1261)	0.0101 (0.3223)	-0.2560 (0.3288)
Artes	-0.1566 (0.1047)	-0.6364*** (0.0098)	-0.6316*** (0.0165)	0.2818*** (0.0155)
Ciencias de la Educación	-0.2969*** (0.0577)	-0.2175*** (0.0590)	-0.0471 (0.0994)	-0.1311* (0.0612)
Otra	0.0048 (0.3186)	0.3687*** (0.0098)		
Observaciones	3239	3165	1414	1727
P-valor F	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Predicción	68.69%	71.88%	74.47%	72.61%

P-valor: *p<0.1; **p<0.05; ***p<0.01

Fuente: Estimaciones realizadas a partir de la ENCFT 2019.

Nota: Los errores estándar se presentan entre paréntesis.

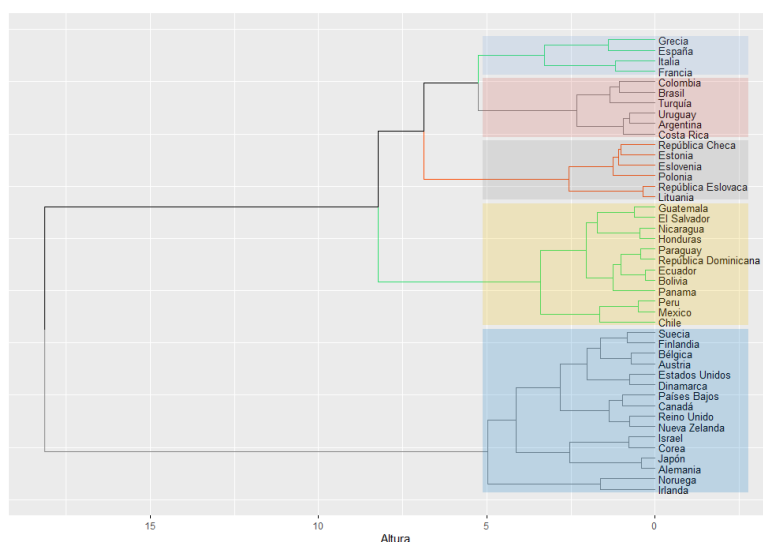
Intercepto: Hombre que no es jefe de hogar y es soltero, reside en la zona rural, labora en el sector informal en la actividad económica de Industrias y es egresado de la facultad de Humanidades.

5.4. Políticas públicas

En el Gráfico 9 se puede observar la forma que los países seleccionados se agrupan, evidenciando sus similitudes y sus diferencias. Aquellos países que pertenecen a un mismo clúster, pueden utilizar a sus países vecinos como punto de refe-

rencia para la elaboración de políticas debido a sus similitudes socioeconómicas. En este caso, las políticas tomadas por aquellos países similares a la República Dominicana, serán utilizadas como guía para sugerir políticas públicas que permitan minimizar los riesgos y aprovechar las oportunidades que trae consigo el fenómeno de la automatización. De igual forma, las políticas públicas adoptadas por países desarrollados sirven como un indicativo de hacia dónde debemos dirigirnos.

Gráfico 9. Clúster jerárquico de la automatización según países. 2018-2019



Fuente: Estimaciones realizadas a partir de datos del BID, BM, CEPAL, ENCFIT, OECD, OIT, UNESCO y precios mundi.

A medida que el conocimiento sobre el impacto de la tecnología en los mercados de trabajo va aumentando, se incrementan las preocupaciones con respecto al papel que juega la fuerza de trabajo en todo este proceso y se hace evidente la necesidad de tomar acciones. A nivel de la región de América Latina, los cambios que se necesitan para enfrentar

las transformaciones tecnológicas, pueden plantearse en tres niveles: estado, empresas e individuos (BID, 2018).

Por un lado, el Estado deberá afrontar los grandes cambios que las nuevas tecnologías traen consigo. Una mayor polarización del trabajo producida por una transición no orgánica a la nueva realidad, podría aumentar la desigualdad y la exclusión social, y por lo tanto perjudicar el actual Estado de Bienestar (González-Páramo, 2017). Por esta razón, el Estado no debería priorizar los puestos de trabajo obsoletos, si no, proteger a las personas y adoptar un rol acorde a los nuevos desafíos que deberán de ser enfrentados (BID, 2018).

Por otro lado, las empresas deben someterse a una transformación para poder seguir siendo competitivas en este nuevo entorno. Estos procesos de cambio implicarán cambiar la asignación de tareas entre personas y máquinas, para las cuales se requerirán nuevas habilidades. En el caso de los individuos, estos deben de estar en un continuo proceso de aprendizaje, si se quiere aprovechar las oportunidades de esta revolución industrial, estos deben adaptarse, aprender a aprender y actualizar continuamente sus conocimientos (BID, 2018).

Desde una perspectiva más particular, las políticas públicas para enfrentar la automatización deben de estar enfocadas en cuatro (4) frentes: la inversión en capital humano, la gestión del talento, el diseño de políticas de empleo efectivas, y las políticas de compensación temporal para los empleados desplazados (González-Páramo, 2017).

El sistema educativo debe preparar a los jóvenes para un futuro en el que usen y se complementen con la tecnología, a la vez que crean, innovan y emprenden. Además, se recomienda fomentar el desarrollo de habilidades «blandas» ligadas a las relaciones interpersonales, el liderazgo y la creatividad.

Mientras que, para los empleados de hoy, es necesario dinamizar el mercado laboral y crear políticas de empleos eficaces

que faciliten el tránsito de los viejos empleos a los nuevos. Para esto, se debe fomentar la educación continua en la edad adulta, eliminar la rigidez institucional y promover una transición tecnológica inclusiva (Bravo M., García, & Schlechter, 2018).

La creación de políticas educativas y de programas de capacitación deben de estar conectadas con la demanda del mercado laboral, para poder coordinar la relación entre las capacidades del capital humano y las necesidades existentes en las industrias. México y Eslovenia han creado programas en los cuales se estudia la disponibilidad de curriculums universitarios que aseguren la provisión de las destrezas demandadas por las empresas (Dongier & Sudan, 2009; OCDE, 2018). Es una «especialización inteligente», donde estos países intentan que la oferta de habilidades satisfaga la demanda de empleo.

Asimismo, Chile y Perú ejecutan un Sistema de Formación Permanente Basado en Competencias Labores. Estos sistemas se basan en la actualización continua de la oferta de trabajo según los requerimientos de la demanda y procesos formativos flexibles los cuales se acoplen con las necesidades del mercado laboral, mejorando así la empleabilidad de las personas (Rucci, 2010; Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo de Perú, 2020). Panamá por su parte, cuenta con un Instituto Nacional de Formación Profesional y Capacitación para el Desarrollo Humano, que se encarga de diseñar el contenido de las capacitaciones en función de las habilidades necesarias por los sectores productivos (INADEH, 2020).

Otra herramienta usada por diversas economías para intentar afrontar la automatización, es la creación de una cuenta individual de aprendizaje o capacitación. Estas cuentas consisten en proveer fondos a aquellos que no tienen los medios ni recursos para mejorar su educación, y por lo tanto no pueden mejorar sus oportunidades de empleo. Países como Chile, Estados Unidos, Francia y Dinamarca han ejecutado en los

últimos años programas con estas características (Martin, 2017; OCDE, 2018).

Por otra parte, la OCDE divide sus sugerencias en cuatro (4) categorías. Primero, los países deben diseñar políticas flexibles para el mercado de trabajo que permitan crear una transformación total, tomando en consideración las nuevas condiciones de trabajo. Tal es el caso de Reino Unido, quienes revisaron su Plan de Empleo y Habilidades para tomar en cuenta los cambios en las condiciones de trabajo y en la mano de obra.

Segundo, crear oportunidades de aprendizaje continuo para aquellos con mayores riesgos de ser sustituidos en sus empleos, para que de esta forma estos trabajadores puedan seguir siendo relevantes en un mercado laboral que cambia rápidamente en poco tiempo. Como el caso de las cuentas individuales de aprendizaje, programas destinados específicamente para que los ciudadanos puedan ampliar sus conocimientos o planes de capacitación digital (OCDE, 2018).

Tercero, implicar a los empleadores en el desarrollo de los programas de capacitación para que estos armonicen con la demanda de habilidades del mercado de trabajo. Cuarto, la OCDE sugiere vincular la demanda de empleo con la oferta en una plataforma web, conocida como «bolsa de empleo», donde se muestren las oportunidades de trabajo disponibles, las destrezas requeridas para cada trabajo y los salarios esperados (OCDE, 2018).

Aunque no se conoce a cabalidad el futuro del trabajo, lo que se sabe es que este futuro traerá consigo desafíos y pondrá a prueba nuestra capacidad para transformarnos y reaccionar. Ante esta realidad, el gobierno dominicano puede evaluar la aplicabilidad de estos programas y tomar acción para preparar a la nación hacia una adaptación natural al fenómeno de la automatización, de forma que, se minimicen los riesgos y se aprovechen las oportunidades.

6. Conclusión

En esta investigación se estudia la incidencia de la automatización en el mercado laboral dominicano. En ese sentido, se estima la tasa de ocupaciones con alta posibilidad de automatizarse. Asimismo, se analizan los patrones de las características de los individuos que realizan tareas que serán automatizables mediante algoritmos de reglas de asociación. Adicionalmente, se emplean modelos logit para determinar la probabilidad de que un individuo labore en una actividad automatizable. Por otra parte, se recomiendan políticas públicas basadas en un clúster jerárquico de países con condiciones similares a la de República Dominicana.

Los resultados brindan evidencia de que la automatización impactará de manera significativa la dinámica del mercado de trabajo. Los hombres serán los más afectados ya que estos tienden a desempeñarse en actividades rutinarias manuales y predecibles, además, de que laboran en sectores (primario y secundario) que presentan los mayores riesgos de automatización.

Los más jóvenes y las personas de edad avanzada son las que presentan las mayores probabilidades de estar empleadas en actividades automatizables, condicionándolas así a un estado de incertidumbre. A partir de los 52 años de edad se incrementa la vulnerabilidad de la fuerza laboral ya que registran mayor probabilidad de realizar tareas automatizables por cada año adicional. Esto genera un problema para la sociedad ya que afecta a los trabajadores que son menos probables a participar en un aprendizaje continuo y permanente que requerirá la adaptación al mercado de trabajo (Autor & Dorn, 2009). Por ende, se necesitan políticas enfocadas a fomentar la educación en la edad adulta, eliminar la rigidez

institucional y promover una transición tecnológica inclusiva (Bravo M., García, & Schlechter, 2018).

Por otra parte, se destaca que las ocupaciones de los individuos con mayor nivel académico están relacionadas a tareas que involucran resolver problemas, razonamiento lógico, creatividad y persuasión, por ende, son los menos propensos a ser reemplazados por las máquinas. En ese contexto, los egresados de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura son los que presentan menor probabilidad de desempeñarse en ocupaciones automatizables. Lo anterior está relacionado por el alto grado de complementariedad de esta fuerza de trabajo y la robótica para el desempeño de sus funciones (Morikawa, 2017).

Territorialmente, las personas que residen en las macroregiones Suroeste y Norte son las que presentan mayores riesgos de realizar tareas con alta posibilidad de automatizarse. Estas se caracterizan por desempeñarse en actividades agropecuarias, construcción, industria y transporte. Por el contrario, en el Gran Santo Domingo se encuentra la menor tasa de automatización. Esto último está explicado por el nivel de cualificación de las actividades que desempeña la fuerza laboral, especialmente, aquellas dedicadas a tareas de gestión y desarrollo de personas, enseñanza y trabajo creativo.

Las actividades económicas que presentan mayor proporción de tareas que serán sustituidas por las máquinas son el transporte y comunicaciones, agropecuaria e industria, especialmente, aquellas que pertenecen al sector formal. En ese tenor, se recomienda crear oportunidades de aprendizaje continuo para facilitar la transición en las actividades que podrían realizar estos individuos.

Las políticas públicas deben de estar enfocadas en cuatro (4) frentes: la inversión en capital humano, la gestión del talento, el diseño de políticas de empleo efectivas, y las políticas de compensación temporal para los empleados desplazados

(González-Páramo, 2017). Se necesitan crear oportunidades de aprendizaje continuo para aquellos con mayores riesgos de ser sustituidos en sus empleos y preparar a los jóvenes para un futuro en el que usen y se complementen con la tecnología.

En la agenda de investigación que se extrae de este documento se podría añadir el análisis de la transición de los empleos de aquellos individuos con tareas automatizables y sus respectivas ocupaciones pasadas mediante encuestas de enfoque longitudinal. Para así poder determinar si existe una persistencia y rigidez en las funciones de las actividades que desempeñan los trabajadores.

7. Bibliografía

Aboal, D., & Zunino, G. (2017). *Innovación y habilidades en América Latina en Robotlución*. El futuro del trabajo en la integración 4.0 de América Latina, Integración & Comercio.

Acemoglu, D., & Autor, D. (2011). *Skills, tasks and technologies: Implications for employment and earnings*. *Handbook of labor economics*.

Acemoglu, D., & Restrepo, P. (2016). *The Race between Machine and Man: Implications of Technology for Growth, Factor Shares and Employment*. American Economic Review.

Acemoglu, D., & Restrepo, P. (2017). *Robots and Jobs: Evidence from US Labor Markets*. NBER Working Paper.

Acemoglu, D., & Restrepo, P. (2019). *Artificial Intelligence, Automation, and Work*. Chicago: National Bureau of Economic Research.

Aghion, P., & Howitt, P. (1994). *Growth and unemployment*. The Review of Economic Studies.

Arntz, M., Gregory, T., & Zierahn, U. (2016). *The Risk of Automation for Jobs in OECD Countries: A Comparative Analysis*. Paris: OECD Publishing.

Autor, D. (2015). *Why are there still so many jobs? The history and future of workplace automation*. The Journal of Economic Perspectives.

Autor, D., & Dorn, D. (2009). *This Job is Getting Old: Measuring Changes in Job Opportunities Using Occupational Age Structure*. The American Economic Review.

Autor, D., Levy, F., & Murnane, R. (2003). *The skill content of recent technological change: An empirical exploration*. (Vol. 118). The Quarterly Journal of Economics.

Balliester, T., & Elsheikhi, A. (2018). *The Future of Work: A Literature Review*. International Labour Office.

Bessen, J. (2015). *Learning by Doing: The Real Connection Between Innovation, Wages, and Wealth*. Yale University Press.

Bessen, J. (2016). *How Computer Automation Affects Occupations: Technology, Jobs, and Skills*. Boston University.

BID. (2018). *El futuro del trabajo en América Latina y El Caribe*. Banco Interamericano de Desarrollo.

Bravo M., J., García, A., & Schlechter, H. (2018). *Automatización e Inteligencia Artificial: Desafíos del Mercado Laboral*. Santiago: Centro Latinoamericano de Políticas Económicas y Sociales .

Brynjolfsson, E., & McAfee, A. (2014). *The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies*. New York: W. W. Norton & Company.

Cebrososa, A., Heffner, A., Livasb, R., & Puggionia, D. (2019). *Automation Technologies and Employment at Risk: The Case of Mexico*.

Decreto 710-04. (2004). *Decreto 710-04*.

Dongier, P., & Sudan, R. (2009). *Realizing the Opportunities Presented by the Global Trade in IT-Based Services*. Information and Communications for Development.

Ford, M. (2015). *Rise of the robots: technology and the threat of a jobless future*. NY: Basic books.

Frey, C., & Osborne, M. (2013). *The future of employment: how susceptible are jobs to computerisation?* .

Fundación Chile. (2017). *Automatización y Empleo en Chile*. Fundación Chile.

Goldin, C., & Katz, L. (2009). *The race between education and technology*. Harvard University Press.

González-Páramo, J. M. (2017). *Cuarta Revolución Industrial, empleo y Estado del Bienestar*. Madrid: Real Academia de las Ciencias Morales y Políticas.

Hastie, T., Tibshirani, R., & Friedman, J. (2001). *The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction*. Springer.

Hastie, T., Tibshirani, R., Witten, D., & James, G. (2013). *An Introduction to Statistical Learning: With Applications in R*.

Heckman, J. (1979). *Sample Selection Bias as a Specification Error*. *Econometrica* 47, pp. 153-161.

INADEH. (5 de Julio de 2020). *República de Panamá*. Obtido de Instituto Nacional de Formación Profesional y Capacitación para el Desarrollo Humano.

Keynes, J. (1930). *Economic possibilities for our grandchildren*. Essays in persuasion.

Lantz, B. (2015). *Machine Learning with R*. Packt Publishing Ltd.

Lesmeister, C., & Kumar, S. (2019). *Advanced Machine Learning with R*. Packt.

Mantoux, P. (1928). *The Industrial Revolution in the Eighteenth Century: An Outline*. New York.

Marcolin, L., Miroudot, S., & Squicciarini, M. (2016). *The Routine Content Of Occupations: New Cross-Country Measures Based On PIAAC*. Paris: OECD Publishing.

Martin, J. P. (2017). *Policies to expand digital skills for the machine age*. GLO Discussion Paper No. 42.

McKinsey Global Institute. (2017). *Jobs Lost, Jobs Gained: Workforce Transitions*. McKinsey & Company.

Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo de Perú. (5 de Julio de 2020). *Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo de Perú*.

Mokyr, J. (1990). *The Lever of Riches: Technological Creativity and Economic Progress*. New York: Oxford University Press.

Morikawa, M. (2017). *Who Are Afraid of Losing Their Jobs Artificial Intelligence and Robots? Evidence from a Survey*. Maastricht: Global Labor Organization (GLO).

Mulas-Granados, C., Varghese, R., Boranova, V., deChalendar, A., & Wallenstein, J. (2019). *Automation, Skills and the Future of Work: What do Workers Think?* Fondo Monetario Internacional.

Nedelkoska, L., & Quintini, G. (2018). *Automation, skills use and training*. OECD.

OCDE. (2018). *Job Creation and Local Economic Development 2018: Preparing for the Future of Work*. Paris: OECD Publishing.

Pino, B. (2016). *Presentación de la Encuesta Nacional Continua de Fuerza de Trabajo: cambios conceptuales y metodológicos a la encuesta nacional de fuerza de trabajo*. Organización Internacional del Trabajo.

Pouliakas, K. (2018). *Determinants of Automation Risk in the EU Labour Market: A Skills-Needs Approach*. Institute of Labor Economics, Germany.

Rasmussen, W. (1982). *The Mechanization of Agriculture*. Scientific American.

Rifkin, J. (1995). *The End of Work: The Decline of the Global Labor Force and the Dawn of the Post-Market Era*. New York: Putnam Publishing Group.

Rodríguez, G. (2007). *Lecture Notes on Generalized Linear Models*. Princeton University.

Rucci, G. (2010). *Chile: Capacitación en el sistema de formación continua basado en competencias laborales. Avances, desafíos y recomendaciones de política*. Banco Interamericano de Desarrollo.

Schwab, K. (2018). *The fourth industrial revolution*. Geneva: World Economic Forum.

Vásquez, E. (2019). *Determinantes de tener un título universitario en la República Dominicana: Un análisis interregional*.

Vivarelli, M. (2014). *Innovation, employment and skills in advanced and developing countries: a survey of the literature*. Journal of Economic Issues.

Weller, J., Gontero, S., & Campbell, S. (2019). *Cambio tecnológico y empleo: una perspectiva Latinoamericana. Riesgos de la sustitución tecnológica del trabajo humano y desafíos de la generación de nuevos puestos de trabajo*. Santiago: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

World Bank. (2018). *The World Bank Annual Report 2018*.

World Economic Forum. (2016). *The future of jobs: employment, skills and the workforce strategy for the fourth industrial revolution*. Geneva.

8. Apéndice

Apéndice A. Variables utilizadas y su descripción

Variable	Descripción
Automatización	Igual a 1 si el individuo labora en una ocupación automatizable y 0 si no labora en una automatizable
Mujer	Variable dicotómica que es igual a 1 si es mujer y 0 si es hombre
Edad	Cantidad de años
Rango de edad	[20-25], [26-30], [31-35], [36-40], [41-45], [46-50], [51-55], [56-60], [61-65], [66-70], [71-]
Educación	Cantidad de años de educación
Facultad	Facultad en la que estudió la persona, como son: Artes, Ciencias, Ciencias Agronómicas y Veterinarias, Ciencias de la Educación, Ciencias de la Salud, Ciencias Económicas y Sociales, Ciencias Jurídicas y políticas, Humanidades, Ingeniería y Arquitectura, Otras
Mayor nivel obtenido	Título o diploma del mayor nivel educativo obtenido
Jefe	Igual a 1 si es jefe del hogar y 0 viceversa
Casado	Igual a 1 si se encuentra casado y 0 viceversa
Migrante	Igual a 1 si es extranjero y 0 viceversa
Zona	Igual a 1 si reside en la zona urbana y 0 en zona rural
Macrorregión	Si la persona reside en el Gran Santo Domingo, Norte, Sureste o Suroeste
Formal	Igual a 1 si labora en el sector formal y 0 en el informal
Actividad económica	Agricultura y ganadería, Industrias, Construcción, Electricidad y agua, Comercio, Hoteles, bares y restaurantes, Transporte y comunicaciones, Intermediarios y financieras, Enseñanza, Salud y asistencia social, Administración pública y defensa y Otros servicios
Quintil	Quintil de la persona según el salario por hora devengado
Tasa de automatización	Porcentaje de empleos que serán automatizados
PIB per cápita	Medido en US\$ a precios constantes de 2010
Inversión en I&D	Inversión en Investigación + Desarrollo como % del PIB
Desempleo	Tasa de desempleo abierto
Productividad	Medido en la producción por trabajador en US\$ a precios constantes de 2010
Escolaridad	Promedio de años de escolaridad
Salario	Promedio del salario mensual medido en US\$

Fuente: Elaboración propia.

Apéndice B. Regionalización de la República Dominicana

Macrorregión	Región	Provincia
Norte	Cibao Norte	Santiago
		Puerto Plata
		Españillat
	Cibao Sur	La Vega
		Monseñor Nouel
		Sánchez Ramírez
	Cibao Nordeste	Duarte
		Salcedo
		María Trinidad Sánchez
		Samaná
	Cibao Noroeste	Valverde
		Monte Cristi
		Dajabón
Suroeste	Valdesia	Santiago Rodríguez
		San Cristóbal
		Azua
		Peravia
	Enriquillo	San José de Ocoa
		Barahona
		Baoruco
		Pedernales
	El Valle	Independencia
		San Juan
Sureste	Yuma	Elías Piña
		La Romana
		La Altagracia
	Higuamo	El Seibo
		San Pedro de Macorís
		Hato Mayor
	Ozama o Metropolitana	Monte Plata
		Distrito Nacional
		Santo Domingo

Fuente: Elaboración propia.

Ganadores del Concurso Anual de Economía
Biblioteca «Juan Pablo Duarte», 1986-2020

Años	Premios	Autores / Título
2020	Primero	Liliana Eugenia Cruz Quezada <i>Comunicados de política monetaria del Banco Central como instrumentos complementarios de política: un análisis semántico para el caso dominicano.</i>
	Segundo	Manuel Alberto Pérez Pérez <i>Reglas de política monetaria y evaluación de bienestar en una economía pequeña y abierta con fricciones financieras: evidencia para República Dominicana desde un enfoque DSGE Neo Keynesiano.</i>
	Tercero	Víctor José Reyes Hernández y Alerso Pimentel Domínguez <i>Caracterización del riesgo de tasa de interés de la cartera de inversión de los bancos múltiples y su importancia en el análisis de la estabilidad financiera en la República Dominicana.</i>
	Cuarto	Francisco A. Ramírez de León y Ariadne M. Checo de los Santos <i>Política monetaria óptima con múltiples instrumentos: el caso de la República Dominicana.</i>

- Quinto Sabeida Pérez Reyes
y Eduardo R. Vásquez Nolasco
Incidencia de la automatización en el mercado de trabajo de la República Dominicana.
- 2019 Primero José Antonio Pellerano Guzmán
Impacto de largo plazo de un programa de transferencias condicionadas. El caso de la República Dominicana.
- Segundo Nerys Federico Ramírez Mordán / José Antonio Vargas
Incertidumbre fiscal y volatilidad macroeconómica en la economía dominicana.
- Tercero Ana María Fernández González
Determinantes de la migración circular haitiana de carácter laboral en la República Dominicana: Un enfoque de modelos binominales negativos.
- Cuarto Manuel Alberto Pérez Pérez
Midiendo los efectos y canales de transmisión de la política monetaria en la República Dominicana.
- Quinto Carlos Alberto Delgado Urbáez
Incidencia de los conglomerados financieros en la actividad bancaria: tasas de interés, competencia y retorno de conglomerado.
- 2018 Primero Ariadne Maridena Checo de los Santos / Fadia Carolina Camacho Noyola
Impacto macroeconómico de una política monetaria con metas de inflación.

	Segundo	José Alexander García de Peña / Jomayra Patricia Mones Prebisterio <i>Jornada escolar extendida: efectos sobre la oferta laboral femenina dominicana.</i>
	Tercero	Miguel Alejandro Jiménez Polanco / Lisette Josefina Santana Jiménez <i>Estimación del crecimiento económico subnacional de la República Dominicana: un enfoque basado en luces satélites.</i>
	Cuarto	Juan Bautista Rodríguez Núñez / Isaac Enmanuel Guerra Salazar <i>Una aplicación de la descomposición Blinder-Oasaca junto a regresiones por cuantiles de influencia recentrada al sector formal e informal y sus determinantes.</i>
	Quinto	Eva Rosmery Rodríguez Cuevas <i>Shock de renta y alocaión del tiempo entre trabajo y estudios de los niños y adolescentes de la República Dominicana.</i>
2017	Primero	Nabil Sojel López Hawa / Miguel Alejandro Jiménez Polanco <i>Explicando la brecha entre el salario real y la productividad laboral en la República Dominicana: Análisis macroeconómico y recomendaciones de políticas basadas en microsimulaciones.</i>
	Segundo	Nerys Federico Ramírez Mordán <i>Caracterización de la dinámica de la desigualdad en la República Dominicana.</i>

- Tercero Lisette Santana Jiménez / Pilar del Carmen Mateo Mejía
Dinámica de la actividad económica en tiempo real y su relación con la evolución de factores determinantes del crédito bancario: Evidencia para la República Dominicana basada en probabilidades de Google trends y un modelo Bayesiano Estructural de series de tiempo.
- Cuarto Iván Etienne Guzmán Aybar / Ricardo Enrique Salazar Alberti
Estimación de la Elasticidad-Precio de Corto Plazo de la Demanda de Electricidad en República Dominicana.
- Quinto Carlos José Montero Gil
Caracterización, determinantes e incidencia de la actividad micro-emprendedora en la República Dominicana.
- 2016 Primero Nerys F. Ramírez
Determinantes del desempleo en la República Dominicana. Dinámica temporal y microsimulaciones.
- Segundo Raúl Ovalle Marte / Francisco A. Ramírez de León
Análisis intertemporal de la hoja de balance de un Banco Central: el caso dominicano.
- Tercero Oscar Iván Pascual Vásquez
Una estimación del costo en bienestar de la inflación para República Dominicana.

	Cuarto	Ana Emilia Pimentel Rodríguez / Carlos Alberto Delgado Urbáez <i>Riqueza e inflación financiera: un acercamiento a los costos de exclusión financiera en la República Dominicana.</i>
	Quinto	Pilar del Carmen Dolores Mateo Mejía / Antonio María Giraldi Monción <i>Educación financiera y la planeación para el retiro laboral en la República Dominicana: Análisis a partir de los modelos de máxima verosimilitud para variables cualitativos.</i>
2015	Primero	Marvin Cardoza Epinoza <i>Duración y recurrencia del desempleo en la República Dominicana.</i>
	Segundo	Carlos Alberto Delgado Urbáez / Yocauris García Rodríguez <i>Eficiencia y regulación bancaria: Una aplicación de la envoltante de datos y modelo de variables censuradas para República Dominicana y Centroamérica.</i>
	Tercero	Evalina Gómez Paulino / Carmen Altagracia García Berigüete <i>Desajuste educativo: Incidencia y efecto sobre los salarios y la productividad, 2010-2014.</i>
	Cuarto	Marco Porfirio Martínez Polanco / Marco Antonio Noyola Rincón <i>Vulnerabilidad, contagio y centralización. Medidas de riesgo sistémico para la banca múltiple en República Dominicana.</i>

- Quinto Nerys F. Ramírez
Contagio y dinámica temporal de la volatilidad del tipo de cambio dominicano: un enfoque GARCH multivariante (2000-2015).
- 2014 Primero Francisco A. Ramírez de León / Raúl Ovalle Marte
Reglas versus discreción en la política fiscal: Introducción al caso dominicano.
- Segundo José Manuel Michel / Luis Teodoro Reyes Henríquez
Análisis del mercado laboral con datos de panel en impacto cesantía.
- Tercero Fidel Ernesto Morla Martínez
La economía no observada de la República Dominicana: Tamaño, causas y consecuencias.
- Cuarto Gabriela Amelia Tejada Duarte
Análisis de la inflación y la conducción de la política monetaria en la República Dominicana.
- Quinto Raymer Díaz Hernández / Karen Olivo Santana
Remesas, mercado laboral y educación en República Dominicana: Un análisis desde la perspectiva de los experimentos naturales.

Mención de honor	Carlos Ml. Gratereaux Hernández <i>Tipo de cambio real de equilibrio, fundamentos y desalineamiento en una economía pequeña y abierta: Metodología BEER adaptada al caso dominicano.</i>
Mención de honor	Gina J. Mendieta Amarante / Juan Carlos Jiménez Guerrero <i>Impacto del ahorro previsional voluntario en las pensiones del sistema de capitalización individual del régimen contributivo en República Dominicana.</i>
Mención de honor	Marvin Cardoza Espinoza / Nelissa Aybar Rivera <i>Economía del comportamiento: Cumplimiento tributario en la República Dominicana.</i>
2013 Primero	Francisco A. Ramírez de León <i>Oferta laboral en la República Dominicana: tendencias y determinantes.</i>
Segundo	Carlos Alberto Delgado Urbáez / Yocauris Del Carmen García Rodríguez <i>Un índice de estabilidad bancaria para la República Dominicana: una aproximación cuantitativa de estabilidad financiera.</i>

- | | |
|--------------|---|
| Tercero | Raymer Díaz Hernández
<i>Análisis del registro tardío de nacimientos en República Dominicana.</i> |
| Cuarto | Nerys Federico Ramírez Mordán
<i>Determinante de la pobreza y vulnerabilidad social en República Dominicana. 2000 – 2012.</i> |
| Quinto | Jaime Ariel Pérez Lara / Ariadne Maridena Checo de los Santos / Amarilis Altagracia Aquino
<i>Factores asociados al desempeño de los estudiantes de República Dominicana</i> |
| 2012 Primero | Catalina Michelle Tejada
<i>Evaluación del impacto de los shocks de política fiscal en República Dominicana: cuantificación multiplicadores fiscales.</i> |
| Segundo | Evelio Paredes Encarnación
<i>Fuentes de fluctuaciones económicas en la República Dominicana desde una perspectiva de equilibrio general.</i> |
| Tercero | Carlos Manuel Gratereaux Hernández
<i>Remesas familiares, demanda de dinero y tipo de cambio real en República Dominicana: un análisis multivariado.</i> |
| Cuarto | Francisco Alberto Ramírez de León
<i>Descomponiendo la desigualdad salarial en la República Dominicana: análisis empírico para el período 2000-2011</i> |
| Quinto | José Manuel Mota Aquino
<i>Crecimiento económico dominicano: acumulación y productividad total de factores 1966-2007.</i> |

- 2011 Primero Eliel D. Jiménez R. / Raúl Ovalle
Ecuaciones diferenciales estocásticas para análisis de sostenibilidad de deuda pública.
- Segundo Juan Carlos López Pérez
Paridad descubierta de tasas de interés con un enfoque multipaís aplicado para la República Dominicana.
- Tercero Karen Altagracia Olivo Santana / Raymer Díaz
Determinantes de la fecundidad de las adolescentes de la República Dominicana. Evidencia a partir de la Encuesta Nacional de Salud 2007.
- Cuarto Patricia Margarita Pérez Pérez / Alexander Medina Félix
Régimen cambiario y estabilidad macroeconómica: un modelo para el análisis en República Dominicana.
- Quinto Carlos Manuel Gratereaux Hernández
¿Cuáles son los determinantes de la cuenta corriente? El enfoque intertemporal aplicado a la República Dominicana.
- 2010 Primero Raúl E. Hernández Báez
Estructura de plazos de las tasas de interés en República Dominicana: impacto de los factores macroeconómicos tradicionales y del sistema de capitalización individual.

- | | | |
|------|---------|---|
| | Segundo | Joel A. González Pantaleón
<i>Traspaso de la política monetaria a las tasas de interés de mercado y sus efectos en el sector real. Evidencia para República Dominicana.</i> |
| | Tercero | Francisco Alberto Ramírez de León
<i>Perturbaciones externas y cambios de política económica: un análisis de la dinámica macroeconómica de República Dominicana para el período 1998-2009.</i> |
| | Cuarto | Emilia Carolina Díaz Moreno
<i>El capital social y el crecimiento económico. Un caso de estudio para América Latina y el Caribe.</i> |
| 2009 | Primero | Desierto |
| | Segundo | Carlos Manuel Gratereaux Hernández
<i>Sostenibilidad del déficit en cuenta corriente y vulnerabilidad externa de la economía dominicana.</i> |
| | Tercero | Marie Claire Vásquez Durán
<i>Corrupción en las aduanas: un problema de acción colectiva. El caso de los países miembros del DR-CAFTA.</i> |
| | Cuarto | María Eugenia Dávalos Perdomo /
Indhira V. Santos E.
<i>Protegiendo a los más vulnerables: impacto del régimen subsidiado de salud en la República Dominicana.</i> |
| | Quinto | Harold Ayatollah Vásquez Ruiz
<i>Probabilidad de cambios en los precios medidos a partir de encuestas cualitativas de opinión empresarial.</i> |

- 2008 Primero Patricia Bencosme Germán
Fluctuaciones macroeconómicas en la economía dominicana. Un análisis de VAR estructural.
- Segundo Gladys Isabel Jiménez Reyes /
 Brenda Mercedes Villanueva Rivas
Economía del crimen y la reincidencia penitenciaria: evidencia empírica para la República Dominicana.
- Tercero Clara Amelia Yaryura Paulino
Fondo de Solidaridad Social de la República Dominicana.
- 1ra. Mención Carlos Manuel Gratereaux Hernández
Un análisis sobre el nivel de reservas internacionales óptimo en la República Dominicana.
- 2da. Mención Raúl E. Hernández Báez /
 Juan A. Pimentel Aristy
No linealidades en la Curva de Phillips y la política monetaria: teorías y evidencia para la República Dominicana.
- 2007 Primero Frank Alexis Fuentes Brito /
 Brenda Mercedes Villanueva Rivas
Impacto económico de la diabetes mellitus en la República Dominicana: análisis y recomendaciones de políticas públicas.

- Segundo Rafael E. Capellán Costa /
José Manuel Michel / Luis Reyes
Henríquez
Impacto distributivo de DR-CAFTA: efectos sobre el empleo, el ingreso y la equidad en los sectores industriales y agropecuarios en RD.
- Tercero Eliel David Jiménez Romero
Riesgos de mercado: valor en riesgo calculado con modelos de volatilidad condicional integrado de forma dinámica con simulación de Monte Carlo.
- 1ra. Mención José Antonio Pellerano Guzmán
Desalineamiento cambiario y crecimiento.
- 2da. Mención Ana Julia Sierra Cordero /
Edgar Octavio Mora-les Pérez
Estimación del Índice de Condiciones Monetarias para la República Dominicana.
- 2006 Primero María Eugenia Dávalos Perdomo /
Indhira Vanessa Santos Echavarría
Sinergias potenciales en los objetivos de desarrollo del milenio: el caso de la violencia doméstica y la nutrición infantil en América Latina.
- Segundo Frank Alexis Fuentes Brito /
Brenda Mercedes Villanueva Rivas
¿Vale la pena estudiar en la universidad en República Dominicana?: análisis de la rentabilidad de la educación superior en el mercado formal utilizando funciones de ingreso mincerianas.

- Tercero Patricia Bencosme Germán
El canal del crédito bancario en la economía dominicana.
- 1ra. Mención Carlos M. Grateraux Hernández /
Karina Isabel Ruiz Pimentel
Efectividad y mecanismos de transmisión de la política monetaria en la economía dominicana: una aproximación empírica integral.
- 2da. Mención Ricardo E. Roques Núñez
Determinantes del riesgo soberano en la República Dominicana: una aproximación a través de paneles de datos no balanceados.
- 2005 Primero Raúl E. Hernández Báez
Coordinación de políticas monetaria y fiscal en la República Dominicana.
- Segundo Ricardo E. Roques Núñez
Un modelo para corregir las distorsiones del mercado cambiario dominicano.
- Tercero Marcos José De León Pimentel
Mejoras al sistema de seguro de depósitos.
- 1ra. Mención María Ivanova Reyes
Incidencia inflacionaria en una economía pequeña y abierta.
- 2da. Mención Raúl E. Hernández Báez
Dinámica de la inflación y de la tasa de depreciación del tipo de cambio en la República Dominicana: un modelo econométrico sobre los determinantes y la volatilidad de la tasa de inflación y de la tasa de depreciación del tipo de cambio en los años bajo tipo de cambio flexible.

- 2004 Primero Desierto
- Segundo Ellen Pérez Ducy de Cuello /
Alexander Medina Félix
Neutralidad monetaria en República Dominicana: antes y después de la crisis bancaria 2003.
- Tercero Alexis Vidal Cruz Rodríguez
Un análisis del ciclo económico de la República Dominicana bajo cambios de régimen.
- 1ra. Mención Carlos Julio Camilo V.
Las fluctuaciones económicas en la República Dominicana. Cuantificación y análisis.
- 2003 Primero Hamlet Gutiérrez Mota
Desajustes fiscales y su impacto en la cuenta corriente: una aproximación al proceso de ajuste externo de la economía dominicana.
- Segundo Ellen Pérez Ducy de Cuello
Predominio fiscal y política monetaria en la República Dominicana.
- Tercero Alexander Medina Félix
Determinantes del tipo de cambio de equilibrio, presión sobre el mercado cambiario y ataques especulativos en la República Dominicana: evidencia reciente.
- 1ra. Mención Harold Ayatollah Vásquez Ruiz
Mecanismos de transmisión monetaria en la República Dominicana: el traspaso de las devaluaciones del tipo de cambio sobre los niveles de precios.

	2da. Mención	Rolando Reyes <i>Desequilibrio macroeconómico de corto plazo y el sobredesbordamiento del tipo de cambio: el caso Baninter vs. Pérdida de credibilidad política monetaria.</i>
	3ra. Mención	Ingrid M. Isidor Martínez Franklin E. Díaz Casado <i>Modelo de sustitución de activos: el caso de la República Dominicana.</i>
2002	Primero	Desierto
	Segundo	Edwin A. Guerra <i>Análisis de la ley de Seguridad Social y su impacto económico.</i>
	Tercero	Osvaldo Raúl Montalvo Cossío <i>La alquimia de los índices generales de precios.</i>
2001	Primer	Peter A. Prazmowski <i>Consumo, ahorro y la teoría del ciclo vital estocástico con movilidad parcial de capitales: el caso de la República Dominicana.</i>
	Segundo	Rodrigo Jaque García <i>La programación financiera y la gestión pública.</i>
	Tercero	Jerson Del Rosario <i>Dominicana en la era de la globalización.</i>
	Cuarto	Felipe Antonio Llaugel <i>Simulación de desempeño de Fondos de Pensiones.</i>
	Quinto	Marjorie Castillo Tezanos <i>Viabilidad del comercio electrónico en el mercado dominicano.</i>

- | | | |
|------|------------------|--|
| 2000 | Primer | Felipe Antonio Llaugel
<i>Sistema proactivo de supervisión financiera.</i> |
| | Segundo | Luis Scheker
<i>Demanda de salud en la República Dominicana: una estimación econométrica.</i> |
| | Tercer | Peter A. Prazmowski
<i>Una nota sobre las crisis económicas y los programas de estabilización en la República Dominicana.</i> |
| 1999 | Primer | Magín Javier Díaz Domingo
<i>Un modelo macroeconómico de corto plazo para proyecciones y análisis de políticas: el caso de República Dominicana.</i> |
| | Segundo | Rolando Reyes
<i>La medición del riesgo de mercado de las instituciones financieras dominicanas. Impactos del surgimiento de un mercado de derivados en la cobertura y reducción de dicho riesgo.</i> |
| | Tercer | Loraine Cruz de Santana /
Dayana Lora de Vio
<i>¿Ha sido el tipo de cambio ancla nominal de la inflación en la República Dominicana?</i> |
| | Mención de honor | Loraine Cruz de Santana
<i>La inflación subyacente en la República Dominicana: una propuesta para el diseño de política monetaria e indicador de desempeño de las autoridades monetarias.</i> |

1998	Primer	Amelia Uliafnova Santos Paulino <i>Inversión extranjera directa, comercio y crecimiento en la República Dominicana y América Latina.</i>
	Segundo	José R. Sánchez Fung <i>Neutralidad monetaria: un análisis econométrico para el caso de la República Dominicana.</i>
	Tercer	Rolando Reyes <i>La paridad de interés y la determinación de la eficiencia de los mercados cambiarios.</i>
1997		Desierto
1996	Primer	Arturo Méndez Gómez <i>Tipo de cambio de equilibrio, colapsos cambiarios y crecimiento económico en la República Dominicana.</i>
	Segundo	Rolando Reyes <i>Estructura de mercado e impactos de la apertura comercial en el sector industrial: implicaciones para la política arancelaria y de reestructuración industrial.</i>
	Tercer	Rodrigo Jaque García <i>Impacto del tipo de cambio real en la economía dominicana. Antecedentes y perspectivas.</i>
	Cuerto	Peter A. Prazmowski <i>Credibilidad e inercia inflacionaria: efectividad de las políticas monetarias y cambiarias en la República Dominicana.</i>
1995		Desierto
1994		Desierto

- | | | |
|------|--------|--|
| 1993 | Primer | Andrés Dauhajre, hijo.
<i>Sesgo antiexportador y promoción de exportaciones en la República Dominicana.</i> |
| 1992 | | Desierto |
| 1991 | | Desierto |
| 1990 | Tercer | Edwin A. Guerra Peña
<i>¿Por qué falló el sistema de reintegro de divisas?</i> |
| 1989 | | Desierto |
| 1988 | | Desierto |
| 1987 | | Desierto |
| 1986 | Tercer | Alejandro Bienvenido Beltré
<i>La concentración bancaria en la República Dominicana: análisis de la banca comercial a través del coeficiente de GINI y el índice de Herfinahl, 1960-1985.</i> |

Jurados Concurso Anual de Economía
Biblioteca «Juan Pablo Duarte»

AÑO 1986-1987	Lic. Fernando Pellerano Lic. Dennis R. Simó Dr. José Luis Alemán, S. J. Lic. Ramón Pérez Minaya Lic. Héctor Valdez Albizu Dr. Manuel José Cabral
AÑO 1988	Lic. Julio G. Ortega Tous Lic. Maritza Amalia Guerrero Lic. Dennis R. Simó Lic. Luis Aquiles García Recio Lic. José Manuel López Valdez
AÑO 1989	Dr. Virgilio Díaz Grullón Lic. Gladys Santana Dr. José Luis Alemán, S. J. Dr. Andrés Dauhajre, hijo Dr. Jorge Munguía Lic. Milady Santana
AÑO 1990	Dr. Virgilio Díaz Grullón Lic. Dulce Báez Guerrero Dra. Jacqueline Boin de Serrulle Dr. Miguel Ceara Hatton Dr. Gustavo S. Volmar Álvarez Dr. Jorge Munguía
AÑO 1991	Lic. Héctor Valdez Albizu Lic. Juan M. Prida Busto Lic. Miguel Sang Ben Lic. Héctor Guiliani Cury Sr. Miguel Guerrero Dr. Jorge Munguía

AÑO 1992	Dr. Roberto Lamarche Lic. Juan M. Prida Busto Lic. Carlos Despradel Ing. José Israel Cuello Dr. Frederick Emán-Zadé Gerardino Lic. Beatriz Yermenos
AÑO 1993	Dr. Roberto Lamarche Lic. Juan M. Prida Busto Dr. Edilberto Cabral Ramírez Dr. José Luis Alemán, S. J. Lic. Nelson Peña Dra. América Bastidas
AÑO 1994	Lic. Opinio Álvarez Betancourt Lic. Mirtha Medrano Guerrero Lic. Bernardo Vega Lic. Julio Llibre Lic. Héctor Guiliani Cury Dr. José Luis Alemán, S. J. Dr. Roberto Saladín
AÑO 1995	Dr. José Luis Alemán, S. J. Dr. Roberto Saladín Lic. Opinio Álvarez Betancourt Lic. Andrés Dauhajre, hijo Lic. Hugo Guiliani Cury Lic. Bernardo Vega Lic. José Alfredo Guerrero
AÑO 1996-98	Lic. Mirtha Medrano Guerrero Lic. José Alfredo Guerrero Lic. Gladys Santana Lic. Opinio Álvarez Betancourt Lic. Hugo Guiliani Cury Dr. José Luis Alemán, S. J. Dr. Andrés Dauhajre, hijo

AÑO 1999-2000
Lic. José Alfredo Guerrero
Dr. Francisco Pérez Luna
Lic. Gladys Santana
Lic. Opinio Álvarez Betancourt
Lic. Hugo Guiliani Cury
Dr. José Luis Alemán, S. J.
Dr. Andrés Dauhajre, hijo

AÑO 2001
Dr. José Luis Alemán, S. J.
Lic. Hugo Guiliani Cury
Lic. Opinio Álvarez Betancourt
Dr. Andrés Dauhajre, hijo
Lic. Fernando Pellerano Morilla
Lic. Roberto Liz Castellanos
Lic. Bernardo Vega

AÑO 2002
Dr. José Luis Alemán, S. J.
Lic. Porfirio García
Lic. Opinio Álvarez Betancourt
Dr. Andrés Dauhajre, hijo
Lic. Fernando Pellerano Morilla
Lic. Roberto Liz Castellanos
Dr. Pedro Silverio

AÑO 2003
Dr. José Luis Alemán, S. J.
Lic. Opinio Álvarez Betancourt
Dr. Julio Andújar Scheker
Dr. Miguel Ceara Hatton
Dr. Porfirio García
Lic. Peter A. Prazmowski

AÑO 2004
Dr. José Luis Alemán, S. J.
Lic. Opinio Álvarez Betancourt
Dr. Julio Andújar Scheker
Dr. Miguel Ceara Hatton
Dr. Porfirio García

	Dr. Peter A. Prazmowski Dra. Amelia Santos Paulino
AÑO 2005-2007	Dr. José Luis Alemán, S. J. Lic. Opinio Álvarez Betancourt Dr. Miguel Ceara Hatton Dr. Porfirio García Dr. Rolando Guzmán Dra. Magdalena Lizardo Dr. Julio Andújar Scheker
AÑO 2008-2009	Lic. Opinio Álvarez Betancourt Dr. Miguel Ceara Hatton Dr. Porfirio García Dr. Rolando Guzmán Dra. Magdalena Lizardo Dr. Julio Andújar Scheker Dr. José Luis De Ramón
AÑO 2010-2017	Lic. Opinio Álvarez Betancourt Dr. Miguel Ceara Hatton Dr. Porfirio García Dr. Rolando Guzmán Dra. Magdalena Lizardo Dr. Julio Andújar Scheker Dr. José Luis De Ramón Dra. Indhira Vanessa Santos Dr. Ramón Antonio González Hernández
AÑO 2018	Lic. Opinio Álvarez Betancourt Dr. Miguel Ceara Hatton Dr. Porfirio García Dr. Rolando Guzmán Dra. Magdalena Lizardo Dr. José Luis De Ramón Dra. Indhira Vanessa Santos

Dr. Ramón Antonio González Hernández
Dra. Yamileh García de Kuhnert

AÑO 2019

Lic. Opinio Álvarez Betancourt
Dr. Miguel Ceara Hatton
Dr. Porfirio García
Dr. Rolando Guzmán
Dr. José Luis De Ramón
Dra. Indhira Vanessa Santos
Dr. Ramón Antonio González Hernández
Dra. Yamileh García de Kuhnert
Dr. Harold A. Vásquez Ruiz

AÑO 2020

Lic. Opinio Álvarez Betancourt
Dr. Porfirio García
Dr. Rolando Guzmán
Dr. José Luis De Ramón
Dra. Indhira Vanessa Santos
Dr. Ramón Antonio González Hernández
Dra. Yamileh García de Kuhnert
Dr. Harold A. Vásquez Ruiz
Dr. Huáscar A. Jiménez Pichardo

Colección del Banco Central
de la República Dominicana

SERIE ARTE Y LITERATURA

Acosta, José

La tormenta está fuera (Ed. 2016)

Alcántara Almánzar, José

La aventura interior (1ra. ed. 1997; 2da. ed. 2008)

Catálogo de la colección del Banco Central

(en colaboración con Luis José Bourget) (Ed. 2008)

Pedro Henríquez Ureña. Antología mínima

(prólogo, selección y apéndices) (1ra. ed. 2004; 2da. ed. 2012)

Catálogo de la colección del Banco Central 2008-2018

(en colaboración con Luis José Bourget) (Ed. 2018)

Almánzar R., Armando

Concerto grosso. Cuentos (Ed. 2006)

Arquímedes y el Jefe y otros cuentos de la Era (1ra. ed. 1999;
1ra. reimp. 2008)

Thanksgiving Day (Ed. 2010)

El elegido y otras historias desconsoladas (Ed. 2016)

Álvarez, Soledad

De primera intención. Ensayos y comentarios sobre literatura
(Ed. 2009)

Amiama Castro, Octavio

*Xavier Amiama, pintor de la noche de Haití. Biografía
novelada* (Ed. 2000)

Banco Central de la República Dominicana.

Departamento Cultural (Editor)

Los tesoros artísticos del Banco Central (catálogo) (Ed. 1997)

Pinacoteca (1ra. ed. 1999; 1ra. reimp. 2001; 2da. reimp. 2003; 2da. ed. 2005; 3ra. ed. 2009)

Dos coloquios sobre la obra de Juan Bosch (Ed. 2010)

Beiro Álvarez, Luis

El criterio ejercido (Ed. 2007)

Nadie te vio morir (Ed. 2019)

Belliard, Basilio

El imperio de la intuición. Ensayos literarios (Ed. 2013)

Octavio Paz : temporalidad y soledad (Ed. 2021)

Berroa, Rei

Aproximaciones a la literatura dominicana, 1930-1980 (Ed. 2007)

Aproximaciones a la literatura dominicana, 1981-2008 (Ed. 2008)

Blonda, Máximo Avilés

Cuaderno de la infancia (1ra. ed. 1998; 2da. ed. 2007)

Bonnelly de Díaz, Aída

En torno a la música. Guía para la apreciación musical (Ed. 2001)

Collado, Miguel

En torno a la literatura dominicana. Apuntes literarios, bibliográficos y culturales (Ed. 2013)

De Maeseneer, Rita

Seis ensayos sobre narrativa dominicana contemporánea (Ed. 2011)

Delmonte Soñé, José E.

Alquimias de la ciudad perdida. Relatos breves para compartir en sobremesa bajo lluvia (Ed. 2009)

Di Pietro, Giovanni

Quince estudios de novelística dominicana (Ed. 2006)

Espaillet Cabral, Arnaldo

La tumba vacía (Ed. 2008)

Font Bernard, R.A.

Crónicas elementales (Ed. 2003)

García, José Enrique

La palabra en su asiento. Análisis poético (Ed. 2004)

Estas historias (Ed. 2021)

Gautreau de Windt, Eduardo

Relatos de un silbo (Ed. 2018)

Gimbernard, Jacinto

Narraciones de vuelta al mundo (Ed. 2000)

Gómez Beras, Carlos Roberto

Sólo el naufragio. {Poesía} (Ed. 2018)

Gómez Rosa, Alexis

La mirada imantada. Antología poética (Ed. 2014)

Gutiérrez, Franklin

Manuel de Jesús Galván : vaivenes de una existencia revuelta (Ed. 2020)

Hernández Caamaño, Ida

El amor todos los días (Ed. 2001)

Hernández, Edith

Manual de estética musical (Ed. 2018)

Hernández Núñez, Ángela
Onirias. Poesía e imagen (Ed. 2012)
Escribir sobre una ola (Ed. 2015)

Herrera, Jochy
Estrictamente corpóreo (Ed. 2018)

Jorge Mustonen, Pablo
Mar de recuerdos (Ed. 2012)
Primavera (Ed. 2016)

Lantigua, José Rafael
Un encuentro con el Comandante. Letras racionadas (Ed. 2016)

León David
Cálamo corriente. Ensayos sobre cultura, literatura y arte (Ed. 2003)

Llort, Julio y Marianne de Tolentino
Julio Llort, una vida por el arte (Ed. 2019)

Macarrulla, Dulce
Por los lugares del recuerdo (Ed. 2001)

Marion-Landais, Jeanne y María Mercedes Rodríguez
Vásquez de Ornes
Testimonio de acoso y resistencia durante la tiranía (Ed. 2021)

Marizán, Narda
Con ojos de mariposa. Cuentos (Ed. 2018)

Martínez, Cristian
Tureiro, areyto de la tierra y el cielo, mitología taína (Ed. 2007)

Mieses, Juan Carlos

Caminos sobre la mar (Ed. 2015)

Miller, Jeannette

Fredy Miller. Realidad y leyenda. Cuentos, poemas y otros escritos (Editora) (Ed. 2005)

María Ugarte : textos literarios (Editora) (Ed. 2006)

Textos sobre arte, literatura e identidad. Ensayos (Ed. 2009)

Polvo eres. Poemas (Ed. 2013)

Testigo de la luz : poemas, 1964-2016 (Ed. 2017)

Montás, Onorio, Pedro José Borrell y Frank Moya Pons

Arte taíno (1ra. ed. 1983, 1ra. reimp. 1985, 2da. reimp. 1999, 3ra. reimp. 2003, 2da. ed., 2011)

Moré, Gustavo L., Omar Rancier, Marianne de Tolentino y Roberto Segre

Banco Central. 60 años de historia, arquitectura y arte = Central Bank. 60 Years of History, Architecture and Art (Ed. 2007)

Munnigh, Fidel

Huellas del errante (Ed. 2002)

Pensar la imagen, pensar la mirada (Ed. 2017)

Núñez, Apolinar

Seis asedios a la literatura latinoamericana (Ed. 2005)

Núñez Cedeño, Rafael A.

Desarrollos y procesos lingüístico en el español dominicano (Ed. 2021)

Ossers, Manuel A.

Estudios literarios dominicanos (Ed. 2014)

Escritoras hispanoamericanas : ensayos críticos (Ed. 2019)

Perdomo, Miguel Aníbal

Cornalina (Ed. 2012)

Ensayos al vapor (Ed. 2014)

Pereyra, Emilia

Resistencia cultural en la dominación haitiana (Ed. 2020)

Pérez de Cuello, Catana

Sinfonía de ideas en 4 movimientos (Ed. 2006)

Piantini Munnigh, Luis Manuel

Luz encarcelada (Ed. 2000)

Prida Busto, Juan Manuel

En la luz de la noche (Ed. 1999)

Reyes Sánchez, Miguel

Sombreros para un viajero. Antología de ensayos sobre cultura y literatura (Ed. 2004)

Risco, Minerva del

Te llamé tantas veces (Ed. 2021)

Rivas, Sara María (Editora)

A toda lágrima y a toda sed. Conversaciones con René Rodríguez Soriano (Ed. 2017)

Rodríguez, Néstor E.

Crítica para tiempos de poco fervor (Ed. 2009)

Rodríguez Demorizi, Emilio

Cartas a Silveria (Ed. 2006)

Rodríguez Fernández, Arturo

El sabor de las hormigas. Cuentos (Ed. 2008)

Rodríguez Soriano, René

Voces propias. Conversaciones (Ed. 2018)

Rosario, Fari

Los espejos asesinos y otras minificciones (Ed. 2017)

Rosario Candelier, Bruno
El aspirar del aire (Ed. 2015)

Rueda, Manuel
Imágenes del dominicano (Ed. 1998)
Las metamorfosis de Makandal (1ra. ed. 1998; 2da. ed. 1999)

Sánchez Beras, César
Con las voces del otro (Ed. 2016)

Solano, Rafael
Música y pensamiento. Crónicas y reflexiones de un músico dominicano. (Ed. 2015)

Stanley, Avelino
La novela dominicana 1980-2009. [Perfil de su desarrollo] (Ed. 2010)

Toirac, Luis
La hiedra interior (Ed. 2003)
Las ramas del viento (Ed. 2011)
Acantilados distantes (Ed. 2017)

Tolentino, Marianne de
Otras miradas. Obras de arte del Banco Central (Ed. 2004)
Mi primer museo (Ed. 2005)
Pieza del mes 2007 (en colaboración con Vladimir Velázquez Matos) (Ed. 2008)
Ángel Haché en escena (Ed. 2009)
Pieza del mes 2008-2010 (en colaboración con Vladimir Velázquez Matos) (Ed. 2011)
Voces de Aída. Selección de textos críticos sobre música (Editora) (Ed. 2015)

Valdez, Diógenes
La noche de Jonsok : (un antes) (Ed. 2000)

Valdez, Pedro Antonio
Dominicanos (Ed. 2019)

Valdez Albizu, Héctor
La cultura en el Banco Central (Ed. 2008)
La cultura en el Banco Central. Discursos 2008-2011 (Ed. 2012)
La cultura en el Banco Central. Discursos 2012-2014 (Ed. 2014)
La cultura en el Banco Central. Discursos 2014-2016 (Ed. 2016)
La cultura en el Banco Central. Discursos 2016-2018 (Ed. 2018)
La cultura en el Banco Central. Discursos 2018-2020 (Ed. 2020)

Vallejo de Paredes, Margarita y Alexandra Paredes de
Fernández
Diccionario de refranes (Ed. 2002)

Vásquez, Felicia
Bajo el sol de Guabatico (Ed. 2019)

Vega, Máximo
Era lunes ayer. Cuentos (Ed. 2014)
La vida de las estrellas (Ed. 2021)

Velázquez Matos, Vladimir
Líneas alternas (Ed. 2006)

Villanueva, Rafael
Ensayos sobre música (Ed. 2001)

Windt, Julio de
Testimonios de un director de orquesta (1ra. ed. 2000; 2da.
ed. 2007)

Zapata, César Augusto
*Persistencia del ángel (lugares comunes en la vida de Claudio
Cruz)* (Ed. 2017)

Zimmermann del Castillo, Silvia
Manuel y la lluvia (Ed. 2006)

SERIE BIBLIOGRAFÍA ECONÓMICA

Banco Central de la República Dominicana.
Departamento Cultural (Editor)

- Bibliografía económica dominicana 1978-1982* (Ed. 1983)
- Bibliografía económica dominicana 1983-1986* (Ed. 1986)
- Bibliografía económica dominicana 1947-1987* (Ed. 1991)
- Bibliografía económica dominicana 1988-1996* (Ed. 1998)
- Bibliografía económica dominicana 1997-1998* (Ed. 2000)
- Bibliografía económica dominicana 1999-2000* (Ed. 2002)
- Bibliografía económica dominicana 2001-2002* (Ed. 2004)
- Bibliografía económica dominicana 1947-2004* (CD-ROM) (Ed. 2005)
- Bibliografía económica dominicana 1947-2004* (Ed. 2006)
- Bibliografía económica dominicana 2005-2006* (Ed. 2007)
- Bibliografía económica dominicana 2007-2008* (Ed. 2009)
- Bibliografía económica dominicana 2009-2010* (Ed. 2011)
- Bibliografía económica dominicana 2011-2012* (Ed. 2013)
- Bibliografía económica dominicana 2013-2014* (Ed. 2015)
- Bibliografía económica dominicana 2015-2016* (Ed. 2017)
- Bibliografía económica dominicana 2017-2018* (Ed. 2019)
- Bibliografía económica dominicana 2019-2020* (Ed. 2021)

SERIE CIENCIAS SOCIALES

Alemán, José Luis
Una interpretación de la política monetaria y bancaria dominicana 1984-1999 (Ed. 2000)

Andújar Scheker, Julio G.
Macroeconomía aplicada. Economía política de las reformas en República Dominicana (Ed. 2012)
Economía de lo inusual (Ed. 2020)

Ayala Lafée de Wilbert, Cecilia, Werner Wilbert y Ariany Calles

Juan Pablo Duarte en la Venezuela del Siglo XIX. Historia y leyenda (Ed. 2014)

Banco Central de la República Dominicana.

Departamento Cultural (Editor)

La independencia nacional. Su proceso (Ed. 1999)

Cronología del BCRD, 1947-2017 (Ed. 2017)

Balcácer, Juan Daniel

Vicisitudes de Juan Pablo Duarte (2da. ed. 2011)

Duarte revisitado [1813-2013]. (en colaboración con José Chez Checo, Jorge Tena Reyes, Orlando Inoa, José Miguel Soto Jiménez) (Ed. 2012)

Brache Batista, Anselmo

Constanza, Maimón y Estero Hondo. Testimonios e investigación sobre los acontecimientos (3ra. ed. 2008)

Brea García, Emilio José

El último monumento (Ed. 2013)

Cabral de Poladura, Atala

Museo de las Casas Reales. Apuntes de un recorrido 1976-1988 (Ed. 2010)

Canahuate, Mildred (Editora)

Presencia de la cultura precolombina en el arte caribeño contemporáneo (1ra. ed. 2000; 2da. ed. 2009)

Capellán Costa, Rafael E., Víctor Miguel García y

Amarilis Altagracia Aquino (Editores)

Análisis de la coyuntura internacional. Ensayos acerca del impacto de la economía mundial sobre el sector externo dominicano (Ed. 2018)

Cuello Nieto, César

La compleja existencia de la tecnología. Tecnología, ciencia, desarrollo, sociedad y medioambiente (Ed. 2012)

Del Castillo, José

Agenda de fin de siglo (Ed. 2004)

Deive, Carlos Esteban

Rebeldes y marginados. Ensayos históricos (Ed. 2002)

Los dominicanos vistos por extranjeros (Ed. 2009)

Federación Internacional de Sociedades Científicas
(Editores)

Culturas aborígenes del Caribe (Ed. 2001)

Ferrán, Fernando I.

Los herederos. ADN cultural del dominicano (Ed. 2019)

Fuentes Brito, Frank, Víctor Miguel García y Amarilis
Altagracia Aquino (Editores)

*Análisis de la coyuntura internacional. Ensayos acerca del
impacto de la economía mundial sobre el sector externo
dominicano* (Ed. 2014)

García de Brens, Lilliam

Cultura indígena y educación natural (Ed. 2004)

Gautier, Manuel Salvador

*El encanto de la arquitectura. Papeles sobre restauración de
monumentos y otros temas* (Ed. 2011)

Guiliani Cury, Hugo

Pensamiento y acción de Hugo Giuliani Cury (Ed. 2010)

Landolfi, Ciriaco

Evolución cultural dominicana 1844-1899 (2da. ed. 2012)

Lebrón Saviñón, Mariano

Cultura y patología (Ed. 2000)

Lozano, Wilfredo

Los trabajadores del capitalismo exportador. Mercado de trabajo, economía exportadora y sustitución de importaciones en la República Dominicana, 1950-1980 (Ed. 2001)

Pérez Brown, Marcelle O.

Gascue. Jardín urbano (2da. ed. 2011)

Pérez-Ducy, Ellen.

La obra del Dr. José Luis Alemán, S.J. Revisión y análisis de su pensamiento económico, 1968-2007 (Ed. 2012)

Pérez Memén, Fernando

Ensayos sobre historia social, política y cultural de la República Dominicana y México (Ed. 2015)

Piantini Munnigh, Luis Manuel

Apuntes de economía y política (Ed. 2000)

Pichardo Muñiz, Arlette

12 ensayos de futuro sobre economía y sociedad (Ed. 2004)

Polanco Brito, Hugo Eduardo

Exvotos y «Milagros» del Santuario de Higüey (1ra. ed. 1984)

Exvotos, Promesas y Milagros de la Virgen de la Altagracia (Título a la 2da. ed. 2010)

Prazmowski, Peter A., José R. Sánchez-Fung, Amelia U. Santos Paulino (Editores)

Ensayos sobre macroeconomía en la República Dominicana y países en vías de desarrollo (Ed. 2004)

Essays on Macroeconomics in the Dominican Republic and Developing Countries (Ed. 2004)

Valdez Albizu, Héctor

Un camino hacia el desarrollo I (Ed. 2007)

Un camino hacia el desarrollo II (Ed. 2007)

Un camino hacia el desarrollo III (Ed. 2018)

Vanderplaats de Vallejo, Catharina

Anacaona : la construcción de la cacica taína de Quisqueya : quinientos años de ideologización. (Ed. 2015)

Veloz Maggiolo, Marcio

Antropología portátil (Ed. 2001)

Veloz Molina, Francisco

La Misericordia y sus contornos. 1894-1916 (narración de la vida y costumbres de la vieja ciudad de Santo Domingo de Guzmán) (Ed. 2003)

SERIE COMPOSITORES DOMINICANOS (Música en CD-ROM)

Banco Central de la República Dominicana

Cinco décadas (1ra. ed. 1998; 2da. ed. 2008)

Bustamante, Bienvenido

Compositores dominicanos : Bienvenido Bustamante (Ed. 2007)

Orquesta Sinfónica Nacional

Julio de Windt (Director)

Geraldes, María de Fátima

Compositores dominicanos : música para piano (1ra. ed. 1999; 2da. ed. 2008)

Peña Comas, Evelyn, Nathalie Peña Comas y Nicole Peña Comas

Entre cantos y danzas (Ed. 2021)

Sánchez Acosta, Manuel
Manuel y sus amigos (Ed. 2002)

Taveras, Jorge
Contigo (1ra. ed. 1998; 2da. ed. 2008)

Tayson, Pura
Compositores dominicanos en la voz de Pura Tayson (Ed. 2021)

Troncoso, Manuel
Sígueme (Ed. 2005)

SERIE CUENTOS VIRGILIO DÍAZ GRULLÓN

Banco Central de la República Dominicana
Departamento Cultural (Editor)
Vendimia Primera. Concurso de Cuentos Virgilio Díaz Grullón 2001 (Ed. 2002)
Vendimia Segunda. Concurso de Cuentos Virgilio Díaz Grullón 2002 (Ed. 2004)

SERIE EDUCATIVA BCRD

Almonte Diloné, Henry
¿Qué es un banco central? (Ed. 2006)
¿Qué es el dinero? (Ed. 2007)
¿Qué es la inflación? (Ed. 2008)

SERIE NUEVA LITERATURA ECONÓMICA

Banco Central de la República Dominicana
Departamento Cultural (Editor)
Nueva literatura económica dominicana. Premios del Concurso Biblioteca «Juan Pablo Duarte» 1996 (Ed. 1997)

Nueva literatura económica dominicana. Premios del Concurso Biblioteca «Juan Pablo Duarte» 1998 (Ed. 1999)
Nueva literatura económica dominicana. Premios del Concurso Biblioteca «Juan Pablo Duarte» 1999 (Ed. 2001)
Nueva literatura económica dominicana. Premios del Concurso Biblioteca «Juan Pablo Duarte» 2000 (Ed. 2001)
Nueva literatura económica dominicana. Premios del Concurso Biblioteca «Juan Pablo Duarte» 2001 (Ed. 2002)
Nueva literatura económica dominicana. Premios del Concurso Biblioteca «Juan Pablo Duarte» 2002 (Ed. 2003)
Nueva literatura económica dominicana. Premios del Concurso Biblioteca «Juan Pablo Duarte» 2003 (Ed. 2004)
Nueva literatura económica dominicana. Premios del Concurso Biblioteca «Juan Pablo Duarte» 2004 (Ed. 2005)
Nueva literatura económica dominicana. Premios del Concurso Biblioteca «Juan Pablo Duarte» 2005 (Ed. 2006)
Nueva literatura económica dominicana. Premios del Concurso Biblioteca «Juan Pablo Duarte» 2006 (Ed. 2007)
Nueva literatura económica dominicana. Premios del Concurso Biblioteca «Juan Pablo Duarte» 2007 (Ed. 2008)
Nueva literatura económica dominicana. Premios del Concurso Biblioteca «Juan Pablo Duarte» 2008 (Ed. 2009)
Nueva literatura económica dominicana. Premios del Concurso Biblioteca «Juan Pablo Duarte» 2009 (Ed. 2010)
Nueva literatura económica dominicana. Premios del Concurso Biblioteca «Juan Pablo Duarte» 2010 (Ed. 2011)
Nueva literatura económica dominicana. Premios del Concurso Biblioteca «Juan Pablo Duarte» 2011 (Ed. 2012)
Nueva literatura económica dominicana. Premios del Concurso Biblioteca «Juan Pablo Duarte» 2012 (Ed. 2013)
Nueva literatura económica dominicana. Premios del Concurso Biblioteca «Juan Pablo Duarte» 2013 (Ed. 2014)
Nueva literatura económica dominicana. Premios del Concurso Biblioteca «Juan Pablo Duarte» 2014 (Ed. 2015)
Nueva literatura económica dominicana 2014. Menciones de honor (Ed. 2015)

Nueva literatura económica dominicana. Premios del Concurso Biblioteca «Juan Pablo Duarte» 2015 (Ed. 2016)
Nueva literatura económica dominicana. Premios del Concurso Biblioteca «Juan Pablo Duarte» 2016 (Ed. 2017)
Nueva literatura económica dominicana. Premios del Concurso Biblioteca «Juan Pablo Duarte» 2017 (Ed. 2018)
Nueva literatura económica dominicana. Premios del Concurso Biblioteca «Juan Pablo Duarte» 2018 (Ed. 2019)
Nueva literatura económica dominicana. Premios del Concurso Biblioteca «Juan Pablo Duarte» 2019 (Ed. 2020)
Nueva literatura económica dominicana. Premios del Concurso Biblioteca «Juan Pablo Duarte» 2020 (Ed. 2021)

SERIE NUMISMÁTICA Y FILATÉLICA

Álvarez Rey, Avelino

Introducción a la numismática (Ed. 2000)

Banco Central de la República Dominicana

Departamento Cultural (Editor)

Catálogo de la Sala Filatélica (Ed. 2001)

Billetes dominicanos 1947-2002 (Ed. 2002)

Catálogo del Museo Numismático (1ra. ed. 1997; 2da. ed. 2004)

Exposiciones temporales en el Museo Numismático y Filatélico (Ed. 2010)

Exposiciones temporales en el Museo Numismático y Filatélico 2011-2014 (Ed. 2014)

Exposiciones temporales en el Museo Numismático y Filatélico 2014-2016 (Ed. 2016)

Exposiciones temporales en el Museo Numismático y Filatélico 2016-2018 (Ed. 2018)

Exposiciones temporales en el Museo Numismático y Filatélico 2018-2020 (Ed. 2020)

Machado de Sosa, Sinthia

Conozcamos nuestro dinero (Ed. 2005)

Gráficas del papel moneda en la República Dominicana (Ed. 2010)

Coleccionismo y billetes dominicanos 1947-2009 (Ed. 2011)

Mueses, Danilo A.

Emisiones postales dominicanas 1865-1965 (Ed. 1999)

Ravelo A., Oscar E.

El correo en Santo Domingo. Historia documentada

(reimpresión facsimilar) (Ed. 2000)

Utrera, Cipriano de (Fray)

La moneda provincial de la Isla Española. Documentos

(reimpresión facsimilar) (Ed. 2000)

SERIE OBRAS PREMIADAS

Banco Central de la República Dominicana

Departamento Cultural (Editor)

Obras premiadas. Primer Concurso de Arte y Literatura

Bancentral 1995 (Ed. 1996)

Obras premiadas. Segundo Concurso de Arte y Literatura

Bancentral 1996 (Ed. 1997)

Obras premiadas. Tercer Concurso de Arte y Literatura

Bancentral 1997 (Ed. 1998)

Obras premiadas. Cuarto Concurso de Arte y Literatura

Bancentral 1998 (Ed. 1999)

Obras premiadas. Quinto Concurso de Arte y Literatura

Bancentral 1999 (Ed. 2001)

Obras premiadas. Sexto Concurso de Arte y Literatura

Bancentral 2000 (Ed. 2001)

Obras premiadas. Séptimo Concurso de Arte y Literatura

Bancentral 2001 (Ed. 2002)

- Obras premiadas. Octavo Concurso de Arte y Literatura Bancentral 2002* (Ed. 2003)
- Obras premiadas. Noveno Concurso de Arte y Literatura Bancentral 2005* (Ed. 2006)
- Obras premiadas. Décimo Concurso de Arte y Literatura Bancentral 2006* (Ed. 2007)
- Obras premiadas. Decimoprimer Concurso de Arte y Literatura Bancentral 2007* (Ed. 2008)
- Obras premiadas. Decimosegundo Concurso de Arte y Literatura Bancentral 2008* (Ed. 2009)
- Obras premiadas. Decimotercer Concurso de Arte y Literatura Bancentral 2009* (Ed. 2010)
- Obras premiadas. Decimocuarto Concurso de Arte y Literatura Bancentral 2010* (Ed. 2011)
- Obras premiadas. Decimoquinto Concurso de Arte y Literatura Bancentral 2011* (Ed. 2012)
- Obras premiadas. Decimosexto Concurso de Arte y Literatura Bancentral 2012* (Ed. 2013)
- Obras premiadas. Decimoséptimo Concurso de Arte y Literatura Bancentral 2013* (Ed. 2014)
- Obras premiadas. Decimoctavo Concurso de Arte y Literatura Bancentral 2014* (Ed. 2015)
- Obras premiadas. Decimonoveno Concurso de Arte y Literatura Bancentral 2015* (Ed. 2016)
- Obras premiadas. Vigésimo Concurso de Arte y Literatura Bancentral 2016* (Ed. 2017)
- Obras premiadas. Vigésimo primer Concurso de Arte y Literatura Bancentral 2017* (Ed. 2018)
- Obras premiadas. Vigésimo segundo Concurso de Arte y Literatura Bancentral 2018* (Ed. 2019)
- Obras premiadas. Vigésimo tercer Concurso de Arte y Literatura Bancentral 2019* (Ed. 2020)

Esta primera edición de 500 ejemplares de
Nueva literatura económica dominicana 2020,
se termino de imprimir en la Subdirección de Impresos y Publicaciones
del Departamento Administrativo del Banco Central de la República Dominicana,
en el mes de octubre de 2021.

