



**CONSEJO MONETARIO
CENTROAMERICANO**

Revista de Economía de Centroamérica y
República Dominicana

<http://www.secmca.org/recard>

Consejo Monetario Centroamericano

Volumen III
2022



Índice general

Acerca de la RECARD	iii
Consejo Editorial	v
Invitación a autores	vii

Artículos

Incertidumbre, gestión de la política monetaria y entropía de las expectativas en la República Dominicana	1
Juan Salvador Quiñonez Wu, Johan Félix Rosa Pérez, y Lisette Josefina Santana Jiménez	



Acerca de la RECARD

La Revista Económica de Centroamérica y República Dominicana (RECARD) es una publicación económica anual, de acceso abierto del [Consejo Monetario Centroamericano \(CMCA\)](http://www.secmca.org/). Su objetivo es promover y difundir el conocimiento económico en general, a partir de investigaciones inéditas realizadas por los bancos centrales de la región o por investigadores externos, sobre temas de política económica de la región en general, o de los países miembros del CMCA en particular. Entre los temas que se abordarán en la RECARD se encuentran:

- Macroeconomía
- Economía monetaria
- Estabilidad financiera
- Regulación y supervisión
- Intermediación financiera
- Finanzas y mercados de capitales
- Sistemas de pagos
- Políticas públicas
- Microeconomía
- Econometría y modelación

En este segundo volumen por primera vez publicamos artículos que han sido evaluados por un proceso doble-ciego (a diferencia del volumen inaugural de la revista, en la cual se publicaron artículos invitados).

Este volumen contiene dos artículos, que tratan del efecto de las remesas familiares en la estructura productiva de Honduras y de la relación que existe entre el crecimiento económico y la migración en los países del norte de Centroamérica.

Esta revista se publica en formato electrónico en el sitio <http://www.secmca.org/recard>.



Consejo Editorial

El Consejo Editorial de la RECARD está integrado por un representante titular y un suplente, seleccionados de entre los funcionarios cuyas atribuciones estén vinculadas al área económica, designados por el presidente o gobernador o por quien tenga la autoridad correspondiente, de cada Banco Central miembro del Consejo Monetario Centroamericano.

Actualmente, los miembros titulares son:

Evelyn Muñoz Salas	Banco Central de Costa Rica
Carlos Sanabria Coto	Banco Central de Reserva de El Salvador
Juan Carlos Castañeda Fuentes (editor)	Banco de Guatemala
Elvis Teodoro Casco Alfaro	Banco Central de Honduras
Mario Alberto Aráuz Torres	Banco Central de Nicaragua
Nabil López Hawa	Banco Central de la República Dominicana

El trabajo técnico de la RECARD es coordinado por Randall Romero Aguilar, quien es funcionario de la SECMCA.



Invitación a autores (*Call for papers*)

El Consejo Editorial de la Revista Económica de Centroamérica y República Dominicana (RECARD) invita a académicos e investigadores a presentar trabajos para su eventual publicación. La RECARD es una publicación anual y de acceso abierto del Consejo Monetario Centroamericano, cuyo objetivo es la promoción y divulgación del conocimiento económico sobre temas de política económica de la región en general, o de los países miembros del CMCA en particular. La RECARD publica investigaciones en los siguientes temas: (i) macroeconomía, (ii) economía monetaria, (iii) estabilidad financiera, (iv) regulación y supervisión, (v) intermediación financiera, (vi) finanzas y mercados de capitales, (vii) sistemas de pagos, (viii) políticas públicas, (ix) microeconomía, y (x) econometría y modelación.

Los autores pueden someter a consideración de la revista artículos de investigación, artículos de revisión, y reportes de caso, tanto en español como en inglés. Los documentos deben remitirse a través del portal de la revista en la página antes señalada. Los requisitos de publicación pueden consultarse en <http://www.secmca.org/recard/index.php/recard/about/submissions>. La RECARD aplica un proceso de evaluación por pares de carácter doble ciego con árbitros que garantiza la imparcialidad en las evaluaciones de los documentos, y los trabajos aceptados son publicados en versión electrónica en la página <http://www.secmca.org/recard>, sin cobro para los lectores ni para los autores (acceso abierto).

En caso de consultas o de necesitar soporte técnico, puede contactarnos en recard@secmca.org.



Incertidumbre, gestión de la política monetaria y entropía de las expectativas en la República Dominicana: un análisis basado en algoritmos de minería de texto y redes neuronales

Juan Salvador Quiñonez Wu¹
Johan Félix Rosa Pérez²
Lisette Josefina Santana Jiménez³

Resumen

¹Banco Central de la República Dominicana j.quinonez@bancentral.gov.do

²Banco Central de la República Dominicana j.rosa@bancentral.gov.do

³Banco Central de la República Dominicana j.santana@bancentral.gov.do

*Las opiniones y comentarios expresados en este documento son responsabilidad de los autores.

La evaluación de la incertidumbre y del balance de riesgos concerniente a las principales variables macroeconómicas y financieras constituye uno de los ejes centrales en los procesos de toma de decisiones, por parte de los hacedores de política. Desde la perspectiva de los agentes económicos, la percepción de estos riesgos y la credibilidad que se otorga a la gestión de la política monetaria, constituyen elementos cruciales en la formación de expectativas, las cuales representan uno de los principales mecanismos de transmisión de la política monetaria. El objetivo de este trabajo consiste en establecer el impacto de la incertidumbre, del sesgo del balance de riesgos y de las decisiones de las autoridades monetarias sobre el grado de entropía o anclaje de las expectativas de los agentes económicos, con el propósito de analizar las circunstancias bajo las cuales se genera una mayor previsibilidad de las decisiones de política. Se utilizan algoritmos de minería de texto para llevar a cabo la construcción de una métrica inherente a la incertidumbre internacional (IIEI), utilizando noticias en tiempo real, procedentes de diferentes portales electrónicos, así como también para extraer la tónica subyacente en los comunicados de política emitidos mensualmente por el Banco Central de la República Dominicana (BCRD). Se estima un modelo de redes neuronales para generar una tasa de inflación en función del índice de sentimiento de los comunicados. Los resultados del IIEI reflejan coeficientes de correlación de 0.63 y 0.75 con respecto al EMBI y al EPU, respectivamente, permitiendo identificar la naturaleza de la incertidumbre y estableciéndose una alta sensibilidad del público ante el acaecimiento de choques externos. Se destaca el carácter prospectivo de los comunicados de política del BCRD y la manera en que han incidido en el proceso de minimizar la entropía de las expectativas inflacionarias, desde la adopción del esquema de metas de inflación. Las simulaciones derivadas del modelo de redes neuronales presentan un error cuadrático medio general (ECM) de 0.05. A partir de este ejercicio se enfatiza el papel de la credibilidad de las acciones del BCRD sobre el comportamiento de los precios domésticos y la potencial holgura que propicia para orientar una política monetaria de carácter contra-cíclico, en la medida en que no se observen sorpresas monetarias de manera continua.

Clasificación JEL: C02, C14, D81, F01.

Palabras clave: minería de texto, incertidumbre, balance de riesgos, entropía, expectativas.

1 Introducción

La evaluación del balance de riesgos concerniente a las principales variables macroeconómicas y financieras constituye uno de los ejes centrales en los procesos de toma de decisiones, por parte de los hacedores de política. La percepción de determinado grado de incertidumbre y su potencial impacto en el comportamiento de la economía y en la volatilidad de los mercados financieros ejerce un efecto significativo en la formación de las expectativas de los agentes económicos y en las decisiones de consumo e inversión (Balta et al. 2013).

La literatura empírica presenta diferentes medidas de incertidumbre basadas en la volatilidad de los mercados financieros, en la desviación de los pronósticos generados por organismos internacionales o utilizando las expectativas de los agentes económicos computadas en base a la aplicación de encuestas (Bachmann et al. 2013; Bloom 2009). Sin embargo, los enfoques más recientes (Baker et al. 2015; Tobback et al. 2018) apelan a técnicas inherentes a la teoría de aprendizaje computacional (machine learning) para generar estimaciones de medidas de incertidumbre económica, considerando las bondades de estas herramientas para el tratamiento de grandes conjuntos de datos, disponibles en tiempo real, haciendo factible el uso de un amplio espectro de información y de un marco analítico que proveen para llevar a cabo el procesamiento de dicha información.

Esta práctica se ha extendido a diferentes bancos centrales (e.g. Banco Central de Inglaterra, Reserva Federal, Banco Central de Europa), donde se han incorporado métodos de modelación basados en minería de texto, como complementos de las técnicas empleadas tradicionalmente, explorando las ganancias de invertir en la implementación de estos algoritmos para generar indicadores y métricas relativas al balance de riesgos (tanto externo como doméstico) de diferentes variables macroeconómicas (Bholat et al. 2015; Li et al. 2016) y financieras (Nyman et al. 2015).

Otra de las aristas exploradas, a través de técnicas de minería de texto, es la determinación de la efectividad de las estrategias de comunicación de los bancos centrales, con el propósito de caracterizar la relación entre esta información y la instancia de la política monetaria en determinado período; así como también con la intención de inferir si estos mensajes tienen un impacto significativo en la formación de expectativas por parte del sector privado y en la trayectoria de las variables que fungen como directrices del comportamiento de la economía. El análisis basado en minería de texto se define como el proceso de derivar o procesar información cuantitativa, a partir de bancos de documentos, empleando herramientas estadísticas, aprendizaje y lingüística computacional (Weiss et al. 2005). De manera más explícita, este concepto abarca un amplio espectro de técnicas computacionales y estadísticas, que permiten cuantificar la tónica subyacente de determinado texto. El conjunto de herramientas amparadas bajo esta "sombrija" de la minería de texto ha adoptado cada vez mayor preponderancia en los procesos de toma de decisiones, dada la información que provee para el análisis monetario y financiero, que no podría inferirse mediante enfoques convencionales.

El objetivo de este trabajo consiste en establecer el impacto de la incertidumbre económica, de una comunicación explícita del balance de riesgos y de las decisiones de las autoridades monetarias sobre el grado de entropía (divergencia) de las expectativas de los agentes económicos. Este grado de entropía se define como la diferencia entre los valores observados de una variable (en este caso las expectativas de inflación) y el valor esperado de las mismas. Cuando esta métrica tiende a 0, se esperaría que las expectativas están "ancladas" en el horizonte de política monetaria.

En la primera fase de esta investigación se construye un Indicador de Incertidumbre Económica Internacional (IIEI), siguiendo el enfoque propuesto por Li et al. (2016) y Bholat et al. (2015). Esta métrica utiliza diferentes fuentes de información, lo que permite identificar la naturaleza de distintos riesgos para la economía dominicana. Dado que la República Dominicana es una economía pequeña y abierta, la misma se encuentra altamente supeditada a eventos de carácter exógeno, tales como las oscilaciones en los precios del petróleo, las tensiones geopolíticas, el comportamiento económico de los principales socios comerciales, así como también las decisiones de carácter monetario y fiscal adoptadas en otros países. Se utiliza este indicador para analizar la relación de estos bloques con el tipo de cambio, la actividad económica y la inflación local, utilizando la distribución de las elasticidades cruzadas. En la segunda etapa de este trabajo se evalúa el impacto de la tónica subyacente en los comunicados de política del BCRD sobre la credibilidad y previsibilidad de las acciones de la autoridad monetaria; esto se logra cuantificando la información cualitativa de los comunicados de política monetaria de dicha institución.

Este último indicador es utilizado para inferir una tasa de inflación totalmente "alineada" con la tónica de los comunicados de política del BCRD, los cuales reflejan las perspectivas del BCRD (ex-

pectativas) con relación a la coyuntura macroeconómica prevaleciente en el horizonte de política monetaria, tanto a nivel doméstico como internacional; estas perspectivas son comparables con las expectativas de los agentes económicos en un lapso análogo. Es importante hacer la salvedad de que, en este caso, el nivel de anclaje de las expectativas hace alusión a la convergencia de las expectativas inflacionarias al rango meta (caracterizado por la inflación simulada), mientras que el grado de entropía representa la divergencia o dispersión con relación a los valores observados de la inflación y la inflación simulada en t .

La estructura de esta investigación es la siguiente: en la sección subsiguiente se lleva a cabo una revisión de literatura sobre la importancia de los indicadores de incertidumbre en los procesos de toma de decisiones, así como también en el impacto sobre las expectativas económicas de este tipo de métricas; en la sección 3 se describen los datos y el enfoque empírico utilizado en este trabajo; en la sección 4 se presentan los resultados de los ejercicios realizados y, finalmente, las conclusiones, recomendaciones y posibles extensiones de esta investigación en la sección 5.

2 Revisión de literatura

La incertidumbre inherente al comportamiento de las principales variables macroeconómicas funge como una de las directrices de los ciclos económicos, siendo definida como una situación en la cual los agentes económicos carecen de la información necesaria o relevante para hacer inferencia sobre el comportamiento actual y la trayectoria futura de la economía (European Central Bank 2016). Las decisiones de consumo e inversión, así como también la formación de expectativas por parte de los agentes económicos, y el anclaje de las mismas, están supeditadas a los datos disponibles sobre la probabilidad de que ciertos eventos se materialicen en determinado momento del tiempo.

En este sentido, la teoría económica sugiere que altos niveles de incertidumbre pueden deteriorar la actividad económica a través de diferentes canales entre los cuales se pueden señalar el consumo, la inversión, el nivel de empleo y aumentos en la prima de riesgos. La propensión marginal de consumo e inversión de los agentes económicos (las firmas y los consumidores) puede verse afectada cuando éstos enfrentan elevados niveles de incertidumbre, posponiendo sus decisiones de un período t a $t + n$ ($n \in \mathbb{N}$), evitando incurrir en potenciales riesgos costosos.

La incertidumbre incide directamente en el proceso de formación de las expectativas de los agentes económicos, las cuales constituyen uno de los principales mecanismos de transmisión de la política monetaria, jugando un rol pivote en las variaciones de la tasa de interés, del tipo de cambio, los salarios, la demanda agregada y los precios domésticos (Taylor 1982). Bajo un esquema de metas de inflación, se otorga gran ponderación al papel de las comunicaciones como uno de los medios más apropiados para sustentar la credibilidad de la gestión de la política monetaria, orquestada por el banco central.

La principal motivación para llevar a cabo la construcción de una métrica que permita cuantificar el tono de las comunicaciones del BCRD viene dada por el hecho de que, bajo un esquema de metas de inflación, el banco central adopta un compromiso concreto que se transmite a través de

una estrategia de comunicación sólida y transparente, la cual funge como una herramienta para la gestión de una política monetaria óptima (Castillo et al. 2018).

En este sentido, una estrategia de comunicación sólida por parte de las autoridades monetarias no solamente debe contemplar el carácter heterogéneo del público al cual se dirige, sino que también debe enfocarse en transmitir, de manera eficiente, la percepción del panorama económico tanto a nivel doméstico como externo y en cómo la coyuntura prevaleciente puede impactar las decisiones de política monetaria (balance de riesgos). La transparencia en la gestión de la política monetaria propicia una mayor comprensión de las metas del banco central desde la óptica de los agentes económicos, así como también de los factores en los cuales subyacen sus decisiones, permitiendo un mejor anclaje y una menor volatilidad de las expectativas de inflación (Carrière-Swallow y Pescaroti 2018), lo que se traduce en una minimización de los niveles de entropía en torno a las mismas.

En esta línea de ideas, Chen (2016) demuestra que, para el caso de los comunicados de la Reserva Federal (FED) de los Estados Unidos, la tónica o sentimiento positivo de los comunicados alcanza, como es de esperarse, un punto máximo fuera de los períodos de recesión, mientras que los sentimientos negativos son mayores cuando la FED gestiona, por primera vez, su política de flexibilización cuantitativa, en el año 2008, guardando una alta correlación con indicadores financieros cruciales (e.g. VIX, spread de los bonos del tesoro).

Se enfatiza que la incertidumbre alcanza valores considerablemente elevados en los períodos previos a la recesión del año 2008, evidenciando que esta técnica de inferencia tiene alto potencial de predecir escenarios pesimistas. Por otra parte, Benchimol et al. (2020) resaltan el rol de las comunicaciones sobre las expectativas de mercado, así como también de una gestión monetaria más previsible, acertada, estable y enfocada.

La literatura económica concerniente a la transformación y cuantificación de información de carácter cualitativo (e.g. noticias, comunicados de política, entre otros) es reciente y se ha popularizado, gracias al desarrollo de modelos de aprendizaje computacional (machine learning) que hacen factible la estimación de medidas de incertidumbre económica, a partir de las bondades de estas técnicas, tanto en términos de la accesibilidad que proporcionan a nuevos conjuntos de información de alta frecuencia, así como también en función de las herramientas que proveen para llevar a cabo el procesamiento de dicha información. En este orden, las técnicas basadas en algoritmos de minería de texto se han ido perfilando como alternativas prometedoras y con alto potencial para llevar a cabo la construcción de proxies para capturar la incertidumbre económica y política a través del tiempo.

Baker et al. (2015) construyen un indicador de incertidumbre económica y política (EPU), el cual refleja la frecuencia de referencias en artículos periodísticos a incertidumbre de carácter político y económico. Los autores encuentran consistencia entre el índice EPU y la sucesión de eventos tales como los ataques terroristas en Estados Unidos del 9/11, la quiebra de Lehman Brothers, entre otros acontecimientos. No obstante, pese a que el uso de este indicador se ha generalizado, se apuntan algunas críticas concernientes a la construcción y a las bases del mismo; entre éstas, su propensión a errores tanto de Tipo I como de Tipo II (Tobback et al. 2018), considerando que las búsquedas se hacen en función de la aparición del término "incertidumbre", de manera que el enfoque se presta

a la inclusión de algunos textos en los cuales se hace uso explícito de la palabra “incertidumbre” pero que cuyo contenido no concierne a riesgos de carácter económico y político, así como el caso opuesto en el cual no se cumple el criterio de búsqueda, ya que no se hace uso explícito de la palabra “incertidumbre”, sin embargo el contenido se vincula a un sesgo de riesgos (falsos positivos y negativos).

Es importante acotar, que los indicadores de incertidumbre basados en minería de texto y clasificación booleana de textos, derivados de un corpus de noticias en tiempo real, presentan diferentes ventajas (Bholat et al. 2015) en comparación a otras métricas convencionales de incertidumbre: i) la especificación de los términos de búsqueda para los documentos permite generar un mayor espectro de información vinculada a riesgos; ii) la fuente de incertidumbre se establece explícitamente en los textos; iii) resulta factible obtener métricas cross-countries y establecer comparaciones a nivel internacional, al construir indicadores para diferentes países o grupos de países.

Como sugieren investigaciones previas (Li et al. 2016; Tobback et al. 2018), es necesario verificar la robustez del ejercicio realizado, no solamente en base a los valores de correlaciones, los cuales resultan necesarios, pero no suficientes para evaluar la importancia del índice construido en la trayectoria de diferentes variables. Por esta razón, en esta investigación se incorpora un modelo de redes neuronales, con el propósito de evaluar el impacto de las condiciones prevalecientes en el panorama internacional, y de los comunicados de política del BCRD sobre las expectativas que se forman los agentes sobre el desempeño económico.

3 Datos y metodología

3.1 Datos

Para llevar a cabo la construcción del IIEI, los insumos empleados son noticias de alta frecuencia (diarias/hora) procedentes de los portales Reuters, oilnews.com y geo-political monitor, para el período enero 2016-junio 2020, así como también las series del Indicador de Bonos de Mercados Emergentes (EMBI) y del Índice de Incertidumbre Político-Económica (EPU), en el período análogo, para fines de comparación. Se construye un banco de documentos que consta de 79,115 noticias de “Business & Markets”, 10,200 noticias de petróleo y 4,320 textos de carácter geopolítico. Asimismo, se emplean series con frecuencia mensual de inflación-IPC, índice mensual de actividad económica (IMAE), expectativas económicas y la serie diaria del tipo de cambio nominal extrabancario (promedio compraventa).

Por otra parte, la información concerniente a la instancia de la política monetaria se captura a través de los comunicados de política del BCRD para el lapso enero 2012-junio 2020 (desde la adopción del régimen de metas de inflación), la tasa de política monetaria (TPM) y la tasa interbancaria para el mismo período.

3.2 Minería de texto

Para la elaboración del Índice de Incertidumbre Económica Internacional (IIEI) y la extracción de la tónica de los comunicados de política del BCRD se utilizan técnicas de minería de texto. Se emplea el algoritmo K-Nearest Neighbor (KNN, Duda et al. (2000)), dada su eficiencia y bajo costo de implementación computacional, para llevar a cabo la clasificación de textos (Medhat et al. 2014), asignándole una etiqueta a un texto completo, a partir de determinado conjunto. El enfoque del algoritmo está orientado a la extracción del sentimiento o la tónica subyacente en cada uno de los documentos considerados.

La técnica empleada para la obtención de cada indicador cuantitativo es un proceso multidimensional que abarca diferentes fases que van desde el pre-procesamiento de los textos hasta la tokenización de las palabras presentes en los mismos, con su correspondiente contextualización, de donde, finalmente, se infiere una métrica relativa a un sentimiento o a una percepción.

El primer paso consiste en definir el corpus o conjunto de documentos objeto de análisis. Una vez delimitado el corpus, se deben agotar los siguientes pasos concernientes al preprocesamiento del texto (Bholat et al. 2015):

- i. Remover stopwords: se extraen del corpus las palabras que se consideran irrelevantes para revelar información sobre la tónica subyacente de los documentos⁴ (e.g. artículos, preposiciones, etc.).
- ii. Remover signos de puntuación, números y espacios en blanco.
- iii. Llevar todas las palabras a minúsculas (case folding); de esta manera se extrae la misma tónica de las mismas palabras, aislando el hecho de que se presenten en letras mayúsculas o minúsculas.
- iv. Stemming: disminuir la dimensión del corpus, llevando las palabras a su raíz.

En una segunda etapa, se efectúa una tokenización o separación de las palabras del texto, a fin de establecer la frecuencia de cada una de éstas y agruparlas en diferentes conjuntos (clusters), de acuerdo a una métrica específica (en este caso, se emplea una métrica euclidiana). La fase de agrupamiento constituye el problema más importante de aprendizaje supervisado o no supervisado, donde se intenta componer una estructura a partir de datos con o sin "etiqueta". En este caso, el algoritmo KNN (aprendizaje supervisado) permite agrupar los datos de mayor coherencia posible entre los mismos de su grupo.

El algoritmo KNN permite delimitar vecindades de puntos, de acuerdo a una métrica establecida (en este caso una métrica euclidiana). En el marco de este modelo, cada punto tiene su mayor vecindad, la cual abarca la máxima cantidad de puntos con la misma clasificación o etiqueta, denominada "vecindad local". Una vez clasificados los puntos en sus respectivas vecindades, se procede a realizar una contextualización de las palabras, haciendo uso del diccionario Henry's Finance-Specific

⁴En esta fase del proceso se llevó a cabo una depuración paulatina de "stopwords" evaluando los histogramas de palabras y empleando una lista de "stopwords" disponible en <http://snowball.tartarus.org/algorithms/english/stop.txt>.

Dictionary, popularmente empleado para economía y finanzas, y con efectividad empírica para el análisis de corpus de noticias. Este diccionario contiene un listado de palabras y clasifica las mismas en positivas y negativas.

De acuerdo a este diccionario, el sentimiento se computa por medio de la ecuación:

$$s_t = \frac{w_p(A_t) - w_n(A_t)}{w_p(A_t) + w_n(A_t)} \quad (1)$$

donde A_t corresponde al número de noticias disponibles en el momento t ; $w_p(A_t)$ es la cantidad total de noticias positivas en A_t , $w_n(A_t)$ representa el total de palabras negativas y s_t es el indicador de sentimiento correspondiente; el valor de s_t se normaliza bajo el criterio *minmax*⁵, con valores en el intervalo $[0,1]$, y representa el saldo entre el conteo de palabras positivas y negativas divididas por la suma de palabras positivas y negativas presentes en los artículos de noticias A_t .

3.3 Redes neuronales

Utilizando una métrica construida a partir de los comunicados de política monetaria del BCRD se infiere una inflación totalmente "alineada" con la tónica de los comunicados; esto se logra utilizando un modelo de redes neuronales.

El uso de redes neuronales para modelar el comportamiento de variables macroeconómicas se ha popularizado cada vez más en la literatura empírica (Ballı y Tarimer 2013; Jalil y Misas 2007; Tkacz y Hu 1999), dada su capacidad para especificar modelos con mínimos errores de pronóstico, así como también para capturar patrones o componentes no lineales. En este orden, se considera que la especificación apropiada de estas estructuras aporta una mayor precisión en los resultados derivados de funciones no lineales, posicionándose de esta manera como herramientas importantes en la elaboración de pronósticos de variables macroeconómicas y financieras, con gran capacidad predictiva.

Una red neuronal puede definirse como una estructura de simples elementos de procesamiento, denominados nodos, cuya habilidad de aprendizaje se almacena en la fortaleza de las unidades de conexión o ponderaciones, obtenida a partir de un proceso de entrenamiento o fase de aprendizaje de un conjunto de patrones (Haykin 2008). La arquitectura de una red neuronal intenta emular el diseño y funcionamiento del cerebro humano, y la forma en que se organizan las neuronas de la red está íntimamente vinculada al algoritmo de entrenamiento de la misma; si la red ha aprendido la estructura subyacente del problema en cuestión, entonces debe ser capaz de clasificar y predecir los patrones subsiguientes (Gurney 1997).

Kuan y Liu (1995) señalan que las redes neuronales pueden ser visualizadas como modelos de entrada-salida (input-output), los cuales pueden ser entendidos como funciones de regresión no lineales que caracterizan la relación entre una variable dependiente (entrada) Y_t y un vector de variables explicativas (salida) $X_t = (x_{1t}, \dots, x_{pt})$. Sin considerar una función específica no lineal, el

⁵En la teoría de aprendizaje computacional, el criterio minmax es una normalización basada en la unidad, a través de la cual se re-escalan los valores de una serie en el intervalo $[0, 1]$. Se emplea la siguiente fórmula: $X_{\min \max} = \frac{X - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}}$.

modelo se construye combinando funciones no lineales a través de composiciones que van de una capa (single layer neurons) a estructuras multicapa (multilayers neurons).

En esta investigación se emplea una estructura de redes neuronales dada por la siguiente expresión (Basihos, 2016):

$$\pi_t = \sum_{j=1}^j X_j \alpha_j \quad \alpha_j > \alpha'_j \quad (2)$$

donde π_t representa la variable de salida (output), en este caso la inflación observada para determinado período, y X_j representa la entrada de la red, dada por la métrica construida a partir del sentimiento de los comunicados de política del BCRD. Por otra parte, α_j es un hiperparámetro de la red, que determina la activación de la neurona para transmitir la información. Esta activación generalmente se representa por una función logística (en este caso, una función sigmoide) dada por:

$$f(\mu) = \frac{1}{1 + e^{-\mu}} \quad (3)$$

Dado que solo se emplea una capa oculta en el modelo (hidden layer), H_j , se puede reescribir la ecuación (2) de la manera siguiente:

$$H = f \left[\sum_{j=0}^j x_j \alpha_j \right] \quad (4)$$

Denotando θ_j como la ponderación que vincula la entrada (input) del modelo con la salida (output), se tiene:

$$\pi_t = \sum_{j=0}^j H_j \theta_j \quad (5)$$

Sustituyendo (4) en (5), se obtiene la función de capas ocultas, h , incluyendo la función de entrada g :

$$\pi_t = h \left[\left(\sum_{k=1}^k \alpha_k \right) f \left(\sum_{j=0}^j \theta_{ik} X_j \right) \right] \quad (6)$$

donde:

j = una neurona de entrada con una capa;

k = dos neuronas ocultas con una capa;

La literatura no expone una regla definitiva para llevar a cabo la selección óptima de capas y neuronas ocultas. Sin embargo, se señala que una de las estrategias para determinar estos hiperparámetros está vinculada al desempeño del modelo en la fase de prueba, observándose que no se tenga una red neuronal saturada, lo cual daría lugar a un sobreajuste o, en el caso contrario, a un subajuste. De igual manera, una de las reglas esenciales (Hornik 1991) es que el número de neuronas debe estar acotado entre la cantidad de entradas y salidas del modelo. Con respecto a la cantidad de capas ocultas, se sigue el teorema de Cybenko (1989), el cual establece que, con una capa oculta y un número finito de neuronas, es posible aproximar funciones continuas con supuestos

sobre la función de activación (en este caso, como se ha señalado previamente, se tiene una función de activación sigmoide).

Una vez establecido el número de capas y neuronas ocultas, se busca minimizar la función:

$$\min_{\alpha, \theta} SSD = \sum_{t=1}^T \left[\pi_t - h \left(\sum_{k=1}^K \alpha_k f \left(\sum_{j=0}^J \theta_{kj} X_{jt} \right) \right) \right]^2 \quad (7)$$

Es importante acotar que, en adición a la selección de las neuronas y capas del modelo, este proceso de minimización requiere una muestra de entrenamiento, en la cual la red "aprende" de los datos entregados como insumos, para poder llevar a cabo la fase de predicciones; en este caso, la muestra de entrenamiento representa un 60% del total de los datos, así como también una "muestra de prueba", a fin de verificar la exactitud de las predicciones logradas por medio de la muestra entrenada (Basiños 2016; Tkacz y Hu 1999).

4 Resultados

4.1 Indicador de incertidumbre económica internacional

La necesidad de construir un indicador vinculado a la incertidumbre internacional responde al hecho de que, en una economía pequeña y abierta como la nuestra, la contingencia de choques de carácter externo puede tener un efecto considerable sobre el comportamiento de las principales variables macroeconómicas y, por consiguiente, incidir en las decisiones concernientes a la instancia de la política monetaria.

El gráfico 1 muestra los resultados IIEI, contruidos a partir de la metodología sugerida por Li et al. (2016) y Bholat et al. (2015):

Se lleva a cabo una normalización basada en el criterio minmax, donde 1 representa el valor de máxima incertidumbre, mientras que los valores más cercanos a cero se corresponden con los períodos de mayor estabilidad a nivel internacional. La información se presenta a nivel de diferentes bloques, de acuerdo a la naturaleza de las noticias (i.e. mercados, negocios, geopolíticas, petróleo), con el objetivo de capturar la fuente de la incertidumbre. Los resultados evidencian una correlación de $\rho = 0.63$ entre el IIEI y el EMBI, y $\rho = 0.75$ con respecto al EPU, para el período considerado. Al analizar el comportamiento del IIEI, se observa una coherencia entre la caracterización de los acontecimientos que acaecieron en determinados puntos del intervalo de tiempo y el valor del IIEI. En este sentido, se identifica un gran deterioro del IIEI hacia finales del año 2016, que resulta congruente con episodios que imputaron mayor incertidumbre al panorama económico mundial, tales como la elección de Donald Trump como presidente de los Estados Unidos (EEUU), pasando por las tensiones y expectativas generadas durante este proceso electoral; el mayor desplome histórico experimentado por la libra esterlina (desde 1985), a raíz del referéndum del Brexit y la decisión de la FED de subir la tasa de política en 25 puntos bases. Por otra parte, la recuperación del indicador, hacia el año 2017, se corresponde con una mejora en las perspectivas financieras de las economías emergentes, la adopción de medidas de carácter fiscal (recortes impositivos) en EEUU, así como también un repunte en los precios de diversos commodities. No obstante, estos

Gráfico 1: Indicador de incertidumbre económica internacional (IIEI)



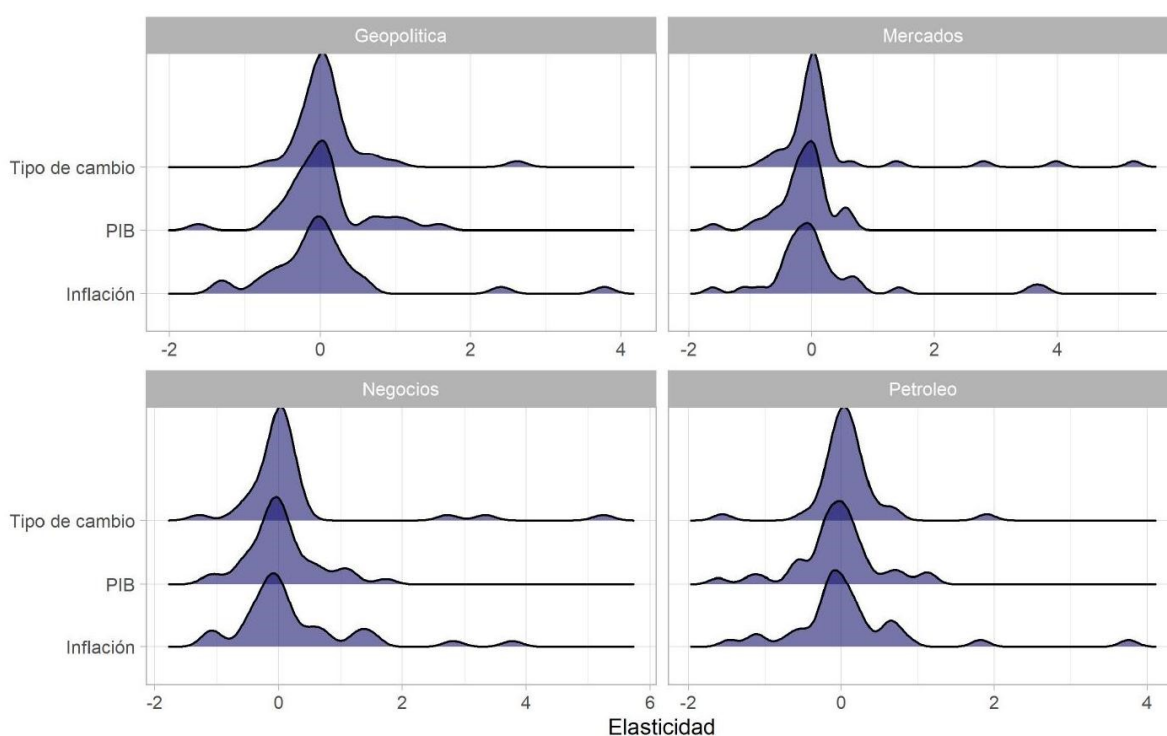
Fuente: elaboración propia.

acontecimientos fueron eclipsados por episodios negativos tales como la guerra comercial entre Estados Unidos y China, intensificación de los conflictos geopolíticos y volatilidad de los precios del petróleo, durante el año 2019, y finalmente, el indicador muestra sus niveles más elevados, durante el período considerado, a partir del mes de marzo del 2020, con la pandemia del Covid-19, la caída en los mercados bursátiles y la crisis económica global prevaleciente.

En el gráfico 2 se presentan las distribuciones de probabilidad de las elasticidades de las expectativas de inflación, del producto interno bruto (PIB) y el tipo de cambio nominal (promedio compra venta extrabancario) con respecto a los componentes del IIEI (i.e. precios del petróleo, comportamiento económico global, mercados financieros y tensiones geopolíticas), para el período enero 2016-junio 2020.

Se constata que tanto las expectativas de devaluación cambiaria como inflacionarias presentan una mayor elasticidad con respecto a la volatilidad de los precios del petróleo y a las tensiones geopolíticas a nivel internacional, lo que resulta coherente con el hecho de que los precios del petróleo afectan directamente el componente transporte de la inflación local, que tiene una ponderación de 18.1% sobre el precio de los alimentos y bebidas; adicionalmente resulta oportuno considerar los efectos de "segunda vuelta" que repercuten en el comportamiento del sector real. Es importante destacar que las expectativas inflacionarias se pueden ver afectadas por los valores esperados del tipo de cambio, tomando en cuenta el mecanismo de transmisión hacia los precios domésticos, principalmente sobre el componente transable de la inflación. En otro orden, las expectativas con relación a la dinámica económica muestran mayor sensibilidad al comportamiento del crecimiento de otras economías, especialmente de los principales socios comerciales.

Gráfico 2: Distribución de probabilidad de las elasticidades de las expectativas con respecto a los componentes del IIEI *



* Estas elasticidades se computan tomando en cuenta el valor del IIEI, a nivel desagregado (i.e. componente geopolítico, negocios, mercados y petróleo), para mapear el efecto de cada bloque sobre las expectativas de tipo de cambio, PIB e inflación. La elasticidad de una distribución de probabilidad expresa la variación que experimenta la función de distribución ante variaciones de la variable aleatoria; esto es, cómo se comporta la acumulación de la probabilidad en el dominio de definición de la variable. el numerador es el valor de la función de densidad en x_0 mientras que el denominador es el cociente entre el área encerrada por la curva $f(x)$ en $[0, x_0]$ y la amplitud del intervalo $[0, x_0]$: esto es, la altura "media" de la curva en $[0, x_0]$ (Ferrer y Pavía 2012).

Fuente: elaboración propia.

Es evidente que la contingencia de eventos vinculados a los ámbitos señalados previamente puede ejercer presiones sobre los precios domésticos, así como también en la dinámica económica. En este sentido, las comunicaciones del BCRD juegan un rol preponderante en la transmisión de un mensaje transparente y prospectivo, en términos de las medidas que se adoptarían frente a estos choques externos, de manera que las autoridades puedan continuar acotando las expectativas sobre estas variables en torno al rango de la meta y evitar la formación de distorsiones en el canal de las expectativas, el cual constituye uno de los principales mecanismos de transmisión de la política monetaria (en las secciones subsiguientes se aborda este tema de manera más minuciosa).

4.2 Estrategia de comunicación de la política monetaria del BCRD y credibilidad

Bajo un esquema de metas de inflación, el banco central adopta un compromiso concreto, que se transmite a través de una estrategia de comunicación sólida y transparente, la cual funge como una herramienta para la gestión de una política monetaria óptima (Castillo et al. 2018).

En este apartado se muestran los resultados del ejercicio de minería de texto, de acuerdo al enfoque empírico explicado en la sección 3, realizado para extraer la tónica subyacente en los comunicados de política monetaria del BCRD para el lapso enero 2012⁶- junio 2020. Los valores mostrados en el gráfico 3, se normalizan bajo el criterio minmax, en el intervalo $[0, 1]$, donde las cifras más cercanas a uno se vinculan a comunicados más optimistas, mientras que los valores más cercanos a cero se relacionan a un balance de riesgos negativo.

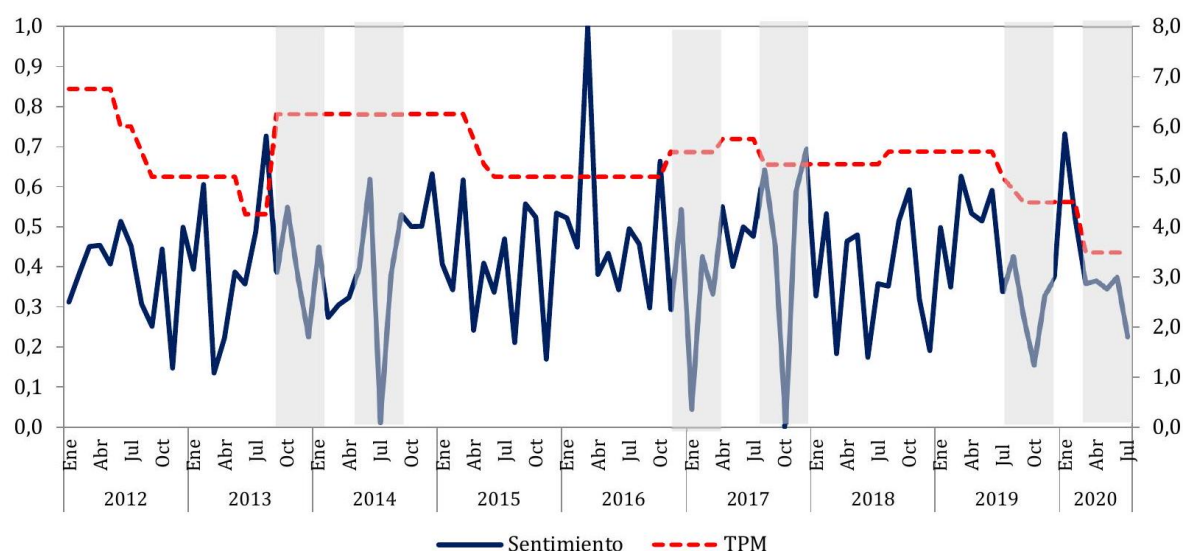
En este sentido, en la ecuación (1), A_t corresponde al comunicado transmitido por el BCRD en el momento t ; $w_p(A_t)$ es la cantidad total de palabras positivas en A_t , $w_n(A_t)$ representa el total de palabras negativas y s_t es el indicador de sentimiento correspondiente; el valor de s_t representa el saldo entre el conteo de palabras positivas y negativas (gráfico 4) divididas por el total de palabras contenidas en cada comunicado A_t .

En el gráfico 3 se observa la relación entre los comunicados de política del BCRD y las decisiones efectivamente adoptadas por las autoridades monetarias, medida en términos de la tasa de política monetaria (TPM), observándose una mayor coherencia entre ambas variables para el período 2018-2020, con un coeficiente de correlación promedio de $\rho = 0.60$. Asimismo, se destaca que, en términos generales, la gestión de los hacedores de política ha ido convergiendo paulatinamente a la tónica de los comunicados emitidos y, en algunos casos, dicha gestión ha sido más agresiva (hawkish) que el tono consignado en los mismos, siendo este un indicio de que, históricamente, ante choques de carácter externo o doméstico, existe una mayor propensión, por parte de los hacedores de política, a adoptar una instancia monetaria contractiva con miras a garantizar la estabilidad de precios y mantenerse dentro del rango de la meta de inflación, así como también una preocupación por el hecho de que los desvíos del rango meta afecten la credibilidad del régimen de política monetaria.

Los valores sombreados en el gráfico 3 corresponden a los mínimos locales del indicador de sentimiento, así como también a épsilon vecindades de dichos episodios ($V_\varepsilon = t + 1$), a fin de enfatizar

⁶A partir de este periodo el BCRD adopta un esquema de metas de inflación.

Gráfico 3: Tónica de los comunicados de política y tasa de política monetaria del BCRD



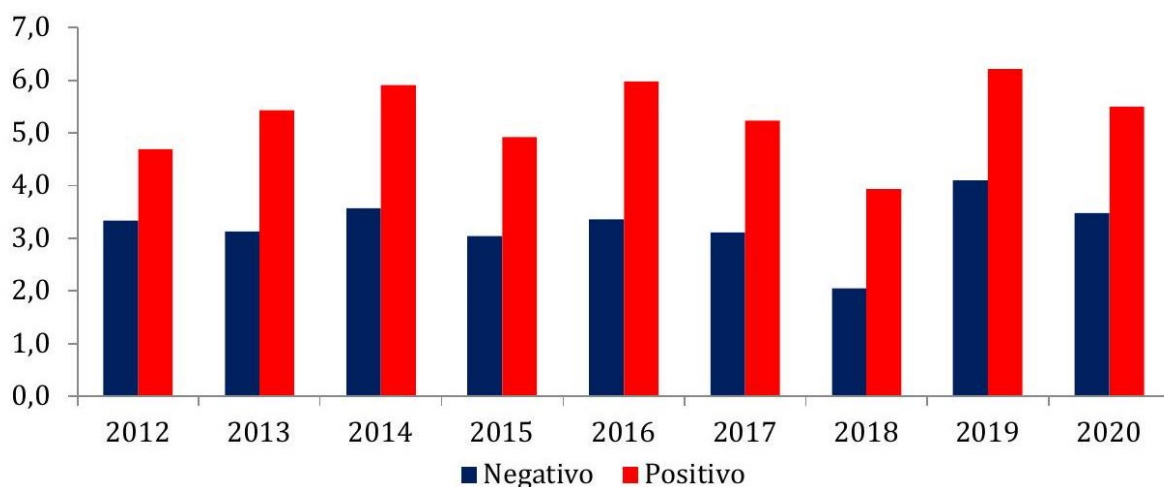
Fuente: elaboración propia.

la variación en el discurso del BCRD y de la TPM, con respecto al período previo. En este sentido, se destaca el deterioro del indicador de sentimiento para el mes de agosto 2013, el cual resulta consistente, aunque en menor medida, con el escenario que prevalecía en dicho período que ameritó la adopción de una postura monetaria considerablemente contractiva, con un incremento de 200 puntos base en la TPM, considerando, en gran medida, la volatilidad cambiaria y el traspaso de dichas oscilaciones a los precios domésticos.

En los períodos subsiguientes, en los cuales se reflejan valores del indicador de sentimiento cercanos a cero, principalmente a raíz de choques de carácter externo (e.g. volatilidad del precio del petróleo, contracción del crecimiento global, guerras comerciales, entre otros), se presenta una convergencia paulatina entre la tónica de los comunicados y la gestión de la política monetaria, lo que ayuda entender por qué no se requirieron acciones más drásticas para mantener la inflación en torno a la meta y acomodar los choques acaecidos, dada una mayor transparencia y credibilidad en el régimen de metas de inflación.

Por otra parte, se constata que, en términos generales, los comunicados del BCRD mantienen una estructura equilibrada (positiva/negativa), aunque mayormente se visualiza un componente positivo más alto en la composición del indicador (gráfico 4). Es importante destacar que la transmisión de un mensaje conciso, transparente y aceptable por los agentes económicos constituye una tarea abstrusa y un gran desafío, a través del cual se pretende lograr un equilibrio que minimice las sorpresas monetarias. Sin embargo, en los últimos años y bajo el esquema de metas de inflación, el desenvolvimiento estable de la economía dominicana, en términos del crecimiento económico logrado, (cercano al potencial) y en el mantenimiento de la inflación en torno al rango meta (gráfico 5), son factores que han jugado un papel crucial a favor de las estrategias de comunicación y, consecuen-

Gráfico 4: Indicador anual comunicados BCRD por componente (positivo o negativo)



Fuente: elaboración propia.

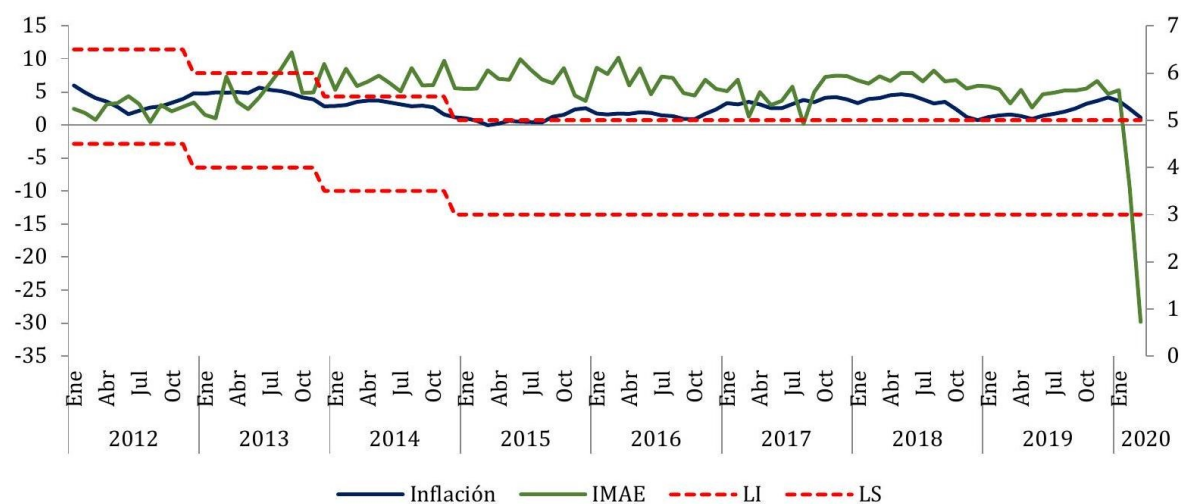
temente sobre el canal de las expectativas, generando confianza a nivel interno y propiciando una mayor holgura para el manejo de choques externos.

Como se ha señalado previamente, el canal de las expectativas constituye uno de los principales mecanismos de transmisión de la política monetaria, por lo que el alineamiento de las comunicaciones con las decisiones de política monetaria minimiza las sorpresas monetarias, propiciando la creación de un "círculo virtuoso" en el cual la previsibilidad de la gestión monetaria, por parte de los agentes económicos, facilita el traspaso de las decisiones monetarias a los objetivos que se persiguen por medio de las mismas.

Otro aspecto importante, concerniente a la estructura de los comunicados de política del BCRD, es la ponderación que se otorga a los eventos de carácter externo, así como también al panorama doméstico, considerando su potencial efecto sobre la reacción de los agentes económicos ante dichos acontecimientos. El gráfico 6 muestra esta estructura, observándose que el contexto internacional tiene una mayor influencia en la tónica de las comunicaciones y que, en términos generales, una gran proporción de la información consignada en los comunicados concierne a los mismos (e.g. decisiones de la FED, crecimiento económico de EEUU, presiones inflacionarias externas; lo que es de esperarse, considerando que en una economía pequeña y abierta como la dominicana, donde la actividad turística representa la espina dorsal del crecimiento, la contingencia de choques de índole externo tiene alto potencial de afectar las decisiones adoptadas por las autoridades monetarias.

Los comunicados de política emitidos por un banco central representan el principal instrumento por medio del cual dichas entidades pueden consignar sus intenciones, en función de la coyuntura prevaleciente. De esta manera, la credibilidad de la gestión de la política monetaria del BCRD se encuentra considerablemente supeditada a la tónica subyacente en dichos comunicados y, en la medida en que se logren transmitir propósitos claros y coherentes con el panorama doméstico e

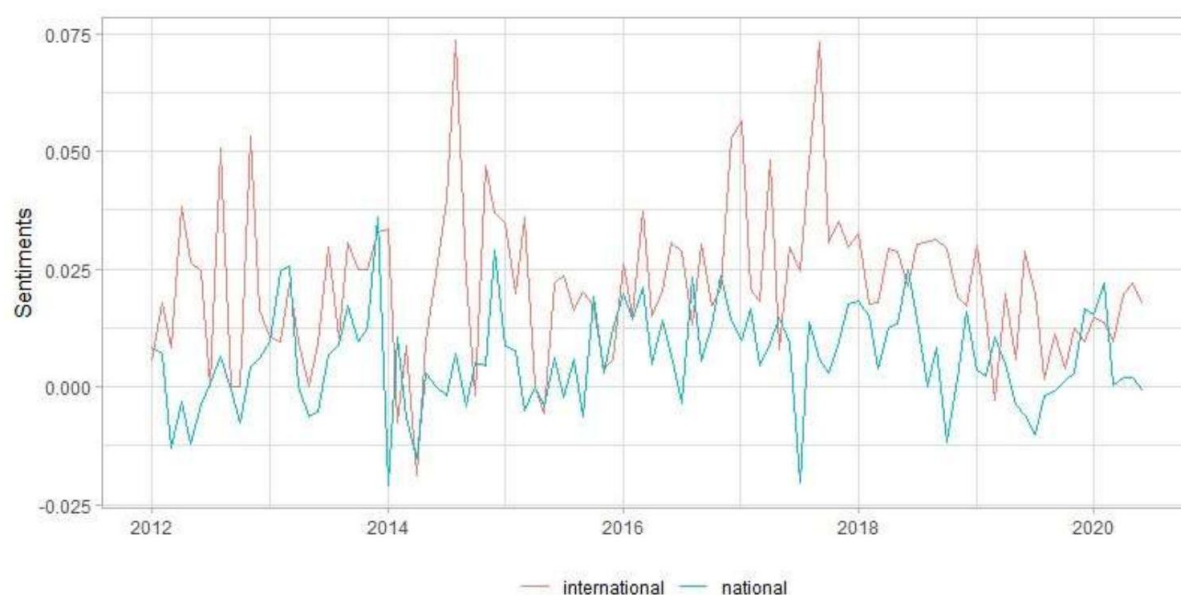
Gráfico 5: Comportamiento del IMAE y la inflación bajo el esquema de metas de inflación en RD (variación interanual, %)



Fuente: elaboración propia, datos del BCRD.

La caída del IMAE observada en el primer trimestre el año 2020 se atribuye a los estragos económicos causados por la crisis del Covid-19.

Gráfico 6: Descomposición de la tónica de los comunicados del BCRD (doméstico y externo)



Fuente: elaboración propia.

internacional, se estaría apuntando a una minimización de las distorsiones en el canal de las expectativas.

Bajo estas consideraciones, resultaría lógico reflexionar sobre el potencial efecto de esta convergencia sobre la holgura de las autoridades monetarias para poder orquestrar políticas de carácter contra-cíclico, puesto que el nivel de anclaje de las expectativas ayuda a evitar cambios drásticos en la TPM. En este sentido, se destaca (Vegh et al. 2017) que un incremento de las tasas de interés, cuando el crecimiento es débil, supone cierto grado de prociclicidad en la respuesta de política monetaria y que, si bien es cierto que existen diversos factores que inciden sobre la gestión de una política monetaria procíclica, es probable que la credibilidad del banco central (reflejada en el grado de anclaje de las expectativas de inflación) sea uno de los más importantes (Carrière-Swallow y Pescaroti 2018). Por lo que, bajo un régimen de metas de inflación, la clave para aplicar una respuesta de política anticíclica sostenida es disponer de una estrategia de comunicación sólida dirigida a anclar las expectativas de inflación.

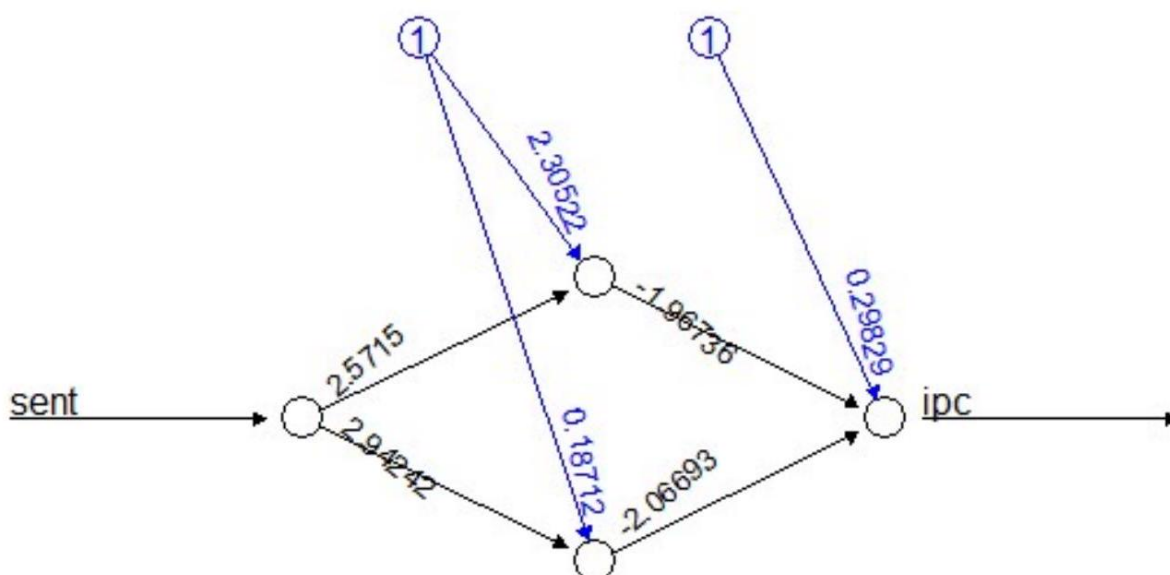
4.3 Simulaciones basadas en redes neuronales

En esta sección se presentan los resultados de los ejercicios de simulación de los niveles de inflación para el período enero 2012-mayo 2020, realizados en base a una estructura de redes neuronales (expuesta en la sección 3) donde se emplea como insumo el indicador de sentimiento extraído de los comunicados de política monetaria del BCRD (gráfico 7), con el propósito de obtener una métrica de inflación “alineada” con la tónica del sentimiento extraído, estableciéndose comparaciones con respecto al nivel de entropía de las expectativas inflacionarias. Se emplean como hiperparámetros una función de activación sigmoide, una capa oculta y dos neuronas ocultas. El proceso de selección de la cantidad de neuronas se lleva a cabo a través de un experimento de ensayo-error, de manera que se van calibrando los hiperparámetros del modelo para minimizar el error de pronóstico, teniendo en este caso un error cuadrático medio (ECM) equivalente a 0.05. La simulación se lleva a cabo a partir de una muestra de entrenamiento que representa el 60% del total de las observaciones.

En el gráfico 8 se muestran los resultados del ejercicio realizado, donde se observa el diferencial entre la inflación observada (interanual) π_t y la métrica de inflación generada a partir del modelo de redes neuronales π_S , en función del sentimiento de los comunicados de política monetaria del BCRD. Uno de los primeros aspectos que se deben resaltar es que, desde la incursión en el régimen de metas de inflación, la estrategia de comunicación del BCRD ha tenido un carácter prospectivo, lo que se puede visualizar en el comportamiento estacionario de π_S .

En este sentido, es importante acotar que, una vez identificados los principales focos de distorsión o incertidumbre económica en determinado período u horizonte temporal, una gestión óptima de la política monetaria se cimienta en una estrategia de “forward guidance” (Carney 2013), a través de la cual los bancos centrales intentan anclar las expectativas por medio de un discurso basado en la instancia más probable de la política monetaria en $t+n$ (n =determinado horizonte temporal), transmitiendo un mensaje sobre las intenciones a futuro y acciones que serán adoptadas para atenuar los potenciales efectos de choques o focos de incertidumbre sobre el comportamiento de la economía. Estas acciones se traducen en un menor grado de entropía de las expectativas inflacio-

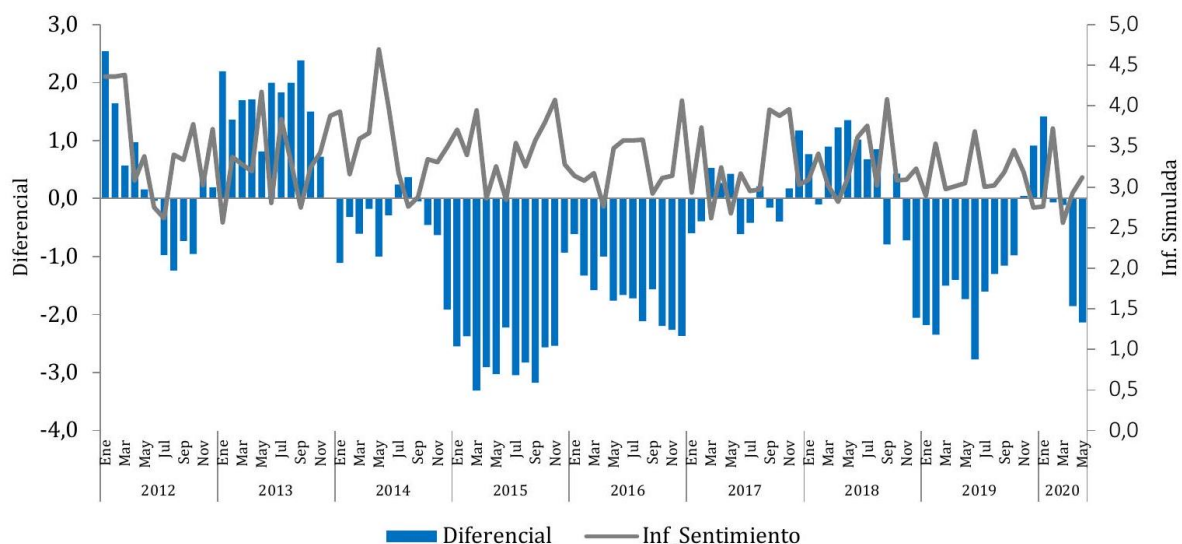
Gráfico 7: Estructura de redes neuronales basada en la tónica de los comunicados del BCRD *



Fuente: elaboración propia.

* *sent*=variable de entrada (input), que en este caso es el sentimiento extraído de la tónica de los comunicados de política del BCRD;
ipc= Variable de salida, que es la inflación-IPC obtenida a partir de la simulación realizada.

Gráfico 8: Simulación inflación-IPC en base al sentimiento extraído de los comunicados del BCRD



Fuente: elaboración propia.

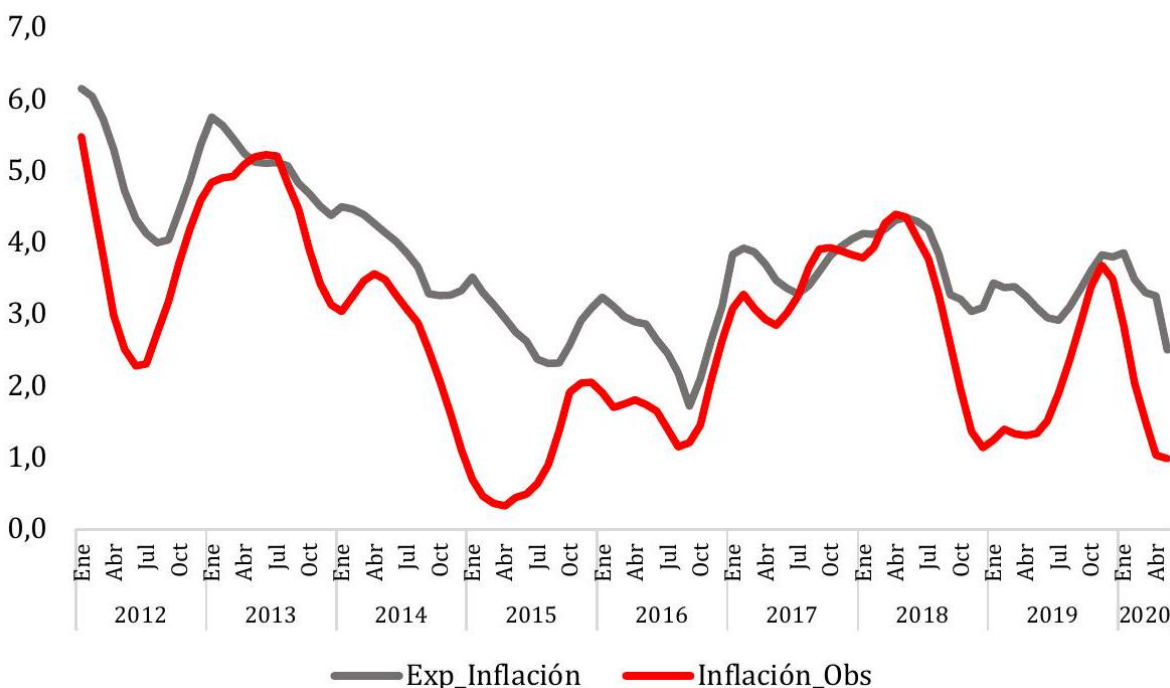
narias, la cual se ha ido minimizando en la medida en que ha madurado el régimen de metas de inflación y la credibilidad de los agentes económicos con respecto al mismo.

Resulta lógico que, al iniciarse el régimen de metas de inflación, el valor del diferencial observado en el gráfico 8 tuviese niveles más elevados que en los períodos subsiguientes, dada una mayor entropía de las expectativas, que eventualmente requirió una política monetaria considerablemente restrictiva en el año 2013, al elevar en 200 puntos bases la TPM, en los meses posteriores a la liberación de recursos del encaje legal (RD \$20,000 millones) por parte del BCRD para fomentar el crédito distintos sectores productivos. En los períodos subsiguientes (2014-2016) se verifica un menor diferencial, que adopta valores negativos, en el lapso octubre 2014 - diciembre 2016, siendo este un indicio de una tasa de inflación cada vez más alineada con la tónica de los comunicados.

De esta manera, en la medida en que se fue visualizando una convergencia entre la inflación y las estrategias de comunicación, se hizo más evidente el compromiso del BCRD y las acciones prospectivas para mantener la inflación dentro del rango meta, lo que se tradujo en un mayor anclaje de las expectativas (gráfico 9) formuladas en torno a dicha variable en el horizonte de política monetaria⁷. En este mismo orden, cabe destacar los efectos de las "sorpresas monetarias" en la entropía de las expectativas, que se hace evidente al comparar los Gráficos 8 y 9, específicamente en el lapso 2014-2015, donde el desanclaje de las expectativas se puede atribuir al episodio referido en el año

⁷Es importante acotar que la entropía de las expectativas se refiere a la divergencia entre los valores de las variables de manera contemporánea. Por otra parte, el anclaje de las expectativas hace alusión a la convergencia de las expectativas de inflación en el horizonte de política monetaria; dicha convergencia está supeditada al nivel de entropía observado en t , así como también a la credibilidad del banco central.

Gráfico 9: Entropía de las expectativas inflacionarias



Fuente: datos del BCRD.

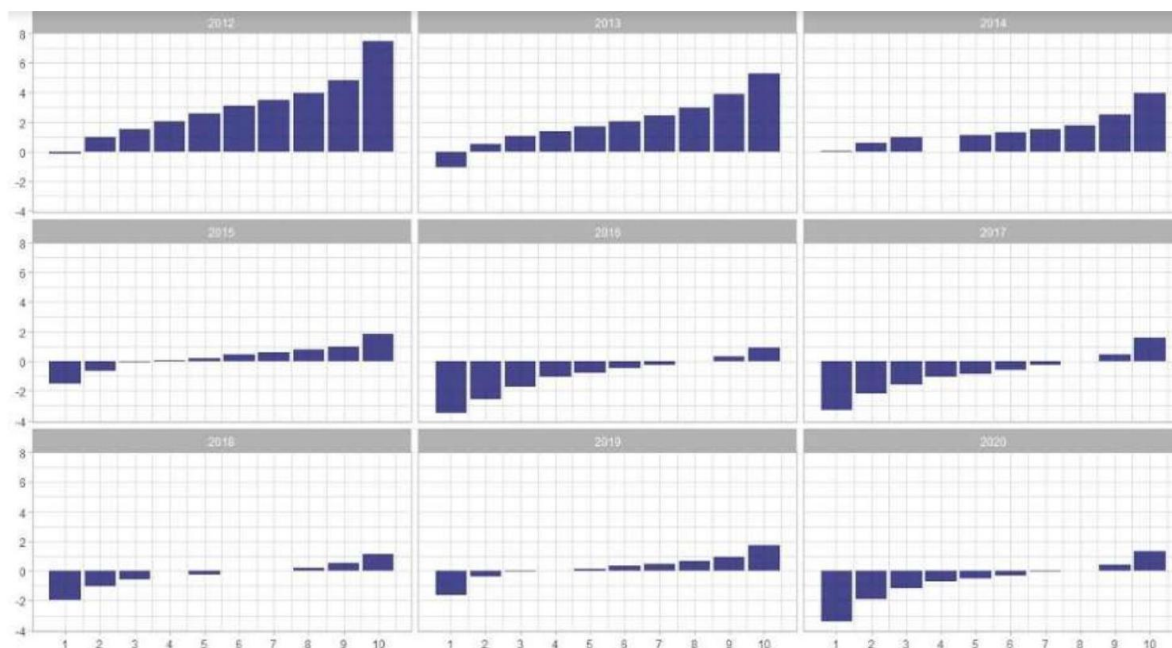
Nota: Se presenta una media móvil de cada una de las series.

2013, lo que requirió una gestión muy estricta (diferencial negativo en el gráfico 8) en línea con el esquema adoptado para poder lograr una mayor credibilidad y, consecuentemente un anclaje de las expectativas inflacionarias (2016-2018). Para el año 2019 se observa un incremento significativo de la brecha entre la inflación y las expectativas, posicionándose estas últimas por encima de la inflación efectivamente observada para dicho período.

A partir de marzo 2020, la brecha observada se atribuye a los estragos económicos causados por la pandemia del COVID-19, a nivel global y las medidas que las autoridades monetarias han debido acoger para atenuar el impacto de esta crisis, entre las cuales se destaca la liberación de recursos del encaje legal por un monto de hasta RD\$30,133.4 millones, con el propósito de estimular y salvaguardar la sostenibilidad de diferentes sectores productivos del país y de los hogares, propiciando el acceso a facilidades crediticias. Sin embargo, cabe destacar que, dado el grado de credibilidad alcanzado por las autoridades monetarias, las expectativas formadas para el período referido se posicionan por debajo de la inflación observada.

La dinámica de esta evaluación del nivel de anclaje de las expectativas inflacionarias se puede extender para llevar a cabo un análisis en el cual se consideren los resultados de las encuestas de expectativas macroeconómicas, realizadas por parte del BCRD a diferentes representantes del sector público y privado, y analizando el comportamiento de dichas expectativas en una distribución por

Gráfico 10: Anclaje de las expectativas inflacionarias por deciles



Fuente: elaboración propia.

deciles, con el propósito de establecer, para cada año, el nivel de anclaje, medido en función de la percepción formada por los agentes económicos considerados con relación a la meta de inflación establecida por el banco central para diferentes intervalos de tiempo (gráfico 10).

Se muestra la desviación promedio de las expectativas con respecto a la meta, por deciles y para el período 2012-2020. Es evidente que la entropía, a nivel de cada decil, se ha minimizado en la medida en que ha madurado el régimen de metas de inflación y la credibilidad de los agentes económicos, principalmente en los deciles de orden superior, donde se registraba una mayor desviación de las expectativas con respecto a la meta de inflación, sobreestimándose la inflación esperada. Esta convergencia paulatina hacia los niveles del rango meta de la inflación han ido proporcionando un margen más amplio para la acomodación de choques y para la gestión de una política monetaria anticíclica.

Finalmente, al establecerse una correlación entre el indicador de sentimiento de los comunicados y la TPM, se observa que los episodios en los cuales se verifica una mayor coherencia entre ambas variables (gráfico 2) se registra una disminución en el nivel de entropía tanto de las expectativas de inflación como de los valores esperados de la TPM, para el período subsiguiente. Estos factores corroboran el hecho de que el uso explícito de un sesgo del balance de riesgos y una comunicación prospectiva se vinculan a episodios en los cuales se ejerce una mejor transmisión de los cambios en la tasa de política monetaria sobre el proceso de formación de expectativas de los agentes económicos.

5 Conclusiones

La identificación de los principales focos de incertidumbre constituye el epicentro de las decisiones adoptadas por parte de las autoridades monetarias, ya que una vez que se establecen los mismos y sus potenciales efectos sobre la economía, se puede tener una perspectiva más clara y elaborada sobre el sesgo del balance de riesgos para las principales variables macroeconómicas. La revolución de la teoría económica a la luz del aprendizaje computacional abre nuevas oportunidades para dar respuesta a un mayor número de interrogantes, poniendo a disposición una cantidad ingente de información, a través de la cual se pueden optimizar los procesos de toma de decisiones por parte de los hacedores de política monetaria, perfilándose cada vez más como instrumentos con gran potencial para el análisis macroeconómico y financiero en tiempo real.

En esta investigación se llevaron a cabo distintos ejercicios basados en herramientas de aprendizaje computacional, específicamente algoritmos de minería de texto y redes neuronales, siendo el objetivo primario evaluar el impacto de la incertidumbre y del balance de riesgos de la economía sobre el nivel de entropía o anclaje de las expectativas de los agentes económicos, las cuales fungen como uno de los principales mecanismos de transmisión de la política monetaria orquestada por el banco central, poniéndose de manifiesto el alcance y la importancia de las estrategias de comunicación del Banco Central de la Republica Dominicana sobre el comportamiento de la economía.

Dado el carácter idiosincrático de la economía dominicana, en términos de su tamaño y grado de apertura, se considera relevante la evaluación de los choques externos como importantes focos de incertidumbre. En este sentido, en la primera etapa de esta investigación se construyó un indicador de incertidumbre económica internacional (IIEI), empleando como insumos noticias procedentes de diferentes portales, el cual presenta ventajas con relación a otras métricas que persiguen el mismo objetivo (e.g. VIX, EMBI, EPU), destacándose la desagregación en función de distintos bloques, de acuerdo a la naturaleza de las noticias captadas (i.g. mercados, negocios, geopolíticas, precios del petróleo). Los resultados evidenciaron una correlación de $\rho = 0.63$ entre el IIEI y el EMBI, y $\rho = 0.75$ con respecto al EPU. Adicionalmente, en el marco de este primer ejercicio, se constató que tanto las expectativas de devaluación cambiaria como inflacionarias presentan una mayor elasticidad con respecto a la volatilidad de los precios del petróleo y a las tensiones geopolíticas a nivel internacional, mientras que las expectativas con relación a la dinámica económica muestran mayor sensibilidad al comportamiento del crecimiento de otras economías, especialmente de los principales socios comerciales.

En una segunda etapa, se planteó la necesidad de construir un indicador de sentimiento que permitiese extraer la tónica de los comunicados de política monetaria, considerando que, bajo un esquema de metas de inflación, la autoridad monetaria adopta un compromiso concreto que se transmite por medio de una estrategia de comunicación sólida y transparente. La credibilidad del banco central, desde la óptica de los agentes económicos, públicos y privados, es uno de los pilares en los cuales se sustenta el logro del objetivo final del banco central: la estabilidad del nivel de precios. En la medida en que esta entidad pueda generar mayor confianza en la población, se

minimizan las distorsiones en el canal de las expectativas.

Al concatenar este indicador de sentimiento con la gestión de la política monetaria, medida en función de la tasa de política monetaria (TPM), se observó que, en términos generales, la gestión de los hacedores de política ha ido convergiendo paulatinamente a la tónica de los comunicados emitidos y, en algunos casos, dicha gestión ha sido más agresiva (hawkish) que el tono consignado en los mismos, siendo este un indicio de que ante choques de carácter externo o doméstico, existe una mayor propensión, por parte de los hacedores de política, a adoptar una instancia monetaria contractiva, con miras a garantizar la estabilidad de precios y mantenerse dentro del rango de la meta de inflación, así como también una preocupación por el hecho de que los desvíos del rango meta afecten la credibilidad del régimen de política monetaria.

Por otra parte, los resultados observados enfatizaron el carácter prospectivo de las estrategias de comunicación del banco central, así como también el hecho de que el alineamiento de las comunicaciones con las decisiones de política permite minimizar las sorpresas monetarias, propiciando la creación de un "círculo virtuoso" en el cual la previsibilidad de la gestión monetaria, por parte de los agentes económicos, facilita el traspaso de las decisiones monetarias a los objetivos que se persiguen por medio de las mismas. En este mismo orden, se destacó que, bajo un esquema de metas de inflación, la clave para aplicar una respuesta de política anticíclica sostenida es disponer de una estrategia de comunicación sólida dirigida a anclar las expectativas de inflación.

Las simulaciones basadas en redes neuronales permitieron obtener una métrica de inflación en función del sentimiento extraído de los comunicados del banco central y ponen de manifiesto el carácter prospectivo de los comunicados del banco central, desde la incursión en el régimen de metas de inflación, siendo importante acotar que, una vez identificados los principales focos de distorsión o incertidumbre económica en determinado período u horizonte temporal, una estrategia de "forward guidance", que transmita un mensaje sobre las intenciones a futuro y acciones que serán adoptadas para atenuar los potenciales efectos de choques sobre el comportamiento de la economía, se traduce en un menor grado de entropía de las expectativas inflacionarias, la cual se ha ido minimizando en la medida en que ha madurado el régimen de metas de inflación y la credibilidad de los agentes económicos con respecto al mismo. A partir de este enfoque, se pone de manifiesto la utilidad de las técnicas empleadas para continuar explorando otros tópicos vinculados al manejo de la política monetaria, en función del amplio espectro de información actualmente disponible y de las técnicas que permiten dar respuesta a diferentes preguntas de investigación. Las futuras extensiones de este trabajo estarían orientadas a llevar a cabo una evaluación multi-dimensional que incorpore la gestión de la política fiscal en el análisis, así como también otros indicadores pertenecientes al sector real de la economía.

Referencias

Bachmann, R, S. Elstner y E. Sims (2013). "Uncertainty and Economic Activity: Evidence from Business Survey Data". En: *American Economic Journal: Macroeconomics* 5.2 (April), págs. 217-249.

- Baker, S., N. Bloom y S Davis (2015). "Measuring Economic Policy Uncertainty". En: *Quarterly Journal of Economics* 131.4, págs. 1593-1636.
- Ballı, S. e I. Tarimer (2013). "An Application of Artificial Neural Networks for Prediction and Comparison with Statistical Methods". En: *ELEKTRONIKA IR ELEKTROTECHNIKA* 19.2. issn: 1392-1215.
- Balta, N., I. Valdes y E. Ruscher (2013). "Assessing the impact of uncertainty on consumption and investment". En: *Quarterly Report on the Euro Area (QREA)* 12.2 (June), págs. 7-16.
- Basihos, Seda (2016). *Nightlights as a Development Indicator: The Estimation of Gross Provincial Product (GPP) in Turkey*. The Economic Policy Research Foundation of Turkey.
- Benchimol, J., S. Kazinnikz e Y Saadonx (2020). *Communication and Transparency through Central Bank Texts*. Working Paper (Work in Progress). Federal Reserve Bank of Richmond.
- Bholat, D., S Hansen, P. Santos y C Schonhardt-Bailey (2015). *Text mining for central banks*. Bank of England.
- Bloom, N (2009). "The Impact of Uncertainty Shocks". En: *Econometrica* 77.3 (May), págs. 623-685.
- Carney, M. (2013). *Monetary Policy after the Fall*. Eric J. Hanson Memorial Lecture. University of Alberta. Eric J. Hanson Memorial Lecture. University of Alberta.
- Carrière-Swallow, Y. y A Pescaroti (2018). *Credibilidad, Comunicación y prociclicidad de la política monetaria en América Latina. Perspectivas económicas: Las Américas*. Fondo Monetaria Internacional (FMI). url: <https://www.imf.org/-/media/Files/Publications/REO/WH/2018/May/Spanish/wreo0518-chp3s.ashx>.
- Castillo, S., J. Iglesias, M. Martínez, A. Ortiz, T. Rodrigo y C. Vegas A. Varela (2018). *European Central Bank's Monetary Policy Tone Index*. Economic Watch. BBVA Research.
- Chen, K (27 de sep. de 2016). *Interpreting the FedSpeak: Text Analysis on FOMC Statements*. U.S. Economic Watch. BBVA Research, págs. 1-5.
- Cybenko, G. (1989). "Approximations by superpositions of sigmoidal functions". En: *Mathematics of Control, Signals, and Systems* 2.4, págs. 303-314.
- Duda, R., P. Hart y D. Stork (2000). *Pattern Classification*. 2ª ed. Wiley-Interscience.
- European Central Bank (2016). *The impact of uncertainty on activity in the euro area*. Economic Bulletin 8. ECB.
- Ferrer, E. y J. Pavía (2012). "La elasticidad: una nueva herramienta para caracterizar distribuciones de probabilidad". En: *Revista Electrónica de Comunicaciones y Trabajos de ASEPUMA* 13, págs. 42-55.
- Gurney, K (1997). *An introduction to neural networks*. UCL Press Limited.
- Haykin, S. (2008). *Neural Networks and Machine Learning*. 3ª ed. Pearson. Prentice Hall.
- Hornik, K. (1991). "Approximation Capabilities of Multilayer Feedforward Networks". En: *Neural Networks* 4.2, págs. 251-257.
- Jalil, A. y M. Misas (2007). "Evaluación de pronósticos del tipo de cambio utilizando redes neuronales y funciones de pérdida asimétricas". En: *Revista Colombiana de Estadística* 30.1 (1), págs. 143-161.
- Li, J., Z. Xu, L. Yu y L. Tang (2016). "Oil Price Trends with Sentiment of Online News Articles". En: *Procedia Computer Science* 91, págs. 1081-1087.
- Medhat, W., A. Hassan y H. Korashy (2014). "Sentiment analysis algorithms and applications: A survey". En: *Ain Shams Engineering Journal* 5, págs. 1093-1113.
- Nyman, R., D. Gregory, S. Kapadia, P. Ormerod, D. Tuckett y R. Smith (2015). *News and narratives in financial systems: exploiting big data for systemic risk assessment*. Working Paper 704. Bank of England.

- Taylor, J. (1982). "The Role of Expectations in the Choice of Monetary Policy". En: *Monetary Policy Issues in the 1980s, Economic Symposium Conference Proceedings* (9 de ago. de 1982). Federal Reserve Bank of Kansas City, págs. 47-76.
- Tkacz, G. y S. Hu (1999). *Forecasting GDP Growth Using Artificial Neural Networks*. Working Paper 99-3. Bank of Canada.
- Tobback, E., H. Naudts, W. Daelemans, E. Junqué de Fortuny y D. Martens (2018). "Belgian economic policy uncertainty index: Improvement through text mining". En: *International Journal of Forecasting* 34.2, págs. 355-365.
- Vegh, C., L. Morano, D. Friedheim y D. Rojas (2017). *Between a Rock and a Hard Place: The Monetary Policy Dilemma in Latin America and the Caribbean*. LAC Semiannual Report. Washington, DC.: Banco Mundial.
- Weiss, S., N. Indurkha, T. Zhang y F. Damerou (2005). *Text Mining: Predictive Methods for Analyzing Unstructured Information*. 1ª ed.