



Estimación de la compensación por inflación en la curva de rendimientos de bonos argentinos

Estimation of inflation compensation in the Argentine bond yield curve

Sebastián Román

Universidad Nacional del Litoral (Santa Fe, Argentina)
sebastianromaneco@gmail.com

Emiliano Carlevaro 

The University of Adelaide (Adelaide, Australia)
emiliano.carlevaro@adelaide.edu.au

Martin Dutto

Universidad Nacional del Litoral (Santa Fe, Argentina)
mardutto@gmail.com

RESUMEN

La medición de las expectativas de inflación es altamente relevante para una economía inflacionaria como la de Argentina. En este trabajo se estima la compensación por inflación implícita en los rendimientos de bonos argentinos durante el periodo de metas de inflación, empleando la diferencia entre el rendimiento de bonos argentinos ajustados y no ajustados por inflación. Bajo ciertas condiciones esta compensación es una medida de expectativas de inflación observable y con frecuencia diaria. Existe alta volatilidad en la compensación en el primer semestre de 2017 y de 2018. La compensación registra sistémicamente valores superiores a las expectativas de inflación obtenidas por el BCRA a través del relevamiento de expectativas de mercado (REM). Esto podría sugerir la incidencia de una prima por riesgo y liquidez, o indicar una posible subestimación de las expectativas por parte del REM. Al mismo tiempo la compensación estimada es un mejor predictor de la inflación realizada que la inflación esperada en el REM.

Palabras clave: Inflación implícita, Modelo de Nelson-Siegel-Svensson, Curva de rendimiento

Códigos JEL: G12, G17, E37



ABSTRACT

The measurement of inflation expectations is highly relevant for an inflationary economy like Argentina's. This paper estimates the implicit inflation compensation in the yields of Argentine bonds during the inflation targeting period, using the difference between the yields of inflation-adjusted and non-inflation-adjusted Argentine bonds. Under certain conditions, this compensation is an observable measure of inflation expectations with daily frequency. There is high volatility in the compensation in the first half of 2017 and 2018. The compensation systematically registers values higher than the inflation expectations obtained by the BCRA through the market expectations survey (REM). This could suggest the impact of a premium for risk and liquidity, or indicate a possible underestimation of expectations by the REM. At the same time, the estimated compensation is a better predictor of actual inflation than the inflation expected in the REM.

Keywords: Break-even inflation, Nelson-Siegel-Svensson model, Yield curve

JEL Codes: G12, G17, E37

Fecha de recepción: 29/03/2024

Fecha de aceptación: 09/09/2024

1. INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo se elabora un indicador de frecuencia diaria de la compensación por inflación demandada en el rendimiento de bonos soberanos argentinos. A su vez, se estudia la capacidad de la compensación por inflación como indicador de expectativas de inflación.

Las expectativas de inflación ocupan un rol esencial en la economía, tanto para el hacedor de política que busca influir en la inflación, como para agentes privados que fijan precios y toman decisiones de inversión en base a sus expectativas. Por ejemplo, el modelo Neokeynesiano básico establece a través de la curva de Phillips que la inflación actual depende de la inflación esperada. Para un país altamente inflacionario como Argentina, es crítico entender la formación de las expectativas de inflación. Los estudios de las expectativas de inflación en este país y su rol en el proceso inflacionario, sin embargo, no abundan.¹ En este sentido,

¹ Esta ausencia es posiblemente resultado del faltante de datos del INDEC respecto a la inflación durante los años 2007 a 2015, véase Sturzenegger (2019, p. 368).

el presente trabajo pretende contribuir al entendimiento de la formación de expectativas de inflación en Argentina.

Si bien para conocer las expectativas de inflación se cuenta con el Relevamiento de Expectativas de Mercado (REM) publicado por el Banco Central de la República Argentina (BCRA), la compensación por inflación aquí estimada ofrece tres ventajas sobre el REM. En primer lugar, a diferencia de la periodicidad mensual del relevamiento del BCRA, el indicador estimado es de frecuencia diaria. Segundo, con el indicador elaborado en esta investigación se pueden obtener expectativas de inflación para horizontes temporales arbitrarios en lugar de los horizontes prefijados en el REM. Tercero, dado que el indicador de compensación por inflación se construye a partir de precios de transacciones realizadas, es inmune a los problemas de manipulación y sesgo inherente en las encuestas realizadas en el REM.

La compensación por inflación estimada en esta investigación resulta de la diferencia de rendimientos para un mismo plazo al vencimiento entre bonos que ajustan por inflación y bonos que no ajustan.

Se estima inicialmente una curva completa de tasas de interés nominal y una real para cada día durante un período determinado. Para esto se usa el modelo “NSS” elaborado por Nelson y Siegel (1987) con la extensión propuesta por Svensson (1994). A partir de estas curvas, se obtienen rendimientos nominales y reales de bonos cupón cero para el plazo al cual se desee estimar la compensación por inflación. Bajo el supuesto de ausencia de oportunidad de arbitraje, la diferencia entre estos rendimientos es la compensación por inflación. El intervalo de tiempo bajo análisis se extiende desde el 1 de enero de 2017 hasta el 24 de abril de 2018, cuando existen medidas útiles de inflación y estuvo operativa la política monetaria de metas de inflación. Este estudio puede brindar herramientas para posteriores análisis macroeconómicos de la política llevada a cabo, como así también para futuros planes de implementación de esquemas de metas de inflación.

Para horizontes largos, la compensación estimada predice la inflación realizada con mayor precisión que el REM del BCRA. Por el contrario, para horizontes cortos -en especial menores a 12 meses- existe alta volatilidad en la compensación estimada, haciéndola poco útil como medida de expectativas de inflación.

2. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

El antecedente más relevante para el presente trabajo es el realizado por Corso y Matarrelli (2019), quienes desarrollaron un indicador de expectativas de inflación basado en las cotizaciones de títulos públicos denominados en pesos. Para ello, utilizan la cotización en el mercado secundario de LECAP y BONTES a fin de estimar la estructura temporal completa de tasas de interés nominal, y para la curva real utilizan bonos ajustados por el índice CER². Su enfoque implicó la aplicación de un método de *bootstrapping* para expandir el número de tasas spot y, posteriormente, ajustar el modelo de Nelson-Siegel-Svensson para obtener una curva diaria de tasas. A partir de esta curva, derivaron un indicador de expectativas de inflación y realizaron una contrastación con las expectativas relevadas por el BCRA.

La metodología empleada por Corso y Matarrelli proporciona una medición de alta frecuencia y precisión en las expectativas de inflación, lo que resulta de gran valor para analizar la evolución y comportamiento de este indicador en la economía argentina. En función de ello, el presente trabajo tiene como objetivo replicar y ampliar su enfoque, utilizando la estructura temporal completa de las tasas de interés en pesos de la economía argentina, tanto en términos reales como nominales, empleando LEBAC para modelar la curva nominal de tasas de interés y bonos ajustados por CER³ para la curva real.

Otro trabajo que cobra especial interés dentro del contexto de bonos soberanos y expectativas de inflación es el realizado por Espinosa et. al (2017). El estudio estima la descomposición del *break-even inflation*⁴ usando un modelo afin⁵ de seis factores de la estructura a términos, tanto nominal como real, de los bonos soberanos colombianos. Incorporan una prima por un factor de liquidez y obtienen un resultado donde se observan las expectativas de inflación, la prima de riesgo inflacionario y la prima de liquidez. Los hallazgos de este estudio sugieren que el *break-even inflation* es una medida adecuada para capturar expectativas de inflación

² Coeficiente de Estabilización de Referencia.

³ Para conocer las diferencias del presente trabajo con respecto al elaborado por Corso y Matarrelli ver el Anexo 3.

⁴ *Break-even inflation* (BEI) es la forma de calcular las expectativas de inflación basada en la ecuación de Fisher, tal cual se realiza en esta investigación.

⁵ Los modelos afines también sirven como herramienta para analizar las curvas de rendimiento de bonos. Estos tienen una mayor complejidad que el modelo NSS aquí implementado y tienen mayor flexibilidad debido a que incorporan factores de riesgo al modelar las curvas.

a corto plazo (dos años). Esta investigación, por lo tanto, contribuye al estudio de las expectativas de inflación utilizando bonos soberanos al ofrecer una visión detallada de los diferentes componentes que afectan estas expectativas y su comportamiento a lo largo del tiempo.

Adicionalmente, es importante considerar otros estudios relevantes en la región. En particular, el trabajo realizado por Pereda (2009), aborda un tema similar, centrándose en la estimación de la curva de rendimiento en soles para el Perú. En dicho estudio, se contrastan el modelo de Nelson y Siegel (1987) contra el mismo modelo con la extensión de Svensson (1994), evaluando sus respectivos ajustes, flexibilidades y estabildades. Aunque el modelo NSS resultó ser el de mejor ajuste, mostró cierta inestabilidad en situaciones con datos insuficientes. En cambio, el modelo de Nelson y Siegel (1987) fue más robusto en estos contextos. Una de las contribuciones esenciales del estudio de Pereda es demostrar cómo las curvas de rendimiento cupón cero estimadas pueden servir como una fuente crucial de información para los bancos centrales, permitiéndoles captar las expectativas del mercado sobre la evolución futura de la tasa interbancaria. Esta investigación refuerza la idea de que los bonos soberanos pueden ser una herramienta poderosa para analizar y comprender las expectativas de inflación en diferentes economías.

En el ámbito internacional, hay una gran cantidad de trabajos que abordan este tema, entre los que destaca el estudio de Gürkaynak (2010). Su investigación también ofrece un valioso aporte para comprender cómo los mercados financieros incorporan las expectativas de inflación en las tasas de interés. Este estudio se centra en el análisis de las curvas de rendimiento de los bonos del Tesoro protegidos contra la inflación (TIPS) en Estados Unidos y su relación con la compensación inflacionaria. Los hallazgos de Gürkaynak (2010) son especialmente relevantes para esta investigación, ya que proporcionan un marco de referencia sobre cómo los mercados financieros internacionales abordan las expectativas de inflación y cómo estas se reflejan en las tasas de interés.

3. MARCO TEÓRICO

Las expectativas de inflación ocupan un rol esencial en la economía, tanto para el hacedor de política que busca influir en la inflación, como para agentes privados que fijan precios y toman decisiones de inversión en base a sus expectativas. En este contexto, es de gran importancia entender de qué manera se forman dichas expectativas y cómo se pueden medir con la máxima precisión posible.

Desde una perspectiva macroeconómica, en la versión aumentada por expectativas⁶ del modelo Neokeyniano, la inflación actual depende de las expectativas de inflación. La dinámica de la inflación es capturada a través de la ecuación de Phillips donde la inflación en el período t ,

$$\pi_t = \beta \cdot E_t\{\pi_{t+1}\} + \kappa \cdot \tilde{y}_t \quad (1)$$

depende de su valor esperado en el siguiente periodo, $E_t\{\pi_{t+1}\}$ y de la brecha de producción \tilde{y}_t (la diferencia entre la producción efectiva y la producción potencial). Los parámetros β y κ determinan la importancia de estos factores en la dinámica de la inflación. Claramente, tener medidas observables de $E_t\{\pi_{t+1}\}$ mejora la estimación de β ayudando a entender dicha dinámica.

Existen dos metodologías para medir las expectativas de inflación: encuestas y precios de activos financieros. En las encuestas se consulta a instituciones, empresarios, consumidores o individuos expertos acerca de sus proyecciones sobre la fluctuación de los precios en el futuro. Como principales desventajas de las encuestas se destaca la posibilidad de ofrecer respuestas sesgadas, la demora que conllevan los relevamientos, y la baja frecuencia con la que generalmente se realizan. Una alternativa a las encuestas se halla en el análisis de los rendimientos de los activos financieros, la cual se implementa en el presente estudio. Los precios de estos activos reflejan las expectativas de los agentes respecto a variables económicas claves como la inflación. El objetivo es extraer las expectativas de inflación a través de la comparación de los rendimientos de activos financieros que ajustan su capital por inflación y aquellos que no. La utilización de esta metodología tiene ventajas como la rápida disponibilidad y la mayor objetividad del agregado de los precios, la cual reduce la subjetividad que podría incidir en las respuestas de las encuestas. Esto último debido a que quienes operan activos financieros tienen un enorme incentivo económico por predecir correctamente la inflación, ya que cualquier error de pronóstico se transforma en una pérdida económica. Esta alineación de incentivos puede ser inexistente en una encuesta en donde los errores de pronóstico típicamente conllevan menores desincentivos.

Para explicar la manera en que los agentes económicos forman sus expectativas, en el campo de la teoría económica se cuenta con la teoría de las expectativas racionales. Esta teoría fue desarrollada por John Muth, como una alternativa a las expectativas adaptativas, y es sintetizada por Mishkin (2008) de este modo: “las expectativas serán idénticas a los

⁶ Véase Galí (2018).

pronósticos óptimos (la mejor estimación del futuro) usando toda la información disponible”.

Así, bajo la hipótesis de la existencia de expectativas racionales, se entiende que los agentes forman sus expectativas de la tasa de interés sin incurrir en errores sistemáticos y usando toda la información disponible al momento.

Respecto al ámbito financiero, conclusiones similares se obtienen de la teoría de los mercados eficientes propuesta por Fama (1970), que sostiene que dentro de los precios de los activos se refleja toda la información disponible.

En este contexto, como afirma Mishkin (2008), “los precios actuales en un mercado financiero se fijarán de tal manera que el pronóstico óptimo del rendimiento de un valor, usando toda la información disponible, sea igual al rendimiento de equilibrio de ese valor.”

En equilibrio, los rendimientos esperados de los activos financieros son iguales. Este resultado es conocido como condición de no arbitraje.⁷ Considérense dos bonos emitidos por la misma organización, uno real y uno nominal. Sea $S_{t,T}^i$ el rendimiento al vencimiento del bono nominal, esto es, la tasa de interés efectiva anual en el momento t de un bono cupón cero que promete pagar \$1 al vencimiento en T ; y sea $S_{t,T}^r$ el rendimiento al vencimiento del bono real, esto es, la tasa de interés efectiva anual de un bono cupón cero que promete pagar $\$1 \times (1 + E_t[\pi_{t,T}])$ al vencimiento donde $E_t[\pi_{t,T}]$ es la inflación esperada durante la vida del bono.

La condición de ausencia de arbitraje implica la igualación de los rendimientos esperados de ambos activos,

$$1 + S_{t,T}^i = (1 + E_t[\pi_{t,T}])(1 + S_{t,T}^r) \quad (2)$$

Esta igualdad es equivalente a la paridad de Fisher.⁸

De la condición de no arbitraje se deriva la compensación por inflación implícita en los rendimientos de los bonos,

$$E_{t,T}(\pi_{t,T}) = \frac{(1 + S_{t,T}^i)}{(1 + S_{t,T}^r)} - 1 \quad (3)$$

⁷ Es una aplicación de la ley de un solo precio a los mercados financieros.

⁸ Véase Mishkin (2008, pág. 87).

Tal como afirma Veronessi (2016), esta es la expectativa de inflación durante la vida del bono nominal, de tal modo que, si la inflación realizada es igual a la expectativa, el rendimiento realizado de ambos bonos es idéntico.

Así, las expectativas de inflación constituyen una brecha entre el rendimiento nominal y real de los bonos.

La identificación de las expectativas de inflación a partir de la última ecuación requiere dos elementos: la satisfacción de la ecuación 2 y la observación de los rendimientos del bono nominal y real.

En el presente trabajo se asume que las primas por riesgos son idénticas entre el bono nominal y el real. Esto garantiza la condición de arbitraje. De esta forma, la divergencia entre el rendimiento del bono nominal y real se debe exclusivamente a la expectativa de inflación. La igualación de las primas por riesgos implica que el valor de todos los riesgos entre ambos bonos es igual. Siguiendo a Veronessi (2016) los rendimientos de bonos contienen primas por riesgos que representan el premio que los inversores requieren para mantener posiciones en bonos nominales. Estos rendimientos pueden, según el instrumento, tener incluidos los premios por riesgo de crédito, riesgo de inflación y riesgo de tasa de interés, entre otros. El riesgo de inflación representa los posibles incrementos en la inflación no esperados durante la vida del bono, los cuales podrían disminuir el valor real del pago de cupones y del pago al vencimiento del ciclo de vida del bono. El riesgo de tasa de interés es generado por posibles cambios imprevistos en las tasas de interés durante el ciclo de vida del bono, que podrían causar pérdidas para los inversores si estos necesitan deshacerse de los bonos antes de su fecha de vencimiento. Se destaca la complejidad de la medición de estas primas, dificultad que aumenta por el hecho de que se debe medir únicamente el riesgo que afecte de manera diferencial a los dos tipos de bonos.

La segunda condición para la obtención de las expectativas de inflación es la observación de una tasa real y una tasa nominal para el mismo plazo al vencimiento. Sin embargo, dado que no se observan dichos valores directamente en el mercado, es necesario modelar una estructura temporal completa para ambas tasas, tanto nominales como reales. Esto permite posteriormente computar un valor de tasa nominal y uno de tasa real para el mismo plazo al vencimiento, y así lograr calcular la compensación por inflación.

Esta estructura temporal completa de tasas de interés es definida por Mishkin (2008:134) como “una presentación gráfica de los rendimientos

sobre los bonos con diferentes plazos al vencimiento, pero con el mismo riesgo, liquidez y consideraciones fiscales”.

Al ofrecer un cronograma completo de tasas de interés a lo largo del tiempo, la estructura a plazo incorpora las anticipaciones del mercado de eventos futuros. Tal como afirman Cox et al. (1985), una explicación de la estructura a plazo nos da una manera de extraer esta información y prever cómo los cambios en las variables subyacentes afectarán la curva de rendimiento.

La estimación usada en el presente trabajo impone restricciones en la curva de rendimientos. Existen en la literatura económica y financiera teorías que explican la curva y que ofrecen la base sobre la cual se logran conclusiones en el presente estudio, debido a que arrojan luz respecto a la relación entre las tasas spot futuras y la tasas forward y sustentan las restricciones en el modelo empírico. Entre las corrientes de pensamiento se destacan principalmente cuatro teorías. La teoría de las expectativas, la teoría de los mercados segmentados, la teoría de preferencia por la liquidez y la teoría del hábitat preferido. Mishkin (2008, pág. 145) menciona que actualmente son de mayor aceptación las dos últimas, ya que permiten explicar de manera más acertada los siguientes hechos empíricos: las tasas de interés sobre bonos de vencimientos diferentes se desplazan juntas a través del tiempo, las curvas de rendimiento normalmente tienen una pendiente ascendente y, por último, cuando las tasas de interés a corto plazo son bajas, las curvas de rendimiento tienen más probabilidades de mostrar una pendiente ascendente vertical, mientras que cuando las tasas de interés a corto plazo son altas, las curvas de rendimiento tienden a invertirse.

Para modelar la curva con todos los datos disponibles, se emplea el modelo paramétrico “NSS” elaborado por Nelson y Siegel (1987) con la extensión propuesta por Svensson (1994), un modelo estándar ampliamente utilizado en el contexto de la estimación de la estructura a plazo de las tasas de interés por su robustez y flexibilidad. Dicho modelo permite captar los valores de $S_{t,T}^i$ y $S_{t,T}^r$ para cualquier plazo requerido, y luego poder llegar al indicador de compensación por inflación buscado.

4. ESTIMACIÓN DE LA COMPENSACIÓN POR INFLACIÓN

4.a. Modelo NSS para estimar la curva de tasa de interés

El modelo paramétrico de Nelson y Siegel (1987) con la extensión propuesta por Svensson (1994) arroja como resultado S_{t_0, t_q}^{NSS} la cual representa la tasa de un bono cupón cero en el momento t_0 , cuyo vencimiento se da en t_q . Este modelo define dicha tasa como:

$$S_{0, t_q}^{NSS} = \beta_0 + \beta_1 \left(\frac{1 - e^{-\frac{t_q}{\tau_1}}}{\frac{t_q}{\tau_1}} \right) + \beta_2 \left(\frac{1 - e^{-\frac{t_q}{\tau_1}}}{\frac{t_q}{\tau_1}} - e^{-\frac{t_q}{\tau_1}} \right) + \beta_3 \left(\frac{1 - e^{-\frac{t_q}{\tau_2}}}{\frac{t_q}{\tau_2}} - e^{-\frac{t_q}{\tau_2}} \right) \quad (4)$$

donde los 6 parámetros a estimar, $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \tau_1, \tau_2$, determinan las propiedades de la curva.

Esta función parte del modelo creado por Nelson y Siegel (NS) el cual cuenta con cuatro parámetros únicamente. En la presente investigación se toma una versión ampliada y más flexible elaborada por Svensson donde lo primordial es que se le agrega una segunda joroba a la curva, lo cual logra, según defiende Gürkaynak (2010), captar los efectos de convexidad en horizontes más largos.

Una ventaja de este modelo es la interpretación geométrica de los parámetros (Gilli et al., 2010). Se tiene que β_0 es independiente del plazo de vencimiento, por lo que se puede interpretar como el nivel de rendimiento a largo plazo; β_1 está ponderado por una función del plazo de vencimiento, la cual es igual a 1 cuando $t_q = 0$ y decrece exponencialmente a cero a medida que t_q crece, por lo que β_1 solo tiene gran influencia en el extremo corto de la curva. β_2 también está ponderado por una función de t_q , pero esta función es 0 para $t_q = 0$, aumenta, y luego disminuye de nuevo a cero a medida que t_q crece; por lo tanto, añade una joroba a la curva. Por último, los parámetros añadidos por Svensson en el modelo NSS son β_3 y τ_2 , donde el tercer término que cuenta con estos parámetros agrega una segunda joroba al modelo proveyendo mayor información respecto a los rendimientos de mayor plazo. Los parámetros τ_1 y τ_2 calibran la velocidad de ajuste de la curva, el primero para el corto y mediano plazo, y el segundo para el mediano y largo plazo.

Para que se pueda realizar una interpretación directa de estos parámetros, se deben mantener las restricciones siguientes:

$$\begin{aligned}\beta_1 &> 0 \\ \beta_1 + \beta_2 &> 0 \\ \tau_1 &> 0, \tau_2 > 0\end{aligned}\tag{5}$$

En comparación con los modelos tipo Spline, el NSS tiene la ventaja de eliminar movimientos idiosincráticos (Gürkaynak, 2010). Esto lo hace más útil para análisis político e interpretaciones macroeconómicas. Este modelo, aún siendo lo suficientemente flexible para imitar las distintas formas posibles de estructura a término, mantiene la rigidez suficiente para eliminar movimientos atípicos que solamente afectarían a un dato en específico y no representarían la influencia de factores macroeconómicos.

Además, tanto este modelo como su versión más acotada de Nelson y Siegel son altamente utilizados por los bancos centrales de numerosos países, entre ellos Suiza, Alemania, Italia, Bélgica, Finlandia, Noruega y España.

Por último, el hecho de que el modelo NSS haya sido empleado para realizar otros estudios respecto a la estructura temporal de tasas de interés en Argentina es de gran utilidad debido a que facilita la comparación de resultados.

La mayor crítica teórica a este modelo es que no garantiza la ausencia de oportunidades de arbitraje. Pero se cuenta con trabajos como el realizado por Coroneo y Vidova-Koleva (2008) para el Banco Central Europeo donde, utilizando una técnica no paramétrica de re-muestreo y datos de la curva de rendimientos de los bonos cupón cero del mercado estadounidense, demuestran que los parámetros obtenidos de otros modelos con supuesto de no-arbitraje no son estadísticamente diferentes a los obtenidos con el modelo NS.

En cuanto a los factores de relevancia al realizar la estimación de la estructura temporal de tasas de interés a través del modelo NSS, está el método utilizado para determinar los parámetros de este modelo.

En este trabajo se implementa el método heurístico⁹ llamado *Diferential Evolution*¹⁰ (DE) de Gilli et al. (2010), que busca principalmente minimizar los errores al estimar los rendimientos. Dichos

⁹ Método basado en la experiencia, la intuición o reglas empíricas para encontrar soluciones.

¹⁰ La DE es un método de optimización que utiliza operaciones de mutación, recombinación (cruce) y selección, para llegar a la solución óptima de un problema. Véase Gilli et al. (2019).

autores demuestran que este método brinda una buena solución al problema de calibración y que se obtienen parámetros con mejor ajuste que en otros métodos generalmente utilizados.

La DE consiste en estimar el conjunto de parámetros que minimicen la máxima diferencia absoluta entre las tasas efectivas anuales que surgen del modelo y las obtenidas de los datos observados. Utilizando la misma connotación que en la ecuación (4) del modelo NSS, y teniendo S^{NSS} como los rendimientos estimados arrojados por el modelo y S^M los observados en el mercado, el problema de optimización puede plantearse como:

$$\min_{\beta, \tau} [\max |S^{NSS} - S^M|] \quad (6)$$

donde β representa el vector de parámetros utilizados en el modelo ($\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3$) y τ el vector de parámetros (τ_1, τ_2). La selección de la función objetivo a utilizar es analizada por Schumann (2011), quien modifica la función objetivo igual al error cuadrático medio propuesta inicialmente por Gilli et al. (2010), y obtiene mejores resultados.

A su vez, se incluyen las restricciones mencionadas en la ecuación (5) junto con otras restricciones y penalizaciones en la estimación por DE.

En la aplicación de esta metodología se utiliza el entorno R-Studio y el paquete “NMOF” desarrollado por Schumann (2011). Para obtener el vector de parámetros que minimiza la función objetivo se realizan distintas variaciones en los parámetros y se van registrando para cada vector de valores de los parámetros los máximos errores absolutos de las estimaciones obtenidas con respecto a los valores observados. Finalmente, se selecciona el conjunto de parámetros que minimice esta función objetivo.

Luego, se lleva a cabo el mismo procedimiento para cada día hábil del período analizado, obteniendo como resultado una serie de vectores de parámetros que permiten modelar una curva de rendimiento para cada día. Este procedimiento se realiza tanto para la curva nominal como para la curva real de tasas de interés.

4.b. Datos para estimar la estructura temporal completa de tasas de interés

Para realizar la estimación de la estructura temporal de tasas de interés se emplea información sobre el rendimiento de letras soberanas en pesos que cotizan en el mercado secundario. En Argentina, como en otras economías en desarrollo, los títulos públicos son los que presentan

generalmente mayor liquidez respecto al resto de instrumentos que cotizan en el mercado secundario, y es por esto que son utilizados en el presente trabajo.

Se utilizan datos diarios recopilados durante el período de tiempo comprendido desde 01/01/2017 hasta el 25/04/2018.

La fecha de inicio del período analizado está determinada por la implementación del esquema de metas de inflación en Argentina. Se hace foco en este período debido a la alta relevancia que toman las expectativas de inflación durante la vigencia de este esquema.

Por otro lado, la fecha de cierre del 25/04/2018 está determinada por el desarme masivo de posiciones en LEBAC. Según definen distintos analistas, este evento marcó el inicio de una posterior corrida cambiaria. Se estima que la venta de gran volumen de este tipo de bonos fue disparada por la implementación del impuesto a la renta financiera que gravaba la renta en las LEBAC. Dado que estas letras son el instrumento del cual se toma información para la elaboración de la estructura temporal de tasas de interés nominal de la economía, luego de la fecha mencionada las estimaciones arrojan alta volatilidad, constituyéndose esta submuestra en poco útil para inferir expectativas de inflación.

4.b.1. Bonos a Tasa fija

Los bonos empleados denominados LEBAC son títulos de deuda en pesos emitidos por el BCRA. La base de datos utilizada se obtiene a partir de la cotización en el mercado secundario de las Letras del BCRA, tomando como fuente información del Mercado Abierto Electrónico (MAE).¹¹

Estos bonos son activos de renta fija que se cotizan a descuento y tienen un único pago al vencimiento, por lo que a partir del precio de cotización de cada letra se obtiene la tasa de interés implícita a utilizar.

Dentro de la base de datos se dispone de la Tasa Nominal Anual (TNA) de interés de cada letra, con una frecuencia diaria, para todas las LEBAC¹² vigentes el día analizado, que tienen distintos plazos al

¹¹ Datos publicados en el sitio web oficial del Gobierno de la Nación Argentina.

¹² Si bien estos bonos cotizan en el mercado secundario, mensualmente se realizan subastas de nuevos instrumentos de estas características, lo que puede generar un ingreso de nuevos bonos al mercado que influyan en el precio de los ya vigentes.

vencimiento. Dado que las LEBAC tienen características de bonos cupón cero, la TNA resulta equivalente a la Tasa Efectiva Anual (TEA), que representa el interés que efectivamente se obtendrá de la inversión teniendo en cuenta capitalizaciones de intereses.

En la base de datos se cuenta cada día con un número variable de observaciones de distintos bonos, y para cada observación se calcula el plazo al vencimiento en días. Se analizan únicamente los días hábiles en que hubo operaciones de mercado y se encontraban vigentes 4 o más bonos.

Para los días hábiles en los que no se tiene la cotización de determinado bono debido a que no hubo transacciones, pero este seguía vigente, se completan los datos tomando información respecto al último día anterior al analizado en el que el bono tuvo transacciones. Este método de imputación se fundamenta principalmente en el supuesto de que la ausencia de transacciones en el mercado se debe a que la diferencia de precios es lo suficientemente despreciable como para que ningún inversor decida operar.

En el proceso de análisis de la base de datos del indicador se identificó un dato particularmente atípico, con un valor de 9,74%. Al calcular la desviación de este valor con respecto a la media de los rendimientos, se encontró que estaba a una distancia de 5,5 desviaciones estándar, siendo este el mayor valor de desviación estándar de la base de datos. Dada la naturaleza atípica de este dato y la posibilidad de que genere un sesgo en los resultados de la investigación, se tomó la decisión metodológica de excluirlo de la muestra para los análisis subsiguientes. Esto se realizó con el fin de mantener la robustez del estudio, considerando que las conclusiones del estudio se basarán en patrones generales.

4.b.2. Bonos ajustados por CER

Para estimar la estructura temporal completa de tasas de interés reales, se emplean datos de títulos públicos argentinos que ofrecen ajuste por inflación en sus rendimientos.

No existe en la fecha estudiada disponibilidad de títulos públicos cupón cero ajustados por inflación, por lo que se procede extrayendo información de bonos con cupón. Los bonos utilizados tienen vencimiento en 2020 (ARTC20), 2021 (ARTC21), 2023 (ARTC23), 2023 (ARPR13), ARDICP (2023), 2025 (ARTC25P). Estos bonos pagan una tasa de interés fija más un porcentaje ajustado por CER.

La tasa de retorno efectiva al vencimiento ofrecida por estos bonos sin tener en cuenta el rendimiento ajustado por CER se toma en el presente trabajo como la tasa real, debido a que representa la tasa de interés aceptada por los inversionistas dado que el bono ajusta por inflación.

La fuente de datos empleada para el análisis de estos bonos fue extraída de “*Eikon DataScope*”, específicamente de la “*Base Histórica Tick Story*”. Dentro de ella se encontraban los rendimientos ofertados y los rendimientos demandados de los bonos. Para tomar una medida de la tasa fija de rendimiento de mercado de estos bonos, se realiza un promedio entre lo ofertado y lo demandado. Luego, se da el mismo tratamiento que el realizado con las LEBAC a los datos faltantes.

4.c. Compensación por inflación

Al tener disponible la estructura temporal completa de tasas de interés nominal y real, partiendo de la ecuación (4) es posible obtener $E(\pi_{t,T})$ desde el momento $t=0$ hasta el plazo que se considere necesario. Se considera que al utilizar un plazo de 24 y 48 meses para las estimaciones de la estructura temporal completa de tasas de interés, se sortea de manera aceptable el problema de falta de disponibilidad de bonos ajustados por CER con vencimiento a plazos menores a 500 días aproximadamente. Al aumentar el plazo utilizado, la estimación del modelo NSS tiende a ser más parsimoniosa, y se obtienen estimaciones comparables con otras investigaciones.

Otra forma posible de solucionar el problema de la poca disponibilidad de información sobre bonos ajustados por CER a más corto plazo y la sensibilidad del modelo NSS ante esta falta de datos, es aplicar un método de *Bootstrapping* que consiste en emplear los flujos de fondos que ofrecen los bonos con cupón para obtener las tasas de bonos cupón cero para cada plazo en el que haya flujos para descontar. Esta metodología no es aplicada por cuestiones de disponibilidad de tiempo y obtención de resultados aceptables a mayor plazo, pero se reconoce la alta utilidad de la misma y se toma en consideración para futuros proyectos.

La ecuación (3) es aplicada para los datos diarios estimados de tasas de interés reales y nominales a distintos horizontes. De esta manera, se obtiene un método de medición de compensación por inflación con frecuencia diaria durante el período analizado.

5. RESULTADOS

En esta sección se presentan primero las curvas temporales de tasas de interés nominal y real para determinados días. Luego los valores del indicador de expectativas de inflación con frecuencia diaria a partir de las curvas de rendimiento. En la tercera subsección se compara la compensación con inflación con el relevamiento de expectativas del mercado compilado por el BCRA. Finalmente, para analizar la precisión del indicador para predecir la inflación y la inercia inflacionaria en las expectativas, se comparan las estimaciones con la inflación realizada.

5.a. Estructura temporal completa de tasas de interés nominal y real

Partiendo de las cotizaciones de todos los bonos con mismas características, y aplicando el modelo NSS, se obtienen curvas representativas de la estructura temporal completa de tasas de interés para fechas específicas. La Figura 1 muestra la estructura temporal completa de tasas de interés nominal y real de la economía al 30/06/2017.

Respecto a las curvas nominales, se destaca principalmente la disponibilidad de datos para plazos cortos. Además, es notable cómo al aplicar el modelo NSS la estructura temporal completa converge hacia un porcentaje aceptable a largo plazo. Esta convergencia es una característica inherente del modelo NSS, que tiene un buen comportamiento y baja sensibilidad al faltante de datos de largo plazo.

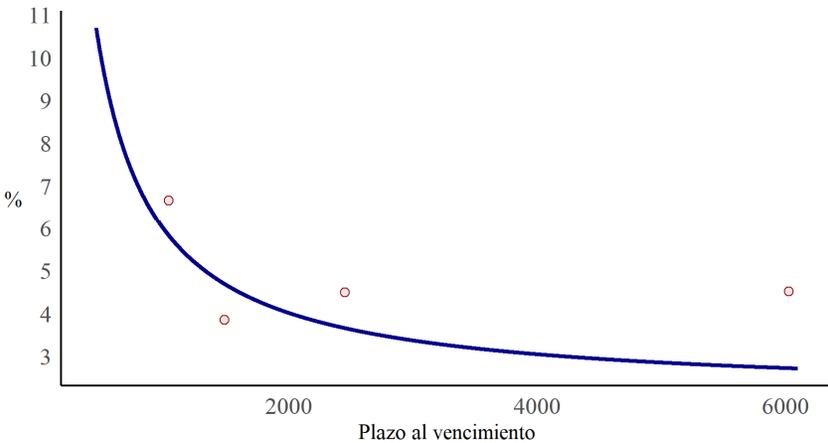
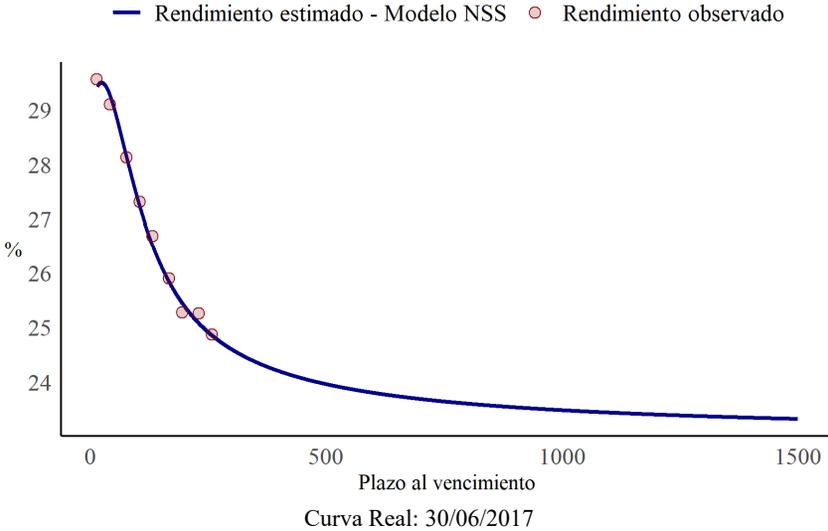
El día 30 junio de 2017 la estructura temporal completa de tasa de interés nominal mostró una pendiente decreciente, lo que representa que las tasas de interés para los plazos más largos eran más bajas que las tasas de interés para los plazos más cortos.

De manera análoga, haciendo uso de los bonos ajustados por CER se construyeron estructuras temporales completas para las tasas de interés reales. Para los días ejemplificados esta curva muestra una tendencia decreciente. Además, permite notar la disponibilidad de bonos para plazos largos.

Una limitación es la escasa disponibilidad de bonos ajustados por CER con plazos cortos al vencimiento. En contraste, para la curva nominal se dispone de LEBAC que tienen un período de vencimiento que no supera un año.

Figura 1. Estructuras temporales completas de tasas de interés nominal y real.

Ejemplos para días determinados de curvas estimadas por el modelo NSS utilizando los datos disponibles de rendimientos de bonos con distintos plazos al vencimiento. Curva Nominal: 30/06/2017



Fuente: Elaboración propia en base a datos de Eikon DataScope y página oficial del Gobierno Argentino e INDEC.

El modelo NSS tiende a funcionar de manera más efectiva ante el faltante de datos de largo plazo que ante el faltante de datos de corto plazo, en otras palabras, el modelo es especialmente sensible a la falta de información en el corto plazo. Es por esto que si se selecciona un plazo corto se llega a valores de rendimiento real poco aceptables, al igual que

los valores de compensación por inflación obtenidos luego a partir de la diferencia de los rendimientos.

En efecto, para plazos cortos de 90 días se obtiene una tasa real muy superior a la nominal, sugiriendo expectativas de inflación negativas.

Sin embargo, al prolongar a, por ejemplo, cuatro años, la tasa nominal es mayor a la real, coincidente con expectativas de inflación positivas. Asimismo, se percibe una notable reducción en la volatilidad, principalmente en la estimación de los rendimientos de los bonos CER. Adicionalmente se destaca que la extensión de los plazos al vencimiento de los bonos genera una ampliación de la brecha entre las tasas nominales y reales. Es por esto que se optó por avanzar en el cálculo de un indicador diario de expectativas de inflación utilizando las tasas con 4 años de plazo al vencimiento, donde este indicador arroja valores aceptables.

A su vez, otra limitación es generada por el desarme masivo de posiciones en LEBAC, tal como se comentó en la sección de aspectos metodológicos. Esta situación afecta la representatividad de la estimación de las tasas de interés nominales derivadas de dichos instrumentos, lo que fundamenta la elección de la fecha final del período bajo estudio.

Con el objetivo de ilustrar los cambios mencionados al modificar el plazo al vencimiento y el cambio de las estimaciones antes y después de 2018, en el Anexo 1, se muestra la evolución de las tasas nominales y reales obtenidas para plazos al vencimiento de 90 días y 1460 días (cuatro años). Además, se computan los valores de media y desviación estándar de los rendimientos, al dividir el periodo graficado en la Figura 2 en cuatro sub periodos, para cuatro diferentes plazos al vencimiento.

Con respecto a la pendiente de las curvas obtenidas, en el Anexo 2 se muestra la diferencia entre las tasas de rendimiento a 365 días menos las tasas a 90 días, durante cada día del periodo analizado, calculada con el objetivo de tener un valor que replique el signo de la pendiente de las curvas para estos plazos.

La pendiente de la curva nominal en los primeros meses del 2017 arroja tanto valores positivos como negativos, lo que se considera que explica la mayor volatilidad en el valor obtenido de compensación por inflación calculado. Luego a partir de mayo de 2017, la pendiente de la curva nominal toma valores siempre negativos, lo que sugiere expectativas de desinflación.

A finales de 2018, las pendientes toman valores más cercanos a 0 y se encuentran algunos puntos positivos, por lo que se puede decir a priori que las expectativas de inflación se acrecentaron.

La pendiente de la curva real es negativa en la generalidad del periodo. Se considera que esto, junto con la falta de datos de corto plazo, genera la sobreestimación de las tasas a corto plazo.

En términos del ajuste de la curva estimada respecto de los valores observados, en la Tabla 1 se registra el *Mean Absolute Yield Error* (MAYE) a lo largo de la curva nominal y real. Se computan los valores promedio por periodo.

Los valores sugieren un mejor ajuste de la curva nominal que de la real, lo cual puede estar ocasionado por la menor cantidad de bonos ajustados por CER utilizados. También se muestra cómo el ajuste de la curva nominal empeora de manera significativa luego del 25 de abril de 2018, variación que se le atribuye al desarme masivo de posiciones en LEBAC comentado más arriba. A diferencia de la nominal, la curva real mantiene sus valores de MAYE luego de esta fecha.

Por último, se destaca que ambas curvas arrojan sus menores errores en el periodo que va desde julio de 2017 hasta abril de 2018, lo cual - como se explicará a continuación- generará una mayor representatividad durante dichos periodos del indicador de compensación por inflación.

Tabla 1. *Mean Absolute Yield Error* (MAYE) a lo largo de la curva nominal y real. Valores en puntos porcentuales de rendimiento

Curva Nominal			
Desde 2017/01/01 hasta 2017/06/30	Desde 2017/07/01 hasta 2017/12/31	Desde 2018/01/01 hasta 2018/04/25	Desde 2018/04/26 hasta 2018/10/01
0,68297	0,15932	0,36223	1,03231
Curva Real			
Desde 2017/01/01 hasta 2017/06/30	Desde 2017/07/01 hasta 2017/12/31	Desde 2018/01/01 hasta 2018/04/25	Desde 2018/04/26 hasta 2018/10/01
1,07806	1,01278	0,91009	0,84941

Fuente: Elaboración propia.

5.b. Indicador diario de compensación por inflación implícita en bonos

El indicador de compensación por inflación surge de aplicar la ecuación (4) a todos los días hábiles del período analizado. Por ejemplo, fijando el horizonte en 4 años $T = 1460$ días, considérese la

compensación por inflación para el día 30/06/2017, en que la tasa de interés nominal efectiva anual de un bono cupón cero a 4 años es de 23,29% y la correspondiente tasa de un bono real cupón cero al mismo plazo de 4,74%. En la fecha indicada, la compensación por inflación implícita a 4 años resulta ser una tasa anual de 17,72%. Una inflación realizada de 17,72% en cada uno de los 4 años iguala el rendimiento realizado entre el bono nominal y el real.

De replicar dicho cálculo para un horizonte de 4 años durante el periodo a analizar, se obtiene como resultado una serie de frecuencia diaria de compensación por inflación. Los valores se grafican en la Figura 2, donde los puntos representan la compensación estimada y la curva el promedio móvil de 5 días.

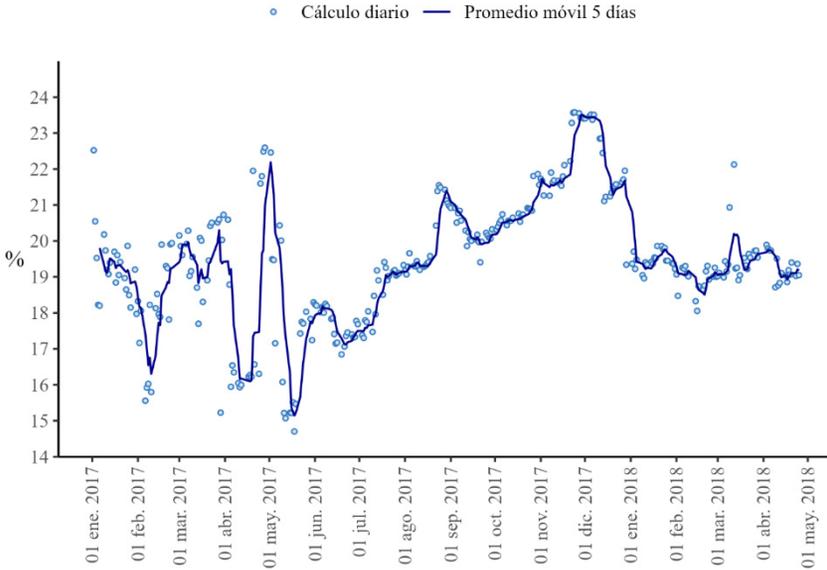
La dispersión de los puntos alrededor de la curva representa la volatilidad de la serie de compensación estimada. Se logra observar una mayor volatilidad desde principios de 2017, que va en aumento hasta el mes de mayo, meses en los que se presenta mayor variación dentro del periodo analizado, manteniéndose entre los valores de 15% y 22%. Esta variabilidad se reduce en los meses siguientes de manera notoria, facilitando la identificación de cambios de comportamiento en su evolución.

Después de llegar a su valor mínimo respecto del período analizado - de 14,82 % el día 18/05/2017- el indicador comienza a crecer de manera continua, alcanzando su mayor pico durante el mes de noviembre de 23,67% el día 23/11/2017.

Posteriormente, este indicador muestra una fuerte caída a fines de diciembre del 2017, estabilizándose hasta el fin del período analizado.

Los valores durante el 2018 se mantienen entre el 18% y 20% aproximadamente, pero presentan una mayor variabilidad en marzo, atribuida principalmente al comportamiento de las expectativas en dos días específicos, 09/03/2018 y 12/03/2018, en que alcanza rendimientos de 20,98% y 22,07% respectivamente.

Figura 2. Compensación por inflación en bonos con 4 años de plazo al vencimiento



Los puntos representan la inflación por compensación diaria a partir de las curvas de rendimiento nominal y real. La curva es el promedio móvil de 5 días. Series de alta frecuencia de compensación por inflación en tasa efectiva anual, derivadas del mercado de bonos del Banco Central y de tesorería del gobierno argentino. Fuente: Elaboración propia en base a datos de Eikon DataScope y página oficial del Gobierno Argentino e INDEC.

En la Tabla 2 se computan estadísticas descriptivas de los valores obtenidos de compensación por inflación con un horizonte de 4 años.

Se observa cómo el porcentaje de compensación por inflación promedio aumenta en el segundo período seguido de una disminución gradual, y finalmente llegan valores mucho más altos luego del 25 de abril de 2018. Además, existe un período de baja volatilidad del indicador elaborado que se logra identificar con la disminución de la desviación estándar de la primera diferencia al pasar de la primera mitad de 2017 a la segunda. Dicha desviación estándar se mantiene baja en los primeros meses del 2018, aunque con un leve aumento respecto del período anterior.

Durante estos meses de menor volatilidad, se piensa que el indicador de compensación por inflación es una medida más cercana de las expectativas de inflación. Esto se atribuye a que el ajuste de las curvas

nominales y reales es más impreciso en el primer semestre de 2017 y a mediados de 2018 (véase el Anexo 1), lo que resulta en medidas de expectativas de inflación con una alta volatilidad heredada durante dichos periodos.

Tabla 2. Estadística descriptiva de la compensación por inflación en bonos con 4 años de plazo al vencimiento

	Desde 2017/01/01 Hasta 2017/06/30	Desde 2017/07/01 Hasta 2017/12/31	Desde 2018/01/01 Hasta 2018/04/25	Desde 2018/04/26 Hasta 2018/10/01
% de compensación por inflación promedio	18,40	20,63	19,31	126,96
Desviación estándar de la compensación por inflación	0,0014	0,0013	0,0006	0,3024
Desviación estándar de la Primera Diferencia [#]	0,014	0,004	0,005	2,214

[#] Refiere a la diferencia en una serie de tiempo entre un valor y su valor anterior. Dicha medida es de utilidad para eliminar tendencias. En este caso, permitió la obtención de un representativo de la variabilidad comparable entre los distintos periodos al eliminar el ruido que genera la tendencia.

Fuente: Elaboración propia.

Dicha disminución en la volatilidad durante la segunda mitad del 2017 y los primeros meses del 2018 es similar a los resultados de Corso y Matarrelli (2019). Los autores estimaron la compensación por inflación a 1 año. La Figura A3.1 del Anexo 3 del presente trabajo reproduce el indicador a 365 días, el cual es comparable con los resultados obtenidos por dichos economistas. El nivel promedio del indicador elaborado es menor cuando se toma la medida a 1 año, lo cual se cree que es debido a que los bonos tomados son distintos, y a que Corso y Matarrelli (2019) sortean el problema de la falta de datos de tasas reales utilizando una metodología de *Bootstrapping*¹³.

¹³ Ver Corso y Matarrelli (2019).

La compensación por inflación así derivada es congruente con las metas de inflación establecidas por el BCRA para incidir en las expectativas de inflación. Dicho esquema fue publicado en septiembre de 2016 y mantenido hasta diciembre de 2017. Para obtener una medida comparativa con el indicador elaborado de compensación promedio en los 4 años próximos, se toman las metas de inflación¹⁴ en los 4 años siguientes y se computa el promedio geométrico.

Tomando las metas de inflación promedio para los años 2017 al 2020 el indicador arroja una tasa anual promedio de 8,55%, mientras que tomando el límite superior es del 10,41%. La compensación por inflación estimada al 1 de enero de 2017 es de 19,62%, muy por encima de la meta promedio y el límite superior. Si se admite la compensación por inflación como una medida de las expectativas, se observa que las metas establecidas eran agresivas.

5.c. Comparación con el REM

Esta sección evalúa el uso de la compensación por inflación estimada como medida de expectativas de inflación. Para ello se contrasta la compensación por inflación con la inflación esperada que surge del REM publicado por el BCRA. El REM es una encuesta mensual realizada por el BCRA para recopilar las expectativas de diversos actores del mercado sobre variables económicas clave, como la inflación, el tipo de cambio y la actividad económica. Dentro de las instituciones consultadas se incluyen entidades financieras, consultoras, centros de investigación y universidades, entre otros. El personal de BCRA envía la encuesta del REM los últimos 3 días hábiles de cada mes. Esta información es compilada por el BCRA y publicada el mes siguiente.

Cada participante del REM presenta sus proyecciones de inflación para diferentes horizontes temporales. Para cada publicación mensual del REM, aquí se considera la variación porcentual interanual para los

¹⁴ Las metas de inflación fueron publicadas en septiembre de 2016 y fueron mantenidas hasta diciembre 2017. Estas metas contaban con un límite superior de 17%, 12% y 6,5%, y límite inferior de 12%, 8% y 3,5%, para los años 2017, 2018 y 2019 respectivamente. Para el cálculo del promedio geométrico a 4 años, se toma para 2020 la misma meta de inflación definida en 2019.

próximos 2 años¹⁵ del nivel general de los precios minoristas del Índice de Precios al Consumidor (IPC) publicado por el INDEC.^{16,17}

La Figura 3 presenta la inflación esperada anual a 2 años que surge del REM y la correspondiente compensación por inflación que se obtiene de bonos con un plazo al vencimiento de 2 años. Para los datos del REM, la figura muestra el pronóstico a la fecha de publicación que es cuando el dato está disponible y es comparable con la compensación por inflación.

Se destaca la granularidad del indicador de compensación por inflación que permite observar la dinámica durante el mes. Por ejemplo, en la primera mitad de 2017 la compensación por inflación revela una volatilidad intra-mensual significativa que no es observable a través del REM. Por otro lado, focalizándose en las tendencias, el REM describe una tendencia decreciente durante este período que no es evidente en la compensación por inflación, aunque esta fluctúa alrededor del REM, al menos hasta junio de 2017.

Desde julio de 2017, se observa una divergencia notable en la dinámica entre ambas estimaciones. Por un lado, la compensación por inflación comienza a aumentar alcanzando un máximo de sus valores hacia finales de noviembre de dicho año, mientras que el REM presenta una conducta más estable, oscilando entre tasas del 14% y el 15% de inflación anual esperada para los próximos 2 años.

Durante el año 2018 ambas estimaciones convergen brevemente en febrero hasta valores de entre el 15% y 16%, para luego desacoplarse a partir del mes de marzo.

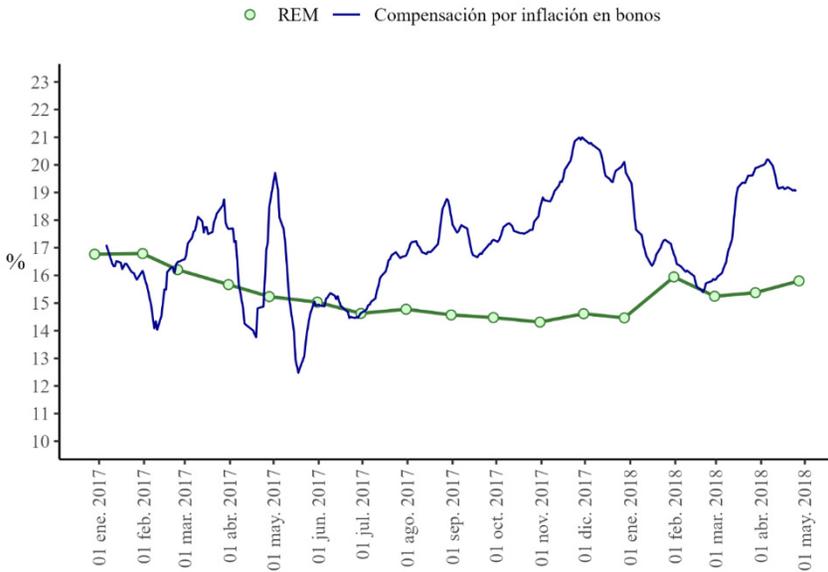
¹⁵ En los campos "próx. 12 meses" y "próx. 24 meses" debe cargarse la inflación anual de 12 y 24 meses vista a partir del mes corriente, respectivamente. Por ejemplo, en el formulario del mes de diciembre de 2020, en "próx. 12 meses" debe cargarse el pronóstico de inflación acumulada entre enero de 2021 y diciembre de 2021, es decir la variación porcentual interanual del índice de diciembre de 2021. En el campo "próx. 24 meses" debe cargarse el pronóstico de inflación anual acumulada entre enero de 2022 y diciembre de 2022, es decir la variación porcentual interanual del índice de diciembre de 2022 (BCRA, 2023).

¹⁶ Al ser el indicador de inflación de mayor cobertura publicado por el INDEC, el BCRA lo utiliza para la toma de decisiones de política monetaria.

¹⁷ Obtenidos de la base de datos histórica del REM publicada por el BCRA (Ver: https://www.bcra.gob.ar/PublicacionesEstadisticas/Relevamiento_Expectativas_de_Mercado.asp).

Cabe destacar que estos resultados se conciden con los del trabajo realizado por Corso y Matarrelli (2019) donde analizan la compensación por inflación y realizan esta contrastación utilizando otros instrumentos y metodologías, con estimaciones a 1 año de plazo.

Figura 3. Promedio móvil a 5 días de la compensación por inflación en bonos con 2 años de plazo al vencimiento y series mensuales de expectativas de inflación a 2 años publicadas en el REM



Fuente: Elaboración propia en base a datos de Eikon DataScope, página oficial del Gobierno Argentino e INDEC.

La propuesta de utilizar el indicador de compensación por inflación como expectativa inflacionaria ofrece ventajas significativas sobre las expectativas del REM publicadas mensualmente por el BCRA. Además de la granularidad ya mencionada, la compensación por inflación destaca por su capacidad de proporcionar un indicador con actualización diaria y por la accesibilidad económica de su elaboración a partir de los datos de cotización de bonos.

A su vez, la postergación de la publicación del relevamiento del BCRA comentada anteriormente genera que las expectativas de inflación de este indicador sean conocidas el mismo día que la inflación efectivamente realizada en el mes anterior publicada por el INDEC. En paralelo, a fines del mes de agosto el Ministerio de Economía de

Argentina comenzó a calcular y publicar semanalmente el dato de inflación realizada. Un aspecto importante de un indicador es que tenga incorporada toda la información disponible. La expectativa publicada por el REM no tiene en cuenta estas publicaciones de la inflación semanal, dado que el relevamiento de expectativa de inflación se lleva a cabo a fin del mes anterior a su publicación. Las expectativas de inflación del REM que tienen en cuenta estos datos serán publicadas recién en la segunda semana del mes siguiente. En cambio, se entiende que el indicador de compensación por inflación tendría incorporado el valor observado publicado por el INDEC y el Ministerio de Economía directamente luego de su publicación.

Estas ventajas pueden ser esenciales para la toma de decisiones de los agentes económicos y hacedores de política monetaria, que deben contar con un dato de inflación futura lo más preciso, urgente, y económico posible.

5.d. Comparación con la inflación realizada

Aquí se evalúa la capacidad predictiva de la compensación por inflación de la inflación realizada. Asimismo, se compara esta capacidad con la del REM y la inflación pasada.

Se considera que la compensación por inflación, el REM y la inflación pasada son medidas válidas de expectativas de inflación. Bajo la hipótesis de expectativas racionales tanto la compensación como el REM son las correctas medidas de expectativas de inflación capturando, en principio, toda la información disponible que los agentes tienen para formar sus expectativas. Por otro lado, bajo expectativas adaptativas, los agentes basan sus expectativas sólo en información pasada, por lo que la inflación pasada constituye la medida válida de expectativas de inflación.

Cualquiera sea el mecanismo con el que las expectativas se formen, bajo el supuesto del cumplimiento de la ecuación de Phillips (véase ecuación (1)) estas afectan la inflación realizada. Por lo tanto, la divergencia en la capacidad predictiva entre la compensación y el REM por un lado y la inflación pasada por el otro constituyen evidencia preliminar en favor de la existencia de expectativas adaptativas o racionales. En principio, una mejor capacidad predictiva de la inflación pasada sugiere la presencia de expectativas adaptativas y viceversa.

La capacidad predictiva de estas medidas de expectativas depende del régimen monetario. En el período bajo análisis se implementó el esquema de metas de inflación (MI), uno de cuyos principales objetivos es romper

la inercia inflacionaria de tal modo que la inflación actual dependa poco de la inflación pasada. En este sentido, si la inflación pasada es un predictor débil de la inflación realizada, sugiere efectividad de las MI durante el período. Tal como afirman Cachanosky y Ferrelli (2019), en este régimen el Banco Central ancla la inflación influyendo sobre las expectativas de inflación.

En la Figura 4 se muestra la evolución de la tasa de inflación anual esperada para un horizonte de predicción de 24 meses. El horizonte seleccionado permite la comparación de las 3 medidas de expectativas de inflación.¹⁸ Tanto la inflación pasada como la realizada se calculan usando el Índice de Precios al Consumidor (IPC)^{19,20}. Para el mes t , la inflación realizada en los próximos 24 meses expresada en tasa anual es:

$$\pi_{t,t+24} = \left(\frac{IPC_{t+24}}{IPC_t} \right)^{\frac{1}{2}} - 1. \quad (7)$$

Para el mes t , la inflación pasada es igual a la realizada en los previos 24 meses expresada como tasa anual,

$$\pi_{t-24,t} = \left(\frac{IPC_t}{IPC_{t-24}} \right)^{\frac{1}{2}} - 1 \quad (8)$$

A partir de la Figura 4, es notable la subestimación de la inflación realizada que tuvieron las expectativas de inflación publicadas por el REM (serie verde) y el indicador de compensación por inflación (serie azul). Aun así, el segundo se acerca en mayor medida, obteniendo más precisión durante el período analizado para la inflación realizada (serie marrón).

Observando la trayectoria de la inflación realizada en los 24 meses posteriores, es evidente su tendencia alcista. A este respecto, el indicador de compensación por inflación se alinea más con esta tendencia,

¹⁸ Cabe mencionar que esta metodología de contrastación respecto de la inflación realizada también se lleva a cabo por parte del BCRA para evaluar la capacidad de predicción de las estimaciones de inflación publicadas en el REM. (Ver Metodología ranking REM en

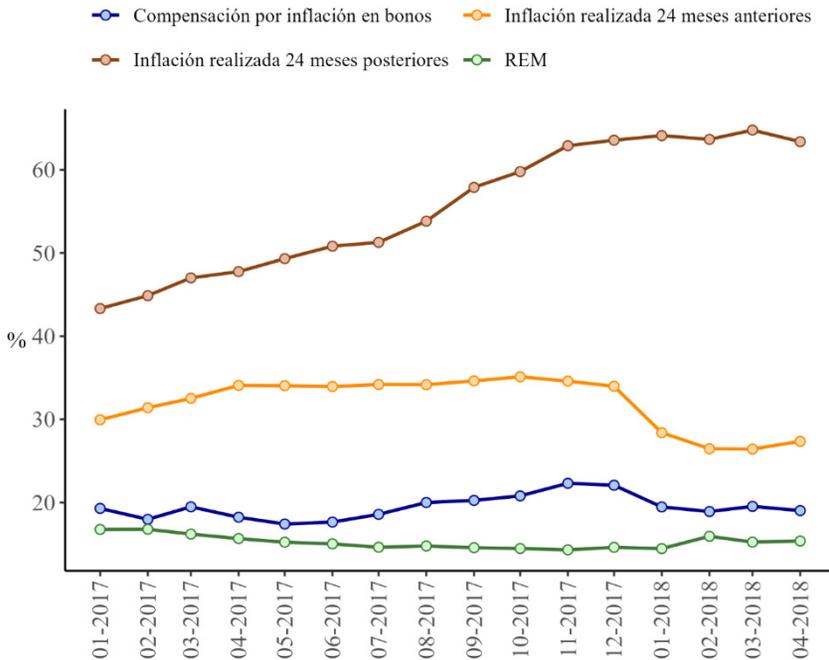
<https://www.bcra.gob.ar/Pdfs/PublicacionesEstadisticas/Metodolog%C3%ADa%20Ranking%20REM.pdf>.

¹⁹ De cobertura nacional – nivel general, al ser el indicador de inflación de mayor cobertura publicado por el INDEC el BCRA lo utiliza para la toma decisiones de política monetaria.

²⁰ El dato respecto al IPC de ese mes específico se grafica el primer día de dicho mes.

reflejando la evolución de la inflación realizada en el futuro con mayor exactitud. Por otro lado, el Indicador de Inflación publicado por el REM parece no capturar de manera adecuada esta alza. De hecho, durante el 2017 el indicador del REM parece sugerir una inflación más estable, e incluso presenta un leve decrecimiento.

Figura 4. Comparación de indicadores con la variación en el IPC en los 24 meses anteriores y posteriores. Series mensuales compensación por inflación a 2 años de expectativas de inflación publicadas en el REM



Fuente: Elaboración propia en base a datos de Eikon DataScope y página oficial del Gobierno Argentino e INDEC. Además, para los datos de variación en el IPC anteriores a 2016, se tomó información de los Índices FACPCE: "resolución técnica n° 6 "estados contables en moneda homogénea" índice definido por la resolución de jg. 539/18.

Para cuantificar esta diferencia entre lo esperado y lo realizado, se muestran los valores del Error Absoluto Medio (MAE) y de la Raíz del Error Cuadrático Medio (RMSE). Se observa en la Tabla 3 que para ambas medidas la compensación por inflación tiene un menor error de predicción, al menos durante el periodo de análisis y para este horizonte temporal.

Tabla 3. Error de estimación promedio mensual del indicador de compensación por inflación y del REM respecto de la variación en el IPC 24 meses futura

Tipo de error	MAE	RMSE
Compensación por inflación implícita en bonos	0,361	0,367
REM	0,403	0,411

Fuente: Elaboración propia

Es importante mencionar que esta aparente subestimación por parte del REM fue notada anteriormente por personal del BCRA, y se realizaron ajustes y mejoras en sus metodologías y proyecciones a partir de mediados de 2019. No obstante, aún en tiempos recientes, dichas proyecciones continúan teniendo baja capacidad predictiva. Por ejemplo, en un informe del Banco Central se destaca que “las y los pronosticadores que participan en el Relevamiento de Expectativas de Mercado (REM) han exhibido errores significativos en sus predicciones en los últimos tres años. En parte, los elevados niveles de incertidumbre y la imposibilidad de prever la dimensión y la precisión temporal de los *shocks* devaluatorios que se sucedieron durante 2018-2019...Las y los analistas subestimaron sistemáticamente hasta mediados de 2019 la inflación que ocurriría 12 meses después —con correcciones parciales—, al tiempo que con posterioridad a ese período comenzaron a sobreestimar de modo constante la dinámica interanual que exhibiría la inflación minorista” (Banco Central de la República Argentina, 2021, p. 13)

La mejor capacidad predictiva de la compensación sugiere que la inflación anticipada por los tenedores de bonos resultó ser más precisa, y que sus expectativas se alinearon más estrechamente con la inflación real que las proyecciones proporcionadas por la encuesta. Esta observación podría indicar que los tenedores de bonos tienen una mejor capacidad para predecir las tendencias inflacionarias. Por otro lado, es importante considerar que los instrumentos financieros, como los bonos, a menudo reflejan una variedad de factores en sus rendimientos, no solo las expectativas inflacionarias. Como se mencionó en el apartado de marco teórico, las diferencias observadas en los rendimientos de estos instrumentos podrían no ser atribuibles exclusivamente a las expectativas de inflación, sino que podrían haber sido influenciadas por otros factores, como primas por riesgo crediticio o liquidez.

La comparación con la inflación pasada arroja luz sobre la capacidad de las MI de romper la inercia inflacionaria influyendo sobre la formación de expectativas de inflación. La inflación pasada aparece correlacionada de forma positiva con la inflación realizada en los primeros 3 meses de 2017, pero a partir de abril de 2017 la inflación pasada y realizada se desacoplan mostrando dinámicas distintas. *Prima facie* esto sugiere que el esquema de MI rompió la inercia inflacionaria y la inflación realizada tuvo baja influencia de la inflación pasada en la dinámica de la inflación durante el período. Esto puede deberse a la capacidad de la autoridad monetaria de influir sobre la formación de expectativas de inflación tal que éstas se volvieron más racionales (*forward-looking*) que adaptativas (*backward-looking*).

El esquema de metas de inflación preveía como promedio una tasa interanual de inflación para los próximos dos años de 11,16% para 2017 y 10,72% para 2018. Las expectativas arrojadas por los indicadores se asemejan más a estos valores que a los de la inflación realizada tanto anterior como posterior, lo cual podría sugerir que las expectativas se encontraban ancladas al esquema de metas de inflación.

5.e. Extensión del análisis a otros periodos

Los resultados mostrados más arriba para un período de desinflación y moderada inflación sugieren que la compensación por inflación es al menos tan buen predictor de la inflación como el REM. De manera contemporánea al presente trabajo, Temperley (2024) analiza la *break-even inflation* para el periodo 2020-2023 para el corto plazo y encuentra que las expectativas de inflación del REM fueron una mejor referencia.

Se considera que existen tres razones que podrían causar esta diferencia al extender el análisis a periodos posteriores a 2018.

Una posible explicación es el cambio de régimen inflacionario. En un régimen de alta inflación como se encuentra en el periodo posterior a 2018, la volatilidad de la inflación es mayor. Esto induce una mayor prima por riesgo en los activos nominales. Al mismo tiempo esta prima por riesgo se vuelve más volátil. Las expectativas de inflación sólo pueden extraerse de forma confiable cuando las primas por riesgo son relativamente constantes.

Las expectativas se derivan de,

$$1 + S_{t,T}^i = (1 + E_t[\pi_{t,T}])(1 + S_{t,T}^r) + \omega_t \quad (9)$$

donde ω_t es una prima por riesgo inflacionario que varía a lo largo del tiempo. Esta ecuación coincide con la ecuación (2) con $\omega_t = 0$. En un régimen de inflación baja, la volatilidad de las tasas de inflación es baja y por tanto la prima es relativamente estable. Por el contrario, en un régimen de alta inflación como el estudiado por Temperley (2024), la prima puede ser altamente volátil, introduciendo una brecha entre la tasa real y la nominal que no es la expectativa de inflación.

Temperley (2024) también nota intervenciones de organismos estatales en el mercado de deuda nominal tendientes a reducir los rendimientos nominales de la deuda del Tesoro. Esto probablemente es producto de que ω_t es muy “alto” en ciertos períodos, incentivando estas intervenciones.

Una tercera razón es la influencia de los controles de capitales. Desde 2018 se han impuesto diversos controles. La mayoría de ellos se enfocan en la operatoria de activos externos, por lo que no deberían directamente afectar los rendimientos de activos en pesos usados en la ecuación arriba. Es posible, sin embargo, que la incapacidad de acceso de participantes externos al mercado de capitales local reduzca la eficiencia del mercado. Esto se traduce en una violación de la condición de no arbitraje, necesaria para extraer las expectativas, debido a que el mercado financiero local se vuelve menos competitivo.

Tomando estos resultados en conjunto, se resalta que para extraer las expectativas de inflación es fundamental la condición de no arbitraje. Esta condición requiere un mercado de deuda voluntario y competitivo. La alta inflación, la intervención gubernamental y los controles de cambio conspiran contra estas condiciones del mercado.

6. CONCLUSIONES

La compensación por inflación estimada a partir del rendimiento de bonos tiene un buen desenvolvimiento en el mediano y largo plazo para medir expectativas de inflación durante 2017 a 2018. Esto coincide con resultados obtenidos por Corso y Matarrelli (2019). A horizontes largos, la compensación estimada predice la inflación realizada con mayor precisión que el Relevamiento de Expectativas del Mercado del BCRA. Por el contrario, para horizontes cortos, en especial menores a 12 meses, existe alta volatilidad en la compensación estimada, haciéndola poco útil como medida de expectativas de inflación.

La principal ventaja de la compensación por inflación aquí medida es la de proporcionar expectativas de inflación con una frecuencia diaria.

Esto permitiría integrar este indicador junto con otros indicadores de menor frecuencia para obtener una mejor comprensión de las expectativas como la predicción de la inflación. Cómo integrar el indicador con otros de menor frecuencia en forma óptima constituye una futura línea de investigación.

La principal limitación de la compensación aquí estimada es su alta volatilidad a plazos bajos y la sobreestimación de la inflación de forma sistemática en algunos períodos. La volatilidad alta puede deberse a primas de riesgo y ausencia de bonos para ciertos plazos. Se propone como futura investigación la estimación de estas primas para purgarlas de la compensación por inflación. Además, una segunda área provisoria podría ser utilizar este indicador para evaluar la incidencia del esquema de metas de inflación implementado a partir enero de 2017.

Para un período de desinflación y moderada inflación los resultados obtenidos sugieren que la compensación por inflación es al menos tan buen predictor de la inflación como el REM. Se resalta que para extraer las expectativas de inflación es fundamental la condición de no arbitraje. Esta condición requiere un mercado de deuda voluntario y competitivo. La alta inflación, la intervención gubernamental y los controles de cambio conspiran contra estas condiciones del mercado.

7. REFERENCIAS

- Banco Central de la República Argentina. (2021). *Errores de pronóstico del Relevamiento de Expectativas de Mercado (REM)*. Recuperado de: https://www.bcra.gob.ar/Pdfs/PublicacionesEstadisticas/Errores_de_pronostico_del_REM.pdf
- Banco Central Europeo. (2004). Extracting Information from Financial Asset Prices. *Monthly Bulletin*, pp. 65-75.
- Banco Central de la República Argentina. (2023). *Relevamiento de Expectativas de Mercado*. Recuperado de: https://www.bcra.gob.ar/PublicacionesEstadisticas/Relevamiento_Expectativas_de_Mercado.asp
- Cachanosky, N., y Ferrelli Mazza, F. J. (2019). Why did inflation targeting fail in Argentina? AIER Sound Money Project Working Paper No. 2019-14.
- Coroneo, L., Ken, N., y Vidova-Koleva, R. (2008). How arbitrage-free is the Nelson-Siegel model? European Central Bank. *Working Paper Series*, No. 74.

- Corso, E. A., y Matarrelli, C. (2019). *Expectativas de Inflación Implícitas en la Curva de Rendimientos. Argentina 2017-2018. Nota Técnica BCRA*, No. 3, 1-5.
- Cox, J. C., Ingersoll, J. E., y Ross, S. A. (1985). A Theory of the Term Structure of Interest Rates. *Econometrica*, 53(2), 385-407.
- Espinosa Torres, J. A., Melo Velandia, L. F., y Moreno Gutiérrez, J. F. (2017). Expectativas de inflación, prima de riesgo inflacionario y prima de liquidez: una descomposición del *break-even inflation* para los bonos del Gobierno colombiano. *Desarrollo y Sociedad*, 78, 315-365.
- Fisher, I. y Brown H. G. (1911). *The Purchasing Power of Money: Its Determination and Relation to Credit, Interest, and Crises*. Macmillan.
- Gali, J. (2018). The State of New Keynesian Economics: A Partial Assessment. *Journal of Economic Perspectives*, 32(3), 87-112.
- Gilli, M., Große, S., y Schumann, E. (2010). Calibrating the Nelson–Siegel–Svensson model. *COMISEF Working Paper Series*, No. 031.
- Gilli, M., Maringer, D., y Schumann, E. (2019). *Numerical Methods and Optimization in Finance*. (2da. ed.). Academic Press.
- Gürkaynak, R. S., Sack, B. y Wright, J. H. (2010). The TIPS Yield Curve and Inflation Compensation. *American Economic Journal: Macroeconomics*, 2(1), 70-92.
- Meier, K. (2019). *Estimación de la estructura a término de tasas de interés en Argentina mediante el modelo de Nelson y Siegel dinámico con factores macroeconómicos*. Buenos Aires: Universidad de San Andrés, Escuela de Negocios.
- Mishkin, F. S. (2008). *Moneda, banca y mercados financieros*. (8va. ed.) Pearson Educación.
- Pereda, J. (2009). Estimación de la curva de rendimiento para el Perú y su uso para el análisis monetario. *Monetaria*, 32(3), 413-443.
- Schumann, E. (2011). *Fitting the Nelson–Siegel–Svensson model with differential evolution*.
- Sturzenegger, F. (2019). Macri's Macro: The Elusive Road to Stability and Growth. *Brookings Papers on Economic Activity*, Fall 2019, 339-436.
- Svensson, L. E. O. (1994). Estimating and interpreting forward interest rates: Sweden 1992-1994. National Bureau of Economic Research, *Working paper* No. 4871.
- Temperley, P. J. (2024). *La medición de las expectativas de inflación en Argentina: Consultoras económicas versus mercados financieros*. Universidad Torcuato Di Tella.
- Veronesi, P. (2016). *Handbook of Fixed-Income Securities*. John Wiley & Sons, Inc.

8. ANEXO 1. ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DE LAS TASAS DE RENDIMIENTOS OBTENIDAS

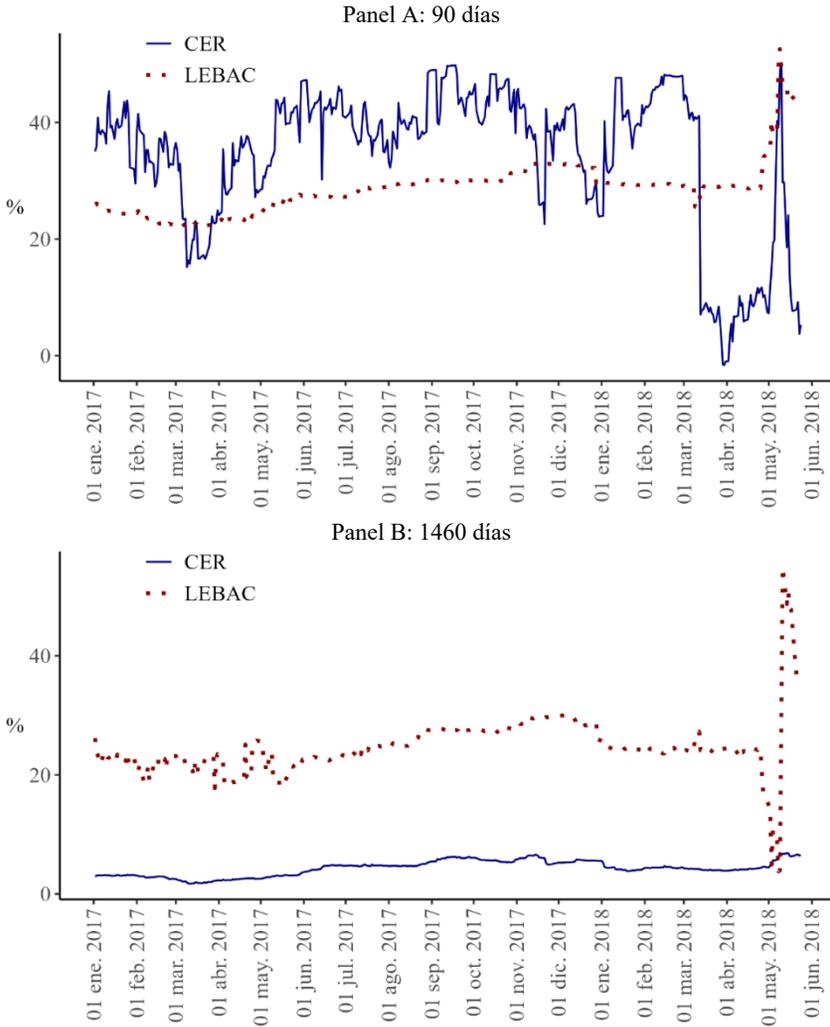
Se separan los datos en 4 segmentos. El primer y segundo segmento dividen el año 2017 a la mitad, el tercer segmento se centra en el período que va desde el inicio del 2018 hasta el 25 de abril de ese mismo año, y el cuarto segmento analiza el comportamiento posterior a dicha fecha para mostrar la justificación del cierre del período analizado. Principalmente, se destaca la alta desviación estándar que arrojan las tasas de interés nominales para todos los plazos luego del cierre del periodo el 25 de abril de 2018.

Dentro del recorte temporal usado para elaborar el indicador de compensación por inflación (enero de 2017 hasta abril de 2018), la media de las tasas nominales en el Panel 1 toma sus valores más altos dentro de la segunda mitad del 2017. La desviación estándar de la tasa nominal en general toma los menores valores en los primeros meses del 2018, aunque esta desviación estándar puede tener ruido ocasionado por la tendencia de la serie de tiempo. Luego, es destacable que los valores de desviación estándar para cada periodo no varían en gran magnitud al aumentar el plazo al vencimiento, lo cual muestra el buen desenvolvimiento del modelo NSS para estimar plazos largos de la curva nominal aun cuando los datos disponibles sean de corto y mediano plazo.

Acorde a lo mencionado anteriormente respecto a la Figura A1.1, en los paneles 1 y 2 de la Tabla A1.1 se logra observar las disminuciones en las medias de las tasas de rendimiento, tanto nominales como reales, al aumentar el plazo al vencimiento. Disminución más acentuada en la curva real, lo cual propone una curva real con pendiente descendente marcada, como se vio en los ejemplos de curva real para días determinados.

También es notable la fuerte disminución en el error estándar de la tasa real en el panel 2 al aumentar el plazo al vencimiento. Lo cual es explicado por la disponibilidad de datos únicamente de largo plazo y muestra que las estimaciones del modelo NSS son muy variables en los cortos plazos cuando solo se dispone de datos de largo plazo.

Figura A1.1. Tasas efectivas anuales de bonos cupón cero para plazos de 90 y 1460 días, derivadas de las curvas de rendimiento nominal y real



Fuente: Elaboración propia en base a datos de Eikon DataScope y página oficial del Gobierno Argentino e INDEC.

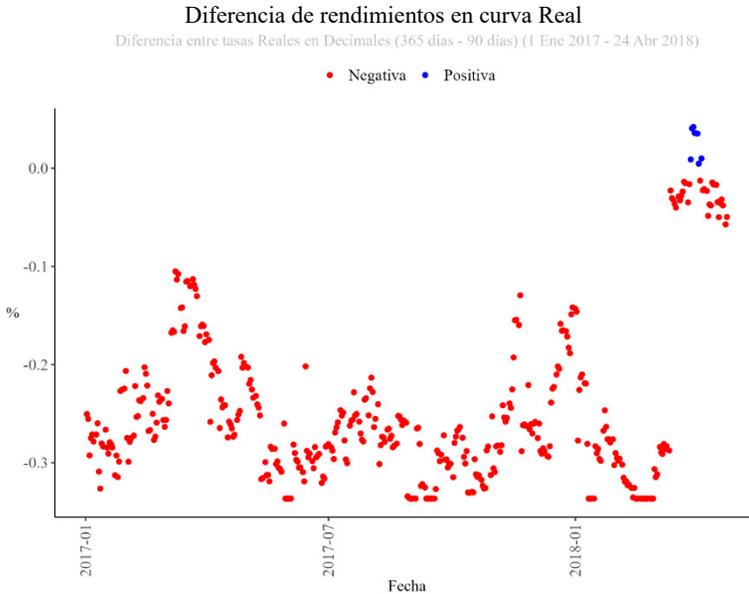
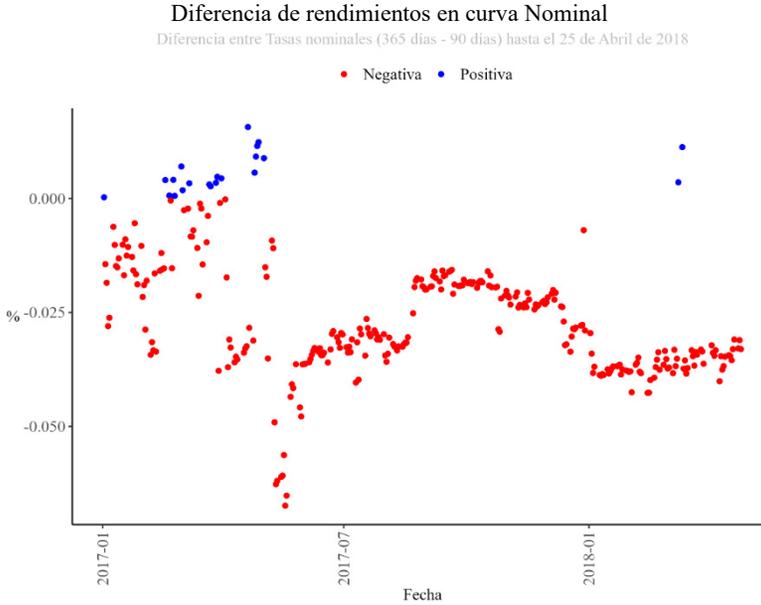
Tabla A1.1. Estadística descriptiva de las tasas de rendimientos obtenidas para diferentes plazos al vencimiento, separada en 4 períodos

Panel 1					
Tasa nominal / Período		Desde 2017/01/01 Hasta 2017/06/30	Desde 2017/07/01 Hasta 2017/12/31	Desde 2018/01/01 Hasta 2018/04/24	Desde 2018/04/25 Hasta 2018/05/30
90 días	Media	22,66	27,42	26,31	36,87
	Error estándar	1,48	1,27	0,55	5,29
365 días	Media	22,02	27,33	24,86	29,63
	Error estándar	1,30	1,72	0,28	12,10
730 días	Media	21,89	27,29	24,52	28,02
	Error estándar	1,46	1,83	0,42	14,82
1460 días	Media	21,83	27,27	24,35	27,21
	Error estándar	1,57	1,88	0,50	16,20
Panel 2					
Tasa nominal / Período		Desde 2017/01/01 Hasta 2017/06/30	Desde 2017/07/01 Hasta 2017/12/31	Desde 2018/01/01 Hasta 2018/04/24	Desde 2018/04/25 Hasta 2018/05/30
90 días	Media	34,80	40,03	28,68	18,06
	Error estándar	8,11	6,04	18,22	13,54
365 días	Media	10,03	13,10	9,64	8,50
	Error estándar	2,34	1,54	4,24	3,36
730 días	Media	5,33	7,98	6,03	6,72
	Error estándar	1,26	0,75	1,50	1,54
1460 días	Media	2,98	5,42	4,22	5,84
	Error estándar	0,78	0,56	0,27	0,93

Fuente: Elaboración propia.

9. ANEXO 2. PENDIENTE DE CURVAS DE RENDIMIENTO

Figura A2.1. Diferencia entre tasas nominales y reales (365 días – 90 días) a lo largo del periodo de estudio



Fuente: elaboración propia en base a datos de Eikon DataScope y página oficial del Gobierno Argentino e INDEC.

10. ANEXO 3. DIFERENCIAS CON CORSO Y MATARRELLI (2019)

El presente trabajo busca replicar y extender el artículo publicado por estos autores.

Principalmente, se expande todo el análisis, profundizando en el marco teórico y antecedentes, junto con un análisis más detallado de la base de datos, las dificultades al elaborar el indicador y las comparaciones con el REM.

Además, el indicador principal elaborado por estos autores es a un año. En el presente trabajo se grafica como resultado principal la expectativa de inflación a 4 años con el objetivo de aprovechar lo mayor posible dos datos disponibles y de posibilitar el análisis de largo plazo.

Corso y Matarrelli (2019) realizaron un método de *Bootstrapping* para obtener mejores estimaciones para el corto plazo.

Luego, la comparación con el REM realizada por Corso y Matarrelli (2019), fue para una expectativa de inflación con plazo de 1 año. La presente investigación realiza la comparación con el REM para estimaciones a 2 años. Adicionalmente, en este estudio se avanza en la discusión de ventajas y desventajas de ambos indicadores que van más allá de la mera visualización gráfica y comparación de los valores obtenidos.

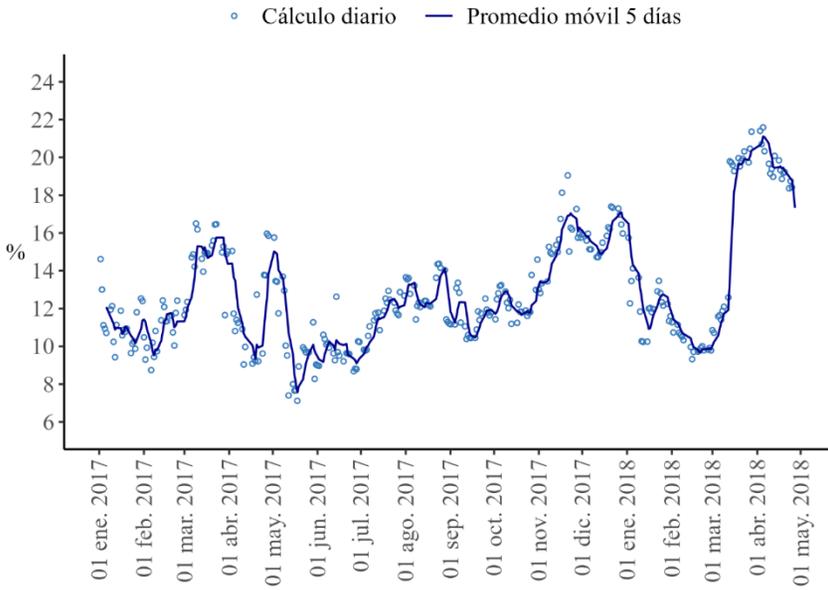
Además, en el presente trabajo continua el análisis observando la capacidad predictiva y la incidencia de la inflación pasada en las expectativas de inflación.

Tabla A3.1. Bonos utilizados para estimar curvas de tasas de interés durante el período de tiempo analizado. Diferencia con Corso y Matarrelli (2019)

Curva Nominal		Curva Real	
En el presente trabajo	Corso y Matarrelli	En el presente trabajo	Corso y Matarrelli
LEBAC	x	ARTC20	ARTC20
x	LECAP	ARTC21	ARTC21
x	TO21	ARPR13	X
x	TO23	ARDICP	ARDICP
x	TO26		

Fuente: elaboración propia.

Figura A3.1. Compensación por inflación a 365 días comparable con Corso y Matarrelli (2019)



Fuente: Elaboración propia en base a datos de Eikon DataScope y página oficial del Gobierno Argentino e INDEC.

