Nota Técnica N°3 / 2019

Expectativas de Inflación Implícitas en la Curva de Rendimientos. Argentina 2017-2018

Eduardo A. Corso y Constanza Matarrelli

Febrero 2019

ie | BCRA
INVESTIGACIONES ECONÓMICAS

Nota Técnica BCRA Nro. 3 Página 1–5

Expectativas de Inflación Implícitas en la Curva de Rendimientos. Argentina 2017-2018

Eduardo A. Corso y Constanza Matarrelli*

Gerencia de Pronósticos y Modelos Macroeconómicos (BCRA)**

RESUMEN

En el presente trabajo se elabora un indicador con frecuencia diaria de expectativas de inflación para Argentina, en el período 2017-2018, utilizando la información del mercado de renta fija. A partir de las cotizaciones de los títulos público en pesos con y sin ajuste por CER, comenzamos aplicando el método de *bootstrapping*, lo que nos permite ampliar el número de tasas spot a un mayor número de plazos. Posteriormente ajustamos el modelo de Nelson-Siegel-Svensson para completar la estructura temporal de tasas. Como resultado se obtiene una curva diaria para cada tipo de instrumento. Por último, bajo supuestos específicos respecto al ajuste por riesgo, utilizamos el diferencial entre las curvas de los títulos en pesos sin ajuste y con ajuste por CER para derivar indicadores de expectativas de inflación para distintos horizontes temporales.

1 INTRODUCCIÓN

Los bancos centrales monitorean las expectativas de mercado sobre las principales variables de interés. En particular las expectativas de inflación, dado que la capacidad del Banco Central para coordinarlas es una pieza fundamental para alcanzar los objetivos de la política monetaria. Al respecto, el BCRA lleva a cabo un relevamiento mensual de expectativas de mercado (REM) en el cual recopila información de consultoras sobre las expectativas de inflación, entre otras variables.

Además de las encuestas, un método alternativo consiste en calcular una medida de inflación extrayendo información del mercado de renta fija, mediante la comparación de los rendimientos de los bonos soberanos en pesos con los rendimientos de los bonos indexados que ofrecen compensación por inflación. La presente nota técnica explica y fundamenta la metodología utilizada para extraer este indicador, al que se conoce como inflación *Break Even*.

*Las opiniones expresadas en este documento son propias de los autores y no se corresponden necesariamente con la visión del Banco Central de la República Argentina ni de sus autoridades. Los autores agradecen los comentarios de Daiana Blanstein, Maximiliano Gómez Aguirre, Verónica Goynich y María Cecilia Pérez.

**eduardo.corso@bcra.gob.ar, constanza.matarrelli@bcra.gob.ar

2 MOTIVACIÓN

Bajo condiciones de no arbitraje[1] el retorno real esperado de un título sin ajuste por inflación debería igualar el retorno real esperado de un bono que ofrezca compensación por inflación, ajustado por una prima por riesgo relativo, para igual madurez. En esta nota asumimos que la diferencia entre la tasa nominal y real viene dada sólo por la expectativa de inflación. Este es un supuesto en extremo fuerte. Existen numerosos factores que pueden afectar dicho diferencial, como por ejemplo las diversas condiciones de liquidez en ambos mercados, y la diferencia de las primas temporales entre cada tipo de instrumento. La distinción entre expectativa de inflación "pura" y prima por riesgo es terreno de los modelos *affine* [2] de curva de rendimiento, lo que excede el objetivo de la presente nota técnica. Como se verá más adelante, a pesar de la fortaleza del supuesto, el indicador muestra un buen ajuste con las expectativas relevadas en el mercado.

Al no considerar la prima por riesgo, la condición de no arbitraje resulta equivalente a la paridad de Fisher[3], la cual asume que los retornos nominales igualan a los retornos reales ajustados por las expectativas de inflación:

$$(1 + S^i_{t,T}) = (1 + S^r_{t,T}) \cdot (1 + E_t(\pi_{t,T})) \tag{1}$$

donde $E_t(\pi_{t,T})$ es la inflación esperada desde la fecha de cálculo t para un horizonte T, mientras que $S^i_{t,T}$ y $S^r_{t,T}$ son las tasas de interés cupón cero nominal y real desde la fecha de cálculo t hasta T, respectivamente. La tasa de interés cupón cero o *spot* representa el rendimiento de un bono sin cupón que vence a madurez en cada momento y puede interpretarse como el pago extra obtenido en cada plazo por resignar una unidad monetaria en el presente; mientras que la tasa de interés *spot* real puede interpretarse como el pago extra en bienes requerido en cada momento a cambio de una unidad de bien en el presente. De la Ecuación 1 se deprende que es posible extraer una medida de expectativas de inflación a partir de la estimación de la estructura temporal de tasas de interés nominal y real.

[1] Bajo condiciones de no arbitraje todas las posibilidades de arbitraje han sido realizadas.

[2] Los modelos *affine* imponen restricciones de no arbitraje entre los distintos plazos de la curva y modelizan explícitamente un proceso estocástico para la prima por riesgo. El término *affine* refiere a la característica del proceso estocástico que se asume para el precio del riesgo asociado con las fuentes de incertidumbre que se supongan. Ver Ang, A. y Piazzesi, M. (2003)

[3] Ver Fisher, I. (1911)

A continuación se presentan tres medidas de inflación que pueden extraerse con el mismo conjunto de información: la inflación esperada para los próximos 12 meses, la inflación esperada para el año calendario en curso, y la inflación esperada para años futuros.

En primer lugar, la tasa de inflación neta esperada para los próximos 12 meses (365 días) se obtiene a partir de la Ecuación 1 definiendo a la fecha de cálculo como *t=0* y, al horizonte de estimación como *T=365*:

$$E_0(\pi_{0,365}) = \frac{(1+S^i_{0,365})}{(1+S^r_{0,365})} - 1 \tag{2}$$

En el caso de la medida de inflación para el año en curso, el cálculo consiste en extraer información de la inflación acumulada desde el 01 de enero hasta el 31 de diciembre de dicho año. Esto significa que siempre que la fecha de cálculo sea posterior al 01 de enero, la inflación implícita para el año en curso será una medida híbrida que debe considerar no sólo la inflación esperada desde la fecha de cálculo hasta el 31 de diciembre, sino también la inflación ya observada desde el 01 de enero hasta la fecha de cálculo. Si se define al 01 de enero como *t=0* y al 31 de diciembre del mismo año como *T=365*, la inflación esperada en una fecha de cálculo *t=m*, para *m* > 0 y *m* < 365, queda definida según:

$$E_m(\pi_{0,T}) = \left[(1+\pi_{0,m})\cdot\underbrace{(1+E_m(\pi_{m,T-m}))}\right] - 1$$

$$E_m(\pi_{0,T}) = \left[(1+\pi_{0,m})\cdot\frac{1+S^i_{m,T}}{1+S^r_{m,T}}\right] - 1 \tag{3}$$

donde $\pi_{0,m}$ es la inflación acumulada desde el 01 de enero hasta la fecha de cálculo y $E_m(\pi_{m,T-m})$ es la inflación esperada desde la fecha de cálculo hasta fin de año siendo *T-m* el plazo restante hasta el 31 de diciembre.

En cuanto al cálculo en $t=0$ de la expectativa de inflación neta para un período futuro desde $t>0$ hasta k (tercera medida), la paridad resulta:

$$1+E_t(S^i_{t,k}) = (1+E_t(S^r_{t,k}))\cdot(1+E_t(\pi_{t,k})) \tag{4}$$

$$E_t(\pi_{t,k}) = \frac{1+E_t(S^i_{t,k})}{1+E_t(S^r_{t,k})} - 1 \tag{4'}$$

donde $E_t(\pi_{t,k})$ es la expectativa de inflación neta desde *t* hasta *k* y $E_t(S^i_{t,k})$ y $E_t(S^r_{t,k})$ son las expectativas en *t* de la tasa de interés nominal y real netas desde *t* hasta *k*, respectivamente. Bajo la teoría de las expectativas puras[4], las tasas *spot* esperadas para $t>0$ se pueden extraer en $t=0$ de las tasas de interés futuras o *forwards* ya que:

$$E_t(S^i_{t,k}) = F^i_{t,k} + E_t(u^i_{t,k}) \tag{5}$$

$$E_t(S^r_{t,k}) = F^r_{t,k} + E_t(u^r_{t,k}) \tag{6}$$

donde $F^i_{t,k}$ y $F^r_{t,k}$ son las tasas *forward* nominal y real respectivamente desde *t* hasta *k* y, $E_t(u^i_{t,k})=0$ y $E_t(u^r_{t,k})=0$ son errores de predicción con media cero. Reemplazando 5 y 6 en 4' se obtiene una medida de expectativa de inflación para un período futuro desde *t* hasta *k* en función de las tasas *forwards*:

$$E_t(\pi_{t,k}) = \frac{1+F^i_{t,k}}{1+F^r_{t,k}} - 1 \tag{7}$$

Nuevamente, bajo el supuesto de no arbitraje y neutralidad al riesgo, las tasas *forward* pueden calcularse a partir de las de tasas *spot* ya que el rendimiento de una inversión desde hoy hasta *k* debiera igualar el rendimiento de una inversión desde hoy hasta *t* y luego una reinversión desde *t* hasta *k*. Así, la tasa de interés *forward* nominal puede obtenerse de la siguiente manera:

$$(1+S^i_{0,t})\cdot(1+F^i_{t,k}) = (1+S^i_{0,t+k}) \tag{8}$$

$$F^i_{t,k} = \frac{1+S^i_{0,t+k}}{1+S^i_{0,t}} - 1 \tag{8'}$$

Análogamente, la tasa de interés *forward* real queda definida según:

$$(1+S^r_{0,t})\cdot(1+F^r_{t,k}) = (1+S^r_{0,t+k}) \tag{9}$$

$$F^r_{t,k} = \frac{1+S^r_{0,t+k}}{1+S^r_{0,t}} - 1 \tag{9'}$$

Reemplazando 8' y 9' en 7, se obtiene en la fecha de cálculo $t=0$ la expectativa de inflación *Break Even* desde $t>0$ para un horizonte k en función de las tasas *spot*:

$$E_t(\pi_{t,k}) = \frac{\frac{1+S^i_{0,t+k}}{1+S^i_{0,t}}}{\frac{1+S^r_{0,t+k}}{1+S^r_{0,t}}} - 1 \tag{10}$$

Por lo tanto, el primer paso para extraer las medidas de expectativas de inflación definidas en las Ecuaciones 2, 3 y 10 es construir una estructura temporal completa de tasas de interés nominal y real.

3 ESTIMACIÓN DE LA ESTRUCTURA TEMPORAL DE TASAS DE INTERÉS

3.1 Metodología

Los mercados financieros de economías emergentes frecuentemente carecen de títulos cupón cero denominados en moneda local para una variedad suficiente de plazos tal que sea posible ajustar una estructura temporal completa de tasas de interés. Igualmente, el conjunto de tasas cupón cero disponible puede ampliarse aplicando el método de *bootstraping* a partir de las cotizaciones y los flujos que prometen los bonos con cupón. En

[4] Bajo la hipótesis de expectativas racionales los agentes forman sus expectativas de la tasa de interés sin incurrir en errores sistemáticos y haciendo uso de toda la información disponible. La hipótesis de expectativas puras es un caso especial de la teoría de expectativas racionales e implica que las tasas de interés *spot* de largo plazo constituyen expectativas insesgadas del promedio aritmético de las tasas *spot* de corto plazo actuales y de las tasas *spot* de corto plazo esperadas a futuro.

Argentina, así como en otras economías en desarrollo, los títulos públicos son en general los que presentan mayor liquidez. La metodología de *bootstrapping* consiste en representar a cada bono como una secuencia de pagos futuros e igualar su precio de mercado a la suma de sus flujos descontados por el factor de descuento correspondiente para cada plazo. Esto equivale a pensar al precio de un bono como la suma de una secuencia de precios de bonos cupón cero.

La necesidad de descontar los flujos futuros para obtener su valor presente surge del concepto de que un monto de dinero hoy puede utilizarse de manera productiva para aumentarlo. Entonces, el valor de un monto de dinero en el futuro debe ser mayor a su valor presente debido a que recibirlo en el futuro implica afrontar un costo de oportunidad hoy. Es por esto que los flujos futuros se descuentan; es decir, se penalizan para traerlos al presente.

De manera general, el precio en $t = 0$ de un bono cupón cero con valor nominal 100 y vencimiento en t_1 es:

$$P_{0,t_1} = 100 \cdot Z_{0,t_1} \tag{11}$$

$$Z_{0,t_1} = \frac{P_{0,t_1}}{100} \tag{11'}$$

Definiendo al factor de descuento para t_1:

$$Z_{0,t_1} = \frac{1}{1 + S_{0,t_1}} \tag{12}$$

Al reemplazar la Ecuación 12 en 11 se obtiene la tasa *spot* teórica implícita en el título cupón cero:

$$S_{0,t_1} = \frac{100 - P_{0,t_1}}{P_{0,t_1}} \tag{13}$$

Siguiendo la metodología de *bootstrapping* el factor de descuento para t_2, Z_{0,t_2}, se obtiene igualando el precio de un bono a tasa fija que vence en t_2 con el valor presente de sus flujos. Si suponemos que el bono paga en t_1 un cupón fijo igual a *c* y en t_2 paga otro cupón *c* junto con un valor nominal de 100, el precio que los agentes están dispuestos a pagar hoy por esos flujos futuros representa su valor actual:

$$P_{0,t_2} = 100 \cdot c \cdot Z_{0,t_1} + 100 \cdot (1 + c) \cdot Z_{0,t_2} \tag{14}$$

$$Z_{0,t_2} = \frac{P_{0,t_2} - 100 \cdot c \cdot Z_{0,t_1}}{100 \cdot (1 + c)} \tag{14'}$$

Entonces, reemplazando por Z_{0,t_1} obtenido en la Ecuación 12, resulta:

$$Z_{0,t_2} = \frac{P_{0,t_2} - \frac{c \cdot P_{0,t_1}}{(1+c)}}{100 \cdot (1 + c)} \tag{15}$$

Iterando para *q* plazos, los factores de descuento Z_{0,t_q} quedan determinados según:

$$Z_{0,t_q} = \frac{P_{o,t_q} - c \cdot 100 \cdot \sum_{j=1}^{q-1} Z_{0,t_j}}{100 \cdot (1 + c)} \tag{16}$$

El procedimiento de *bootstrapping* permite extraer tantos factores de descuento, y por tanto tasas *spot*, como flujos haya para descontar. Es de esta manera que se amplían las observaciones disponibles de tasas *spot* en la estructura temporal. Luego, con ese conjunto ampliado se ajusta el modelo de Nelson Siegel Svensson (NSS)[5] para completar la curva para todos los plazos a vencimiento.

El modelo NSS representa la estructura temporal de tasas de interés como el promedio ponderado de tres polinomios más una constante. Esta estructura resulta muy versátil para representar distintas configuraciones de la curva de rendimientos. Específicamente, la tasa cupón cero que surge en cada momento continuo t_q es:

$$S_{0,t_q}^{NSS} = \beta_0 + \beta_1 \cdot \left(\frac{1 - e^{-\frac{t_q}{\tau_1}}}{\frac{t_q}{\tau_1}} \right) + \beta_2 \cdot \left(\frac{1 - e^{-\frac{t_q}{\tau_1}}}{\frac{t_q}{\tau_1}} - e^{-\frac{t_q}{\tau_1}} \right)$$
$$+ \beta_3 \cdot \left(\frac{1 - e^{-\frac{t_q}{\tau_2}}}{\frac{t_q}{\tau_2}} - e^{-\frac{t_q}{\tau_2}} \right) \tag{17}$$

donde $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \tau_1$ y τ_2 son los parámetros a estimar. El objetivo es encontrar el *set* de parámetros que minimice la diferencia entre las tasas equivalentes anuales (TEAs) que surgen de la Ecuación 17 y las TEAs extraídas por *bootstrapping*. La optimización, entonces, implica obtener un *set* de parámetros que minimice la suma de residuos cuadráticos. Este procedimiento se lleva a cabo para cada día hábil del período comprendido entre el 01 de enero de 2017 y el 31 de diciembre de 2018. Como resultado se obtiene una serie diaria de curva teórica completa de tasas de interés cupón cero para los títulos en pesos y los títulos en pesos ajustables por CER.

3.2 Aplicación al caso Argentino

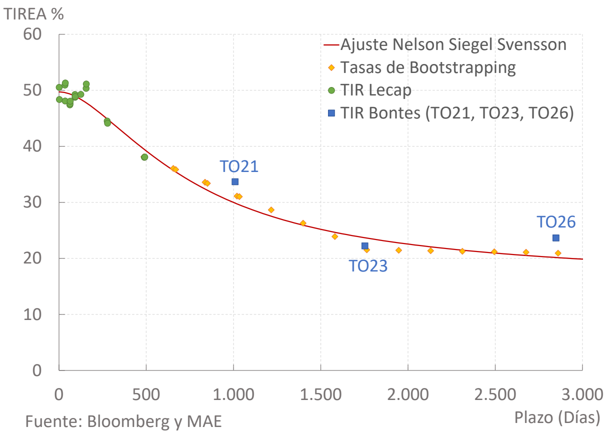
3.2.1 Estimación de la Curva Nominal. Para estimar la estructura de tasas de interés en pesos, se comienza extrayendo los factores de descuento de los títulos soberanos cupón cero que tengan liquidez en el mercado secundario. En particular, se utilizan las tasas *spot* de las letras del Tesoro del Gobierno Nacional en pesos (Lecap) cuyo plazo no supera los 500 días. Para obtener tasas *spot* de mayor plazo, se extrae información de los bonos soberanos con cupón a tasa fija en pesos (Bontes), que comenzaron a licitarse en octubre de 2016. En particular, los bonos del Tesoro con vencimiento en 2021 (TO21), 2023 (TO23) y 2026 (TO26).

La Figura 1 exhibe el ajuste de la curva nominal para el último día hábil de 2018. El gráfico también muestra las tasas efectivas anuales de las Lecap, las tasas internas de retorno de los bonos a tasa fija en pesos y los puntos que se obtienen a través del método de *bootstrapping*.

Cabe mencionar que los títulos públicos cupón cero (Lecap) comenzaron a negociarse con liquidez a fines de agosto de 2018. Es por ello que desde el 01 enero de 2017 hasta el 30 de agosto de 2018 se optó por seleccionar, dentro del universo de títulos públicos a tasa fija y líquidos, el bono con menor plazo residual hasta vencimiento y utilizar su tasa interna de retorno como primer tasa de descuento para el *bootstrapping*. Es decir, se

[5] Ver Svensson, L. (1994)

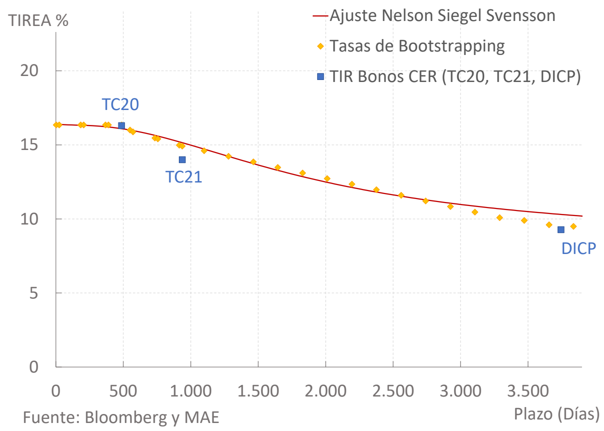
Figura 1. Ajuste de Curva Nominal. 28-Dic-2018



optó por privilegiar la información de mercado y descontar los primeros flujos con la tasa interna de retorno del bono más corto porque, a pesar de que ésta no es estrictamente una tasa *spot*, representa el rendimiento promedio anual de mercado durante el plazo remanente de dicho bono.

3.2.2 Estimación de la Curva Real. Para estimar la estructura temporal de tasas de interés real se utilizan las cotizaciones de los títulos que ofrecen compensación por inflación ya que su rendimiento constituye una aproximación de la tasa de interés real. Dada que en Argentina no existe, hasta la fecha, un mercado líquido de títulos públicos cupón cero ajustados por CER, sólo es posible extraer información de los bonos con cupón. En particular, se utilizan los bonos con vencimiento en 2020 (TC20), 2021 (TC21), 2023 (TC23), 2024 (PR13), 2025 (TC25) y 2033 (DICP). Dentro de este grupo se seleccionó el bono de menor plazo, con el objetivo de utilizar su rendimiento para descontar los primeros flujos del *bootstrapping* explicado en la Sección 3.1. La Figura 2 exhibe el ajuste de la curva de rendimientos para los títulos ajustables por CER.

Figura 2. Ajuste de Curva Real. 28-Dic-2018



3.2.3 Cálculos de los Indicadores de Expectativas de Inflación
La estimación de las curvas cupón cero para los títulos en pesos y los títulos ajustados por CER permiten calcular los indicadores descriptos en la sección 2 para el caso de Argentina. Como fuera mencionado previamente, al repetir el cálculo para cada día hábil del período 2017-2018 es posible obtener series temporales diarias de la inflación implícita 12 meses vista, la inflación esperada para el año en curso y la inflación esperada para el año próximo. Los gráficos siguientes muestran la evolución de dichas medidas junto con la inflación informada en el REM.

Figura 3. Indicador de Inflación Esperada 12 meses vista

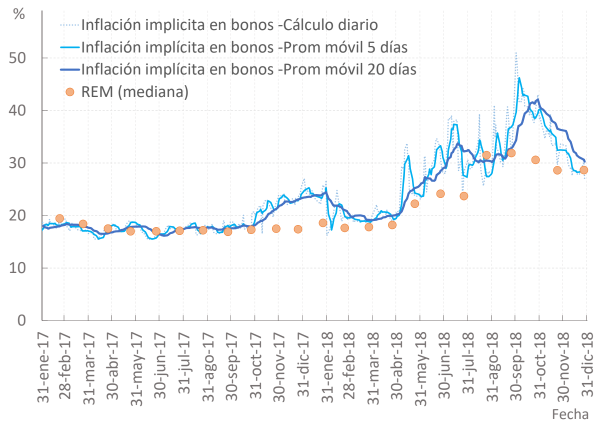
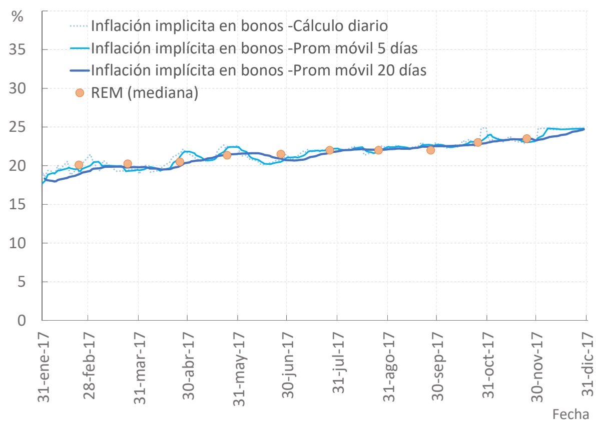


Figura 4. Indicador de Inflación Esperada para el año 2017



La Figura 3 muestra el indicador de inflación esperada a 12 meses, calculado a partir de la Ecuación 2. La Figura 4 se exhibe la inflación esperada para el año 2017 a partir de la fórmula híbrida explicada en la Ecuación 3. En la Figura 5 se muestra la inflación esperada para el año 2018. Cabe notar que durante 2017 ésta se calculó como una tasa futura siguiendo las Ecuaciones 4 y 4', mientras que en 2018 se calculó aplicando la fórmula híbrida de la Ecuación 3. Por último, la Figura 6 exhibe la inflación esperada para el año 2019, calculada como una tasa futura a partir de las Ecuaciones 4 y 4'. Una lectura de las expectativas de inflación calculadas con este indicador puede encontrarse en el Apartado N°3 del Informe de Política Monetaria de Enero 2019.

Figura 5. Indicador de Inflación Esperada para el año 2018

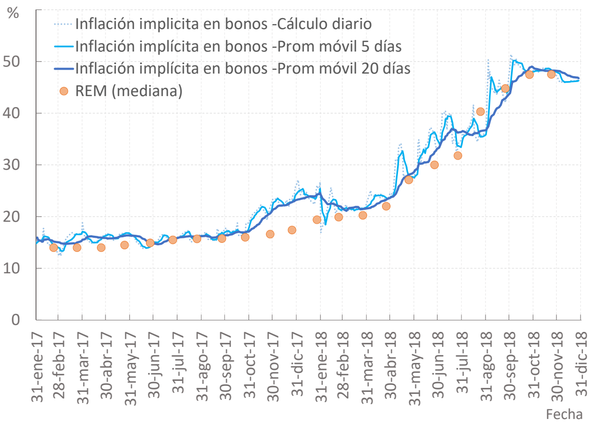
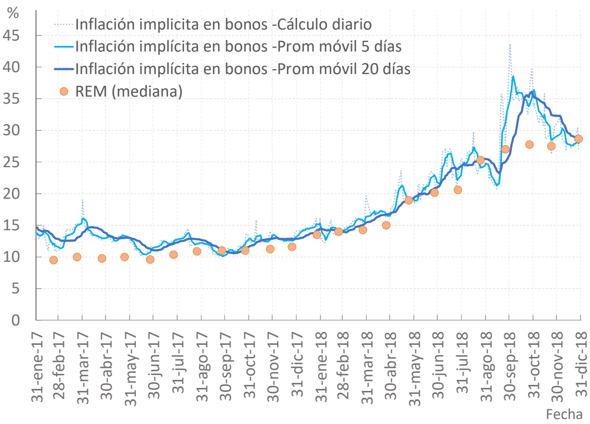


Figura 6. Indicador de Inflación Esperada para el año 2019



4 CONCLUSIONES

El indicador de expectativas de inflación desarrollado evidencia un muy buen ajuste con las expectativas de inflación relevadas en el REM. Debido a que puede actualizarse de forma diaria constituye una herramienta de utilidad para monitorear la evolución de las expectativas de mercado. La medida puede ser depurada principalmente distinguiendo entre expectativas de inflación y prima por riesgo, mediante el desarrollo y estimación para el período analizado de un modelo *affine* de curva de rendimientos.

REFERENCIAS

[1] **Ang. A. and Piazessi, M.** (2003). A no-arbitrage vector autoregression of term structure dynamics with macroeconomic and latent variables. Journal of Monetary Economics, 2003, p.745-787.

[2] **Fabozzi, F. and Pollack, I.** (2005). The Handbook of Fixed Income Securities, 6th Edition.

[3] **Fisher, I.** (1911). The Purchasing Power of Money: Its Determination and Relation to Credit, Interest, and Crises.

[4] **Nelson, C. and Siegel, F.** (1987). Parsimonious modeling of yield curves. Journal of Business, 1987, p.473-489.

[5] **Svensson, L.** (1994). Estimating and Interpreting Forward Interest Rates: Sweden 1992-94. NBER Working Paper n°4871.

[6] **Turnovsky, S.** (2000). Methods of Macroeconomics Dynamics. Rational Expectations: Some Basic Issues, Chapter 3, p.67-70.

[7] **Veronesi, P.** (2011). Fixed Income Securities: Valuation, Risk, and Risk Management. Basics of Fixed Income Securities, Chapter 2, p.29-55.