

Una modelización de la estructura temporal de las expectativas de inflación y de depreciación en Argentina

Eduardo Ariel Corso y María Cecilia Perez¹

Octubre de 2023

Resumen

En este documento modelamos de manera conjunta la estructura temporal de las expectativas de inflación y de depreciación en Argentina utilizando una versión ampliada por variables macroeconómicas del modelo de Arouba (2016)².

A partir de una representación de espacio-estado que toma como señales encuestas de expectativas de inflación para diversos horizontes temporales, Arouba obtiene la dinámica de tres factores latentes, no observables: Nivel, Pendiente y Curvatura. Tales factores determinan la dinámica de la estructura temporal de expectativas de inflación.

En esta oportunidad utilizamos una representación de espacio-estado equivalente, pero ampliamos el modelo de dos maneras. En primer lugar, incorporando la representación de las expectativas de depreciación. En segundo lugar, adicionando cinco factores macroeconómicos: las tasas de depreciación e inflación observadas en el período, la brecha entre el tipo de cambio oficial y el contado con liquidación (CCL), el ritmo de expansión de los agregados monetarios nominales (M2) y la tasa de interés real de un depósito a plazo fijo de corto plazo.

Nuestro objetivo es utilizar el mencionado marco conceptual para explorar los determinantes que subyacen tras la formación de expectativas en Argentina.

1. Introducción

Comprender el proceso que subyace tras la formación de expectativas inflacionarias por parte de los agentes resulta prioritario para la autoridad monetaria. Numerosos comportamientos económicos dependen de esta variable, entre ellos las decisiones de formación de precios como así también las decisiones de demandas de activos financieros. Adicionalmente, las expectativas inflacionarias revelan información respecto a la percepción del público sobre la evolución de la estabilidad nominal de la economía.

En este trabajo buscamos modelar el proceso de formación de expectativas de inflación y de depreciación en Argentina, y su relación con un conjunto de variables macroeconómicas. Para ello partimos de la metodología de Arouba (2016), quien ajusta un modelo Nelson y Siegel dinámico —Diebold y Li (2006)—, a la estructura temporal de expectativas de inflación de Estados Unidos, utilizando información provista por diversas encuestas. En su trabajo, amplía las ecuaciones de observación convencionales de Nelson y Siegel, para permitir incorporar como señales ruidosas tanto expectativas de inflación forward (expectativas sobre la evolución de la inflación en períodos futuros, — entre $t + h$ y $t + h + \tau$) como spot (entre t y $t + \tau$). El modelo de Nelson y Siegel dinámico constituye una herramienta ampliamente utilizada para la modelización de la estructura temporal de tasas de interés, cuya principal característica es que la dinámica de la estructura temporal queda

¹ El análisis y conclusiones de este trabajo son de los autores y no representan la visión institucional del BCRA.

² La Reserva Federal de Filadelfia publica mensualmente el cómputo de la estructura temporal de expectativas de inflación en base a esta metodología. Ver <https://www.philadelphiafed.org/surveys-and-data/real-time-data-research/atsix>.

determinada por la evolución de tres factores latentes (no observables) que determinan su nivel de largo plazo, su pendiente y su curvatura.

En nuestro caso, como fuente de información utilizaremos el Relevamiento de Expectativas de Mercado —de aquí en adelante REM—, encuesta que realiza mensualmente el Banco Central (BCRA)³. El período de estimación se extiende desde junio de 2016 hasta julio de 2023.

Como hemos mencionado previamente, además de incorporación las expectativas de depreciación, y con el objeto de explorar potenciales factores que inciden en la formación de expectativas, ampliamos el modelo incorporando variables macroeconómicas observables en línea con el trabajo de Diebold, Rudebusch y Aruoba (2006).

Específicamente, incluiremos cinco variables observables que consideramos pueden afectar la formación de expectativas en el período considerado: La tasa de inflación, la tasa de depreciación, la brecha cambiaria, la tasa de variación interanual del agregado monetaria M2 privado, y la tasa de interés real de los depósitos a plazo fijo de corto plazo en moneda local.

En este trabajo, nuestro foco principal será explorar cómo dichas variables macroeconómicas inciden en la estructura temporal de las expectativas para un período t determinado. En este sentido, no explotaremos todo el potencial dinámico del enfoque conceptual. Dejaremos para futuras ampliaciones dicho análisis.

Desde nuestra perspectiva, el enfoque propuesto es una valiosa herramienta por varias razones:

- Permite explorar los efectos de determinantes macroeconómicos sobre la estructura temporal de las expectativas.
- Permite modelar dinámicamente la estructura temporal de las expectativas de inflación y de depreciación.
- Genera distribuciones de probabilidad de las expectativas de inflación y depreciación condicionadas a trayectorias específicas de las variables macroeconómicas consideradas.
- Constituye una herramienta de utilidad para el armado de escenarios macroeconómicos.
- Es un insumo valioso para ampliar modelos macro-financieros de diversa índole y escala.

II. Enfoque metodológico

El enfoque de Arouba utiliza la representación dinámica del modelo de Nelson y Siegel (NS) propuesta en Diebold y Li (2006) para modelizar la evolución dinámica de la estructura temporal de las expectativas de inflación. En esta representación, la estructura temporal del rendimiento de un bono cupón cero con madurez τ ($y(\tau)$), evoluciona de acuerdo con la suma ponderada de tres factores latentes no observables, denominados nivel (L_t), pendiente (S_t) y curvatura (C_t), de acuerdo con la siguiente expresión:

$$y_t(\tau) = L_t - \left(\frac{1-e^{-\lambda\tau}}{\lambda\tau}\right)S_t + \left(\frac{1-e^{-\lambda\tau}}{\lambda\tau} - e^{-\lambda\tau}\right)C_t + e_t \quad (1)$$

El factor nivel se encuentra multiplicado por 1, mientras que los factores pendiente y curvatura se multiplican por dos funciones que describen el comportamiento de mediano y largo plazo de la estructura temporal, respectivamente.

El parámetro λ caracteriza la tasa de decaimiento exponencial de ambas funciones. Valores pequeños de λ producen una caída suave, y permite ajustar mejor la curva a plazos largos, mientras que valores mayores

³ https://www.bcra.gob.ar/PublicacionesEstadisticas/Relevamiento_Expectativas_de_Mercado.asp.

producen una caída más pronunciada, y permiten ajustar mejor la curva en el corto plazo. Este parámetro también caracteriza el horizonte temporal en la que el factor curvatura alcanza su mayor ponderación. Nótese que tanto la función que multiplica al factor pendiente como al factor curvatura tienden a cero con $\tau \rightarrow \infty$, de manera que su límite es el factor nivel. Es decir, $\lim_{\tau \rightarrow \infty} y_t(\tau) \rightarrow L_t$. El término e_t constituye el componente no explicado por la representación propuesta.

Existe una amplia literatura que respalda el uso empírico del modelo NS para representar estática y dinámicamente la curva de rendimientos —ver Diebold y Rudebusch (2013)—. En su versión dinámica, el modelo NS se especifica como una representación de espacio-estado, en el que la expresión (1) constituye la ecuación matricial de observación para n variables observables correspondientes a los retornos cupón cero de títulos con vencimiento τ . El modelo se completa con la ecuación matricial de transición, que caracteriza la interacción dinámica entre los factores no observables L_t , S_t y C_t .

Por su parte, la metodología de Arouba se caracteriza por dos elementos. El primero, es utilizar la ecuación matricial (1) para modelar las expectativas de inflación entre t y $t + \tau$. Definiendo $\pi_t(\tau)$ como la expectativa de inflación entre t y $t + \tau$ —a las que denominaremos expectativas *spot*—, resulta:

$$\pi_{t \rightarrow t+\tau}(\tau) = L_t - \left(\frac{1-e^{-\lambda\tau}}{\lambda\tau} \right) S_t + \left(\frac{1-e^{-\lambda\tau}}{\lambda\tau} - e^{-\lambda\tau} \right) C_t + e_t \quad (2)$$

De acuerdo con esta especificación, L_t (el nivel) captura la inflación esperada de largo plazo, S_t (la pendiente) la diferencia entre la inflación de corto y de largo plazo y C_t (la curvatura) la inflación relativa entre el corto y el largo plazo.

El término e_t constituye la parte no explicada, que como veremos más adelante, toma la forma de un error de observación en la representación de espacio-estado del modelo.

El segundo elemento de su metodología consiste en ampliar las ecuaciones de observación para incorporar el relevamiento de expectativas de inflación en períodos futuros, es decir entre $t + \tau_1$ y $t + \tau_2$, con $\tau_2 > \tau_1$ —a las que denominaremos expectativas *forward*—. Para la derivación de este conjunto adicional de ecuaciones de observación, comenzaremos denotando $\Pi_{t \rightarrow t+s}$ a la tasa de inflación bruta anualizada entre t y $t + s$ como:

$$\Pi_{t \rightarrow t+s} = (\Pi_{t \rightarrow t+r})^{\frac{r}{s}} \times (\Pi_{t+r \rightarrow t+s})^{\frac{(r-s)}{s}}$$

Aplicando logaritmos, se obtiene:

$$\Pi_{t \rightarrow t+s} = \frac{r}{s} \times (\pi_{t \rightarrow t+r}) + \frac{(r-s)}{s} \times (\pi_{t+r \rightarrow t+s})$$

Donde:

$$\pi_{t \rightarrow t+s} = \log \Pi_{t \rightarrow t+s} = \frac{12}{s-t} [\log P_{t+s} - \log P_t]$$

Es el logaritmo de la tasa de inflación anualizada entre el mes t y el mes s , expresado en tanto por uno. Reordenando términos, resulta:

$$\pi_{t+r \rightarrow t+s} = \frac{s}{r-s} \times \pi_{t \rightarrow t+s} - \frac{r}{s-r} \times \pi_{t \rightarrow t+r} \quad (3)$$

Nótese que la ecuación (3) expresa la inflación *forward* $\pi_{t+r \rightarrow t+s}$ en términos de las inflaciones *spot* $\pi_{t \rightarrow t+s}$ y $\frac{r}{s-r} \times \pi_{t \rightarrow t+r}$. De esta manera, aplicando la ecuación (2) en (3) para los correspondientes horizontes temporales, obtenemos:

$$\pi_{t+\tau_1 \rightarrow t+\tau_2} = L_t + \frac{e^{-\lambda\tau_1} - e^{-\lambda\tau_2}}{\lambda(\tau_2 - \tau_1)} (C_t - S_t) + \left(\frac{\tau_1 e^{-\lambda\tau_1} - \tau_2 e^{-\lambda\tau_2}}{\tau_2 - \tau_1} \right) C_t + e_t \quad (4)$$

La ecuación matricial (4) nos permite ampliar el conjunto de ecuaciones de observación (2) para incorporar relevamientos de tasas de inflación esperada en periodos futuros (expectativas forward). Para nuestro trabajo, adicionalmente a las ecuaciones de expectativas de inflación incorporamos las equivalentes relativas a las expectativas de depreciación. Es decir, la incorporación de expectativas de depreciación para diversos horizontes temporales amplía el número de ecuaciones (2) y (4).

Dado que nuestro objetivo principal es explorar los factores que inciden sobre las expectativas de inflación y de depreciación, incorporamos un conjunto de variables macroeconómicas observables. De esta manera, a las ecuaciones de observación (2) y (4) adicionaremos las siguientes cinco ecuaciones:

$$Dep_t^o = Dep_t + e_t^{Dev} \quad (\text{tasa de variación del tipo de cambio oficial}) \quad (5)$$

$$piC_t^o = piC_t + e_t^{pic} \quad (\text{inflación core}) \quad (6)$$

$$br_t^o = br_t + e_t^{br} \quad (\text{brecha cambiaria}) \quad (7)$$

$$dlm_t^o = dlm_t + e_t^{dlm} \quad (\text{variación nominal de un agregado monetario}) \quad (8)$$

$$rpf_t^o = rpf_t + e_t^{rpf} \quad (\text{tasa real de un depósito a plazo fijo 30-59 días}) \quad (9)$$

Donde el supra índice “o” refiere a observado.

Con respecto a las expectativas de inflación, nuestra conjetura es que las variables macroeconómicas mencionadas pueden afectar distintos tramos de las curvas. Específicamente, la tasa de inflación y de depreciación puede afectar principalmente el corto plazo, la brecha cambiaria el mediano plazo, mientras que la variación del agregado monetario puede asociarse con factores que incidan en el mediano y largo plazo de las expectativas.

La tasa de interés real podría, a priori, afectar diversos tramos de las curvas de expectativas. Por ejemplo, si resultara una señal del sesgo de la política monetaria, sus efectos podrían concentrarse en el tramo medio/largo. Por otro lado, si resultara principalmente una señal de mayores retornos relativos de los activos en pesos en el corto plazo, sus efectos se concentrarían en el primer tramo de la curva.

El apéndice I presenta el detalle de los datos utilizados.

En cuanto a las ecuaciones de observación (2) y (4), y como mencionamos previamente, utilizaremos como fuente de información el REM. Específicamente, la inflación esperada un mes y 12 meses vista — $\pi_{t \rightarrow t+1}$ y $\pi_{t \rightarrow t+12}$ y seis expectativas forward correspondientes a valores de $\tau = 1, 2, 3, 4$ y 5 meses: $\pi_{t+1 \rightarrow t+2}$, $\pi_{t+2 \rightarrow t+3}$, $\pi_{t+3 \rightarrow t+4}$, $\pi_{t+4 \rightarrow t+5}$, $\pi_{t+5 \rightarrow t+6}$ — y un caso para $\tau = 12$: $\pi_{t+12 \rightarrow t+24}$. En el caso de las expectativas de depreciación, consideraremos una ecuación de observación para las siguientes expectativas: $edep_{t \rightarrow t+1}$, $edep_{t \rightarrow t+12}$, $edep_{t+1 \rightarrow t+2}$, $edep_{t+2 \rightarrow t+3}$, $edep_{t+3 \rightarrow t+4}$, $edep_{t+4 \rightarrow t+5}$, $edep_{t+5 \rightarrow t+6}$, $edep_{t \rightarrow t+12}$.

III. Representación de Espacio-Estado

Las ecuaciones (2) y (4) correspondientes a las expectativas de inflación y de depreciación y (5)-(9) para los factores macroeconómicos pueden ser pensadas como señales en una representación de estado-espacio que aporten información para la dinámica de los factores no observables nivel, pendiente y curvatura. Los modelos de espacio-estado permiten representar la secuencia temporal de un vector de variables de estado (que pueden ser no observables) $\{X_\tau\}_{\tau=1}^T$, modeladas como procesos estocásticos, a partir de la información provista por una secuencia de variables observables $\{Y_\tau\}_{\tau=1}^T$.

En su forma canónica básica, las ecuaciones matriciales de observación y de transición de una representación de estado-espacio pueden escribirse respectivamente como:

$$Y_t = U + Z \cdot X_t + e_t \quad (7)$$

$$X_t = A + B \cdot X_{t-1} + \varepsilon_t \quad (8)$$

Con:

$$e_t \sim N(0, R)$$

$$\varepsilon_t \sim N(0, Q)$$

$$X_0 \sim N(X_0, V_0)$$

Donde X_t es el vector de variables de estado, Y_t el vector de variables observables, e_t es el vector de errores de observación y ε_t el vector de shocks sobre las variables de estado. La matriz Z vincula las variables de estado con las variables observables. La matriz B —denominada matriz de transición— describe la dinámica de las variables de estado, mientras que R y Q son las matrices de varianzas y covarianzas de los errores de observación y de los shocks, respectivamente. Por último, X_0 y V_0 constituyen los momentos de la condición inicial de las variables de estado.

En nuestro modelo, el vector de estados está compuesto de 11 variables. Seis consisten en los factores nivel, pendiente y curvatura para la tasa de inflación y de depreciación esperadas. Las restantes cinco, son los factores macroeconómicos considerados. No ampliaremos el vector de estado por rezagos mayores a 1.

Dado que nuestro objetivo es estudiar la incidencia de las variables macroeconómicas consideradas sobre los distintos tramos de la curva de expectativas de inflación y de depreciación para un período específico t , utilizaremos la siguiente estructura para la matriz de transición B .

Figura 1: Especificación de la matriz de transición B

	L_pi	S_pi	C_pi	L_e	S_e	C_e	dev	piC	br	dIm	r
L_pi	b1	0	0	0	0	0	b17	b18	b19	b110	b111
S_pi	0	b2	0	0	0	0	b27	b28	b29	b210	b112
C_pi	0	0	b3	0	0	0	b37	b38	b39	b310	b113
L_e	0	0	0	b4	0	0	b47	b48	b49	b410	b114
S_e	0	0	0	0	b5	0	b57	b58	b59	b510	b115
C_e	0	0	0	0	0	b6	b67	b68	b69	b610	b116
dev	0	0	0	0	0	0	b7	0	0	0	0
piC	0	0	0	0	0	0	0	b8	0	0	0
br	0	0	0	0	0	0	0	0	b9	0	0
dIm	0	0	0	0	0	0	0	0	0	b10	0
r	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	b11

Nota: Los coeficientes en negrita se encuentran calibrados, como será explicado en la sección siguiente.

Como puede observarse en la figura 1, no asumimos interrelaciones temporales entre los factores latentes. Si nuestro objetivo fuera centrarnos en el aspecto dinámico del modelo, especificaríamos la matriz B de manera irrestricta mientras que asumiríamos una matriz Q diagonal —ver Arouba (2016).

Los coeficientes de la partición sombreada en azul se corresponden con los efectos las variables macroeconómicas sobre los factores no observables nivel, pendiente y curvatura de ambas curvas de expectativas. Los coeficientes de las ecuaciones (2) y (4) y (5)-(9) conforman los elementos de la matriz Z .

Con respecto a la matriz de covarianzas de los shocks —matriz Q —, la asumiremos irrestricta.

Por último, asumimos una matriz de covarianzas de los errores de observación R diagonal, sin errores de observación para las cinco variables macroeconómicas.

IV. Estrategia de estimación

Una restricción que encontramos a la hora de estimar el modelo fue que para el período de estimación considerado (junio de 2016 – julio de 2023) las series de expectativas de inflación resultan no estacionarias.

Frente a esta restricción, impusimos el supuesto de que el proceso de formación de expectativas es estacionario, pero que la sucesión de shocks acontecida durante el período explica un nivel creciente de las expectativas de inflación y depreciación.

En términos de la representación de espacio-estado anteriormente descrita, el supuesto realizado implica asumir que los coeficientes autorregresivos de la matriz de transición de los factores niveles (coeficientes b_1 y b_4) se asuman menores que 1. Específicamente, los calibramos con valor 0.7, tomando como referencia estimaciones realizadas en subperíodos de mayor estabilidad en la evolución de las expectativas. El objetivo del supuesto es obtener autovalores de la matriz de transición dentro del círculo unitario.

Por último, en el caso las variables macroeconómicas brecha cambiaria (br) y variación interanual del agregado monetario M2 privado ($d1m$), asumimos que siguen un proceso random walk, de manera que b_9 y b_{10} toman valor 1 —ver coeficientes en negrita en la figura 1.

Es importante notar que, al calibrar los valores de los coeficientes autorregresivos de los factores nivel de expectativas (coeficientes b_1 y b_4), una parte de la estructura del sistema no es representada en la matriz de transición B , de manera que los shocks retienen una parte relevante de la información que explica la dinámica de las variables de estado. Esto resulta una razón adicional para estimar la matriz de covarianzas Q de los shocks de forma irrestricta.

La representación de espacio-estado es estimada por máxima verosimilitud. Específicamente se maximiza la verosimilitud del sistema para una grilla de pares de parámetros λ_1 y λ_2 (coeficiente lambda de la curva de expectativas de inflación y depreciación, respectivamente). Los valores estimados para estos coeficientes fueron 0.10 y 0.78, respectivamente.

El apéndice II muestra los coeficientes estimados y las correspondientes matrices B y Q .

Para ejemplificar el ajuste del enfoque, los gráficos 1 y 2 presentan las curvas estimadas para un mes t determinado dentro del período muestral considerado, en este caso octubre de 2022.

Gráfico 1: Estructura temporal de expectativas de inflación estimadas para octubre de 2022

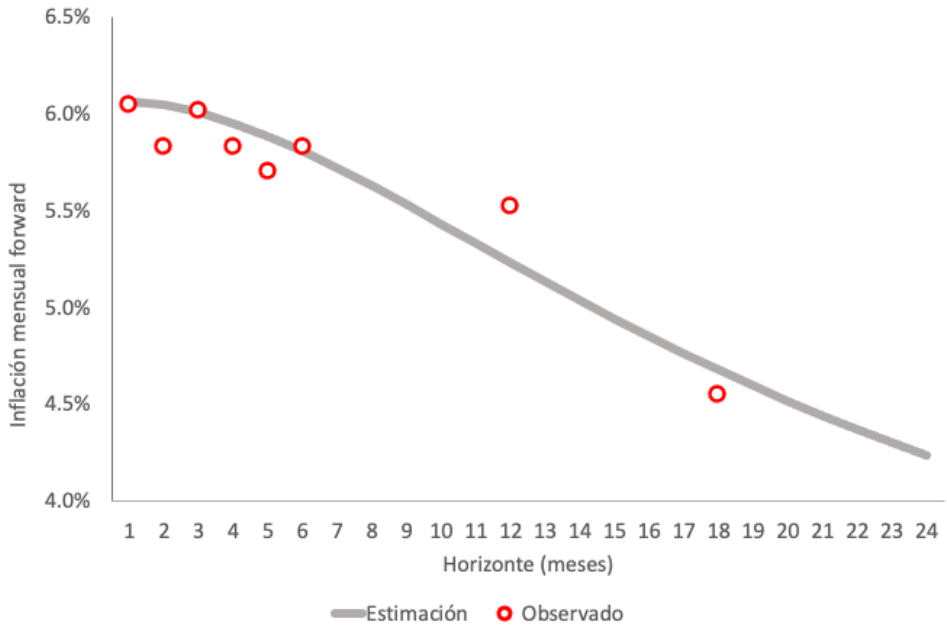
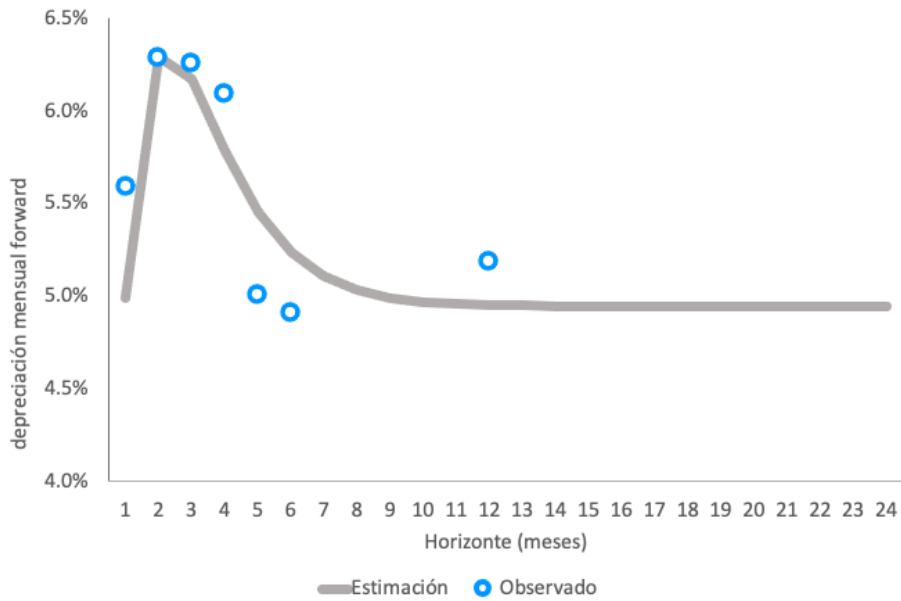


Gráfico 2: Estructura temporal de expectativas de depreciación estimadas para octubre de 2022



Como puede observarse, el hecho de que el coeficiente lambda estimado es mayor en el caso de la curva de expectativas de depreciación implica un rol de la curvatura concentrado en un horizonte temporal más cercano que en el caso de las expectativas de inflación.

V. Estructura temporal de expectativas y naturaleza del shock

A partir de la estimación del modelo, el ejercicio que se presenta a continuación busca explorar los efectos que diversos shocks sobre las variables macroeconómicas consideradas tienen sobre las curvas de expectativas. Específicamente, nos interesa analizar cómo tales efectos difieren dependiendo de la naturaleza del shock.

Debido a que la matriz de varianzas y covarianzas de los shocks —matriz Q — fue estimada de forma irrestricta, los shocks sobre las variables macroeconómicas no son independientes. En otras palabras, analizaremos los efectos que un shock no independiente tiene en la estructura temporal de las expectativas de inflación y de depreciación.

Si bien bajo la estructura propuesta no nos es posible aislar los efectos de un shock específico, podemos obtener los efectos asociados sobre la estructura temporal de expectativas sabiendo que parte del efecto corresponde a la covarianza del shock asumido con el resto de las variables consideradas.

Para una fecha específica (en este caso octubre de 2022) y para cada shock se computa primero una curva base. La misma surge de utilizar como única señal observada el valor de la variable macroeconómica a shockear del período inmediatamente anterior (septiembre de 2022) mientras que el resto de las variables se asumen no observables. Es decir, y a modo de ejemplo, la curva base para un shock sobre la brecha cambiaria es la curva que resulta de tomar como señal la brecha cambiaria del mes anterior. Por esta razón las curvas base difieren entre sí para diversos shocks.

Los shocks considerados son los siguientes:

Shock1: Un incremento en la tasa de depreciación del tipo de cambio oficial de 10 p.p.

Shock2: Una suba en la tasa de inflación núcleo mensual de 3 p.p.

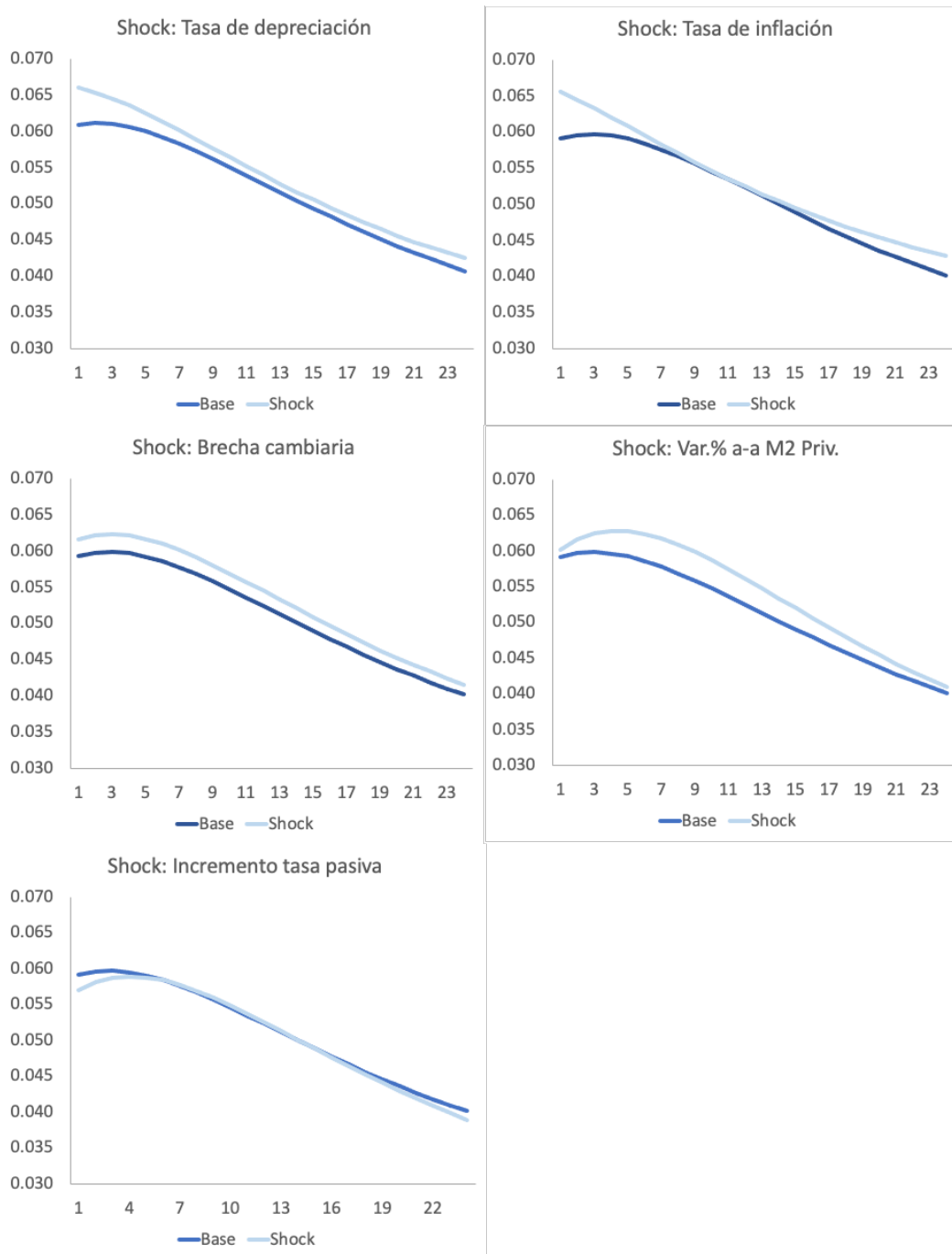
Shock 3: Un incremento en la brecha cambiaria de 10 p.p.

Shock 4: Un incremento en la tasa de variación del agregado monetario M2 privado de 10 p.p.

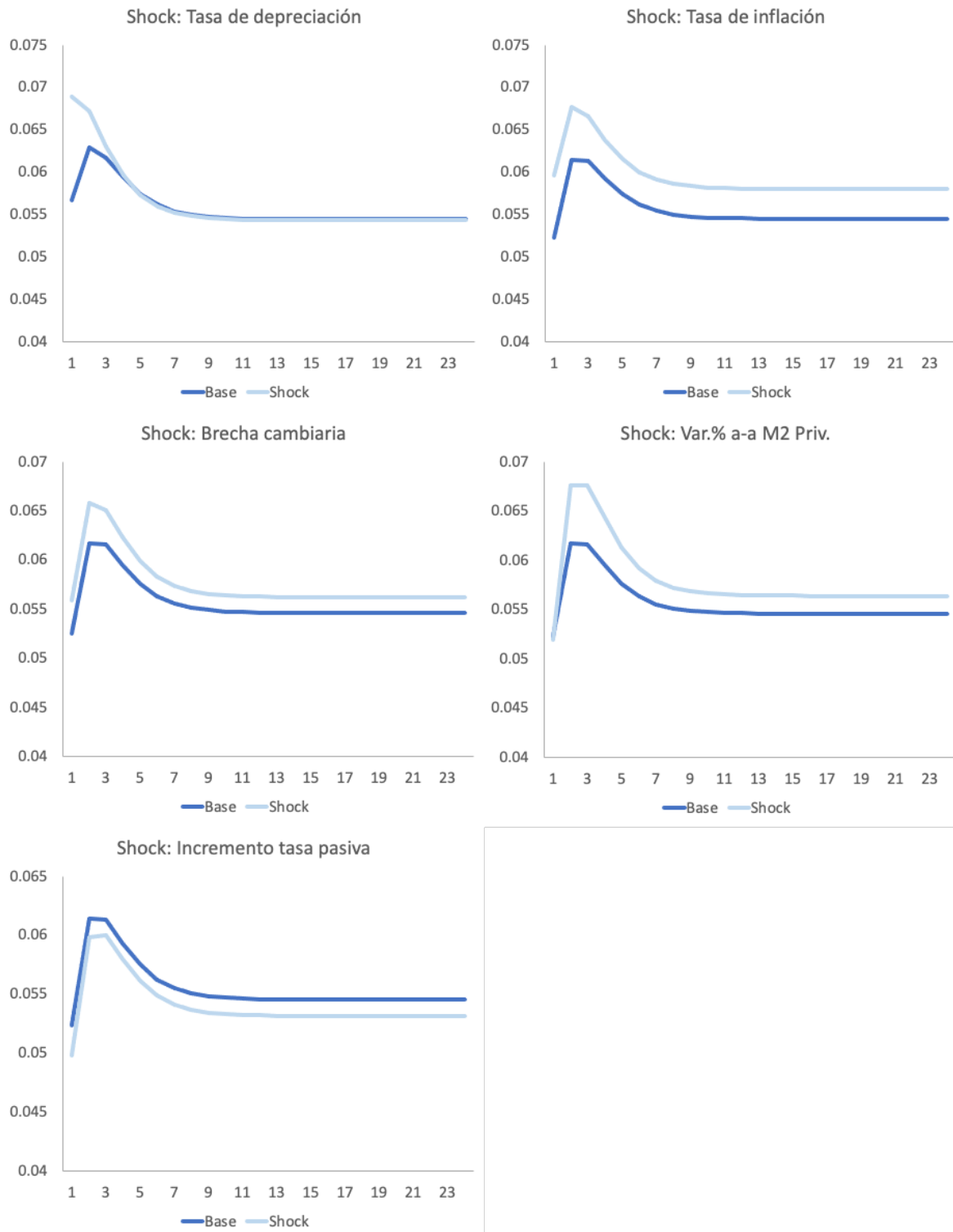
Shock 5: Un incremento en la tasa real de los depósitos a plazo fijo en pesos de 10 p.p.

Los paneles A y B muestran los efectos de los shocks previos sobre la estructura temporal de expectativas de inflación y de depreciación, respectivamente.

Panel A: Efectos de diversos shocks sobre la estructura temporal de las expectativas de inflación



Panel B: Efectos de diversos shocks sobre la estructura temporal de las expectativas de depreciación



El principal elemento para destacar del ejercicio es que los shocks considerados afectan de forma disímil la estructura temporal de las expectativas de inflación (panel A). En efecto, un shock sobre la tasa de depreciación afecta principalmente el tramo corto de la estructura temporal, concentrando el incremento de las expectativas de inflación en los primeros seis meses del horizonte temporal. Un efecto similar se observa con un shock sobre la tasa de inflación.

Por su parte, a diferencia de un shock en la tasa de depreciación, un incremento en la brecha cambiaria afecta principalmente el nivel de las expectativas de inflación desplazando hacia arriba prácticamente la totalidad de la estructura temporal.

Respecto al incremento en la variación interanual nominal del agregado monetario M2 privado, su impacto se observa principalmente en la curvatura y en el nivel de las expectativas, concentrando su impacto principalmente en el mediano plazo.

En el caso de las expectativas de depreciación, debido a que estamos trabajando con un coeficiente $\lambda_2 = 0.78$, los efectos de los shocks se concentran mayoritariamente en la pendiente y el nivel (el punto máximo de la curvatura se da en un horizonte temporal bajo, de manera que la curvatura es similar a la pendiente). Como puede observarse en el panel B, un shock sobre la tasa de depreciación incrementa la pendiente de la curva de expectativas de depreciación, mientras que los shocks sobre las restantes variables afectan principalmente el nivel de la curva.

Por último, con respecto al impacto de un incremento en la tasa de interés real sobre las expectativas de inflación, sus efectos se concentran en el tramo corto de la curva. Este resultado parecería consistente con la conjetura de que la tasa real es una señal informativa del retorno de los activos en pesos en el corto plazo, lo que reduce las expectativas inflacionarias a través de una menor expectativa de depreciación y una menor brecha cambiaria (dado que los shocks no son independientes).

En efecto, como puede verse en la última columna de la matriz B del apéndice 2, una mayor tasa real impacta negativamente en las expectativas de depreciación en el corto plazo (pendiente y curvatura). Adicionalmente, la última columna de la matriz Q muestra que los shocks sobre la tasa de interés covarian negativamente con la tasa de depreciación y con la brecha cambiaria.

VI. Principales resultados

En el presente documento se amplía la metodología de Arouba (2016) para modelar conjuntamente las expectativas de inflación y de depreciación en Argentina. Como una posible aplicación del modelo estimado se analizan los efectos de diversos shocks sobre la estructura temporal de expectativas de inflación y depreciación para una un mes específico t dentro del período muestral.

El ejercicio propuesto permite concluir que los efectos sobre la estructura temporal de las expectativas difieren dependiendo de la naturaleza del shock en cuestión con resultados que se encuentran en línea con nuestras conjeturas iniciales.

El análisis presentado no utiliza la naturaleza dinámica del enfoque, sino que se concentra en el impacto que diversos shocks sobre las variables macroeconómicas tiene en la estructura temporal de expectativas de un mes determinado.

Un análisis dinámico de los efectos de los diversos shocks sobre la evolución de la estructura temporal de expectativas implicaría explorar estructuras alternativas de las matrices B y Q . Este punto constituye parte de la agenda de investigación subsiguiente a este trabajo.

Apéndice I

Tasa de depreciación

Tasa de depreciación del tipo de cambio oficial. Fuente: Comunicación 3500 del Banco Central de la República Argentina.

$$Dep_t^o = 12 \times (\log(TCN_t) - \log(TCN_{t-1}))$$

Inflación núcleo

$$piC_t^o = 12 \times (\log(IPC_t) - \log(IPC_{t-1})) \quad \text{Fuente: INDEC.}$$

Brecha cambiaria

Diferencia logarítmica entre la cotización del tipo de cambio contado con liquidación (CCL) y el tipo de cambio oficial. Fuente: Ámbito Financieros y BCRA.

$$br_t^o = \log(TCN_t^{CCL}) - \log(TCN_t)$$

M2 privado

Variación interanual del agregado monetario M2 privado. Fuente: BCRA.

$$dlm_t^o = \log(M2_t^{Priv}) - \log(M2_{t-12}^{Priv})$$

Tasa pasiva real

Tasa real mensual pasiva. Para su cómputo se utiliza la tasa nominal mensual promedio de un depósitos a plazo fijo de 30-59 días.

$$rpf_t^o = 12 \times (\log(1 + TPF_t^{TNM}) - \Delta \log IPC_t)$$

Apéndice II

Estimation method: BFGS
 Log-likelihood: 2709.264
 AIC: -5170.527 AICc: -5151.092

	ML.Est	Std.Err	low.CI	up.CI
R.r1	0.001060	0.000196	0.000673	0.001440
R.r2	0.000165	0.000045	0.000078	0.000253
R.r3	0.000214	0.000039	0.000138	0.000291
R.r4	0.000247	0.000044	0.000161	0.000333
R.r5	0.000102	0.000030	0.000043	0.000160
R.r6	0.000853	0.000142	0.000575	0.001130
R.r7	0.000877	0.000139	0.000605	0.001150
R.r8	0.000000	0.000034	-0.000067	0.000067
R.r9	0.072200	0.012100	0.048500	0.096000
R.r10	0.005290	0.001010	0.003300	0.007270
R.r11	0.002110	0.000400	0.001330	0.002900
R.r12	0.002480	0.000408	0.001680	0.003280
R.r13	0.016800	0.002570	0.011800	0.021800
R.r14	0.018600	0.002850	0.013000	0.024200
R.r15	0.000000	0.000131	-0.000257	0.000257
B.b2	0.792000	0.028200	0.737000	0.847000
B.b3	0.672000	0.020500	0.632000	0.712000
B.b5	0.497000	0.076700	0.346000	0.647000
B.b6	0.705000	0.032500	0.641000	0.768000
B.b17	-0.017300	0.020500	-0.057500	0.022900
B.b27	0.005180	0.015200	-0.024500	0.034900
B.b37	0.046700	0.055700	-0.062500	0.156000
B.b47	-0.038700	0.013800	-0.065700	-0.011700
B.b57	0.064800	0.104000	-0.140000	0.269000
B.b67	0.200000	0.094200	0.015900	0.385000
B.b7	0.393000	0.090300	0.216000	0.570000
B.b18	-0.071200	0.067800	-0.204000	0.061700
B.b28	-0.267000	0.054800	-0.375000	-0.160000
B.b38	0.386000	0.181000	0.031500	0.739000
B.b48	0.367000	0.045300	0.279000	0.456000
B.b58	-0.416000	0.327000	-1.060000	0.224000
B.b68	-0.699000	0.296000	-1.280000	-0.118000
B.b8	0.997000	0.007860	0.982000	1.010000
B.b19	0.133000	0.059800	0.015500	0.250000
B.b29	0.095600	0.046500	0.004380	0.187000
B.b39	-0.060400	0.159000	-0.372000	0.251000
B.b49	0.004750	0.039700	-0.073200	0.082700
B.b59	0.430000	0.284000	-0.127000	0.987000
B.b69	0.301000	0.256000	-0.201000	0.803000
B.b110	-0.185000	0.088500	-0.359000	-0.011700
B.b210	-0.189000	0.070400	-0.327000	-0.051000
B.b310	0.518000	0.237000	0.054700	0.982000
B.b410	0.158000	0.058800	0.042500	0.273000
B.b510	-0.097800	0.409000	-0.900000	0.705000
B.b610	-0.288000	0.377000	-1.030000	0.450000
B.b111	-0.341000	0.132000	-0.600000	-0.082200
B.b211	-0.385000	0.111000	-0.602000	-0.168000
B.b311	1.090000	0.359000	0.384000	1.790000
B.b411	0.373000	0.087200	0.202000	0.544000
B.b511	-0.185000	0.614000	-1.390000	1.020000
B.b611	-0.945000	0.585000	-2.090000	0.202000
B.b11	0.833000	0.028300	0.778000	0.889000

U.u1	0.109000	0.032400	0.045200	0.172000
U.u2	0.099300	0.025500	0.049200	0.149000
U.u3	-0.255000	0.086200	-0.424000	-0.086400
U.u4	-0.075800	0.021700	-0.118000	-0.033400
U.u5	0.052800	0.151000	-0.243000	0.349000
U.u6	0.195000	0.139000	-0.078300	0.468000
Q.(1,1)	0.007380	0.001380	0.004680	0.010100
Q.(2,1)	0.004390	0.000956	0.002510	0.006260
Q.(3,1)	-0.019300	0.003700	-0.026600	-0.012100
Q.(4,1)	-0.001050	0.000618	-0.002260	0.000160
Q.(5,1)	-0.017900	0.004920	-0.027600	-0.008310
Q.(6,1)	-0.009530	0.004360	-0.018100	-0.000995
Q.(7,1)	0.010400	0.006050	-0.001490	0.022200
Q.(8,1)	0.003250	0.001260	0.000774	0.005730
Q.(9,1)	0.000206	0.000498	-0.000771	0.001180
Q.(10,1)	-0.000396	0.000361	-0.001100	0.000312
Q.(11,1)	-0.002300	0.000828	-0.003920	-0.000674
Q.(2,2)	0.004600	0.000830	0.002970	0.006220
Q.(3,2)	-0.011300	0.002510	-0.016200	-0.006340
Q.(4,2)	-0.001790	0.000502	-0.002780	-0.000810
Q.(5,2)	-0.004340	0.003420	-0.011100	0.002370
Q.(6,2)	-0.003600	0.003220	-0.009910	0.002700
Q.(7,2)	-0.007220	0.004580	-0.016200	0.001770
Q.(8,2)	-0.000071	0.000923	-0.001880	0.001740
Q.(9,2)	-0.000438	0.000382	-0.001190	0.000311
Q.(10,2)	-0.000458	0.000278	-0.001000	0.000087
Q.(11,2)	-0.000506	0.000603	-0.001690	0.000676
Q.(3,3)	0.053900	0.010300	0.033600	0.074100
Q.(4,3)	0.003080	0.001710	-0.000266	0.006430
Q.(5,3)	0.048900	0.013400	0.022600	0.075200
Q.(6,3)	0.026900	0.011900	0.003470	0.050300
Q.(7,3)	-0.024200	0.016700	-0.056900	0.008480
Q.(8,3)	-0.008840	0.003490	-0.015700	-0.002000
Q.(9,3)	0.000582	0.001380	-0.002120	0.003280
Q.(10,3)	0.002080	0.001020	0.000087	0.004070
Q.(11,3)	0.006330	0.002290	0.001840	0.010800
Q.(4,4)	0.002920	0.000610	0.001730	0.004120
Q.(5,4)	-0.008000	0.003060	-0.014000	-0.002010
Q.(6,4)	-0.011500	0.003500	-0.018400	-0.004680
Q.(7,4)	-0.000532	0.003850	-0.008070	0.007010
Q.(8,4)	0.001580	0.000797	0.000020	0.003140
Q.(9,4)	0.000434	0.000320	-0.000194	0.001060
Q.(10,4)	0.000250	0.000228	-0.000198	0.000697
Q.(11,4)	-0.000956	0.000517	-0.001970	0.000058
Q.(5,5)	0.119000	0.031100	0.057700	0.180000
Q.(6,5)	0.102000	0.026100	0.051300	0.154000
Q.(7,5)	-0.062400	0.030800	-0.123000	-0.001990
Q.(8,5)	-0.001820	0.005900	-0.013400	0.009740
Q.(9,5)	-0.000032	0.002320	-0.004590	0.004520
Q.(10,5)	0.001390	0.001620	-0.001780	0.004570
Q.(11,5)	0.001250	0.003850	-0.006290	0.008790
Q.(6,6)	0.123000	0.029000	0.066100	0.180000
Q.(7,6)	-0.015800	0.027500	-0.069800	0.038200
Q.(8,6)	0.001650	0.005450	-0.009040	0.012300
Q.(9,6)	0.001820	0.002180	-0.002460	0.006100
Q.(10,6)	0.002840	0.001560	-0.000228	0.005900
Q.(11,6)	0.000781	0.003550	-0.006180	0.007740
Q.(7,7)	0.338000	0.051900	0.237000	0.440000
Q.(8,7)	0.018100	0.007760	0.002900	0.033300
Q.(9,7)	0.002250	0.003100	-0.003820	0.008330
Q.(10,7)	0.002850	0.002250	-0.001560	0.007260
Q.(11,7)	-0.008170	0.004970	-0.017900	0.001570
Q.(8,8)	0.014200	0.002170	0.009900	0.018400
Q.(9,8)	0.000444	0.000635	-0.000800	0.001690
Q.(10,8)	-0.000085	0.000456	-0.000979	0.000809
Q.(11,8)	-0.008880	0.001390	-0.011600	-0.006160
Q.(9,9)	0.002380	0.000368	0.001660	0.003100
Q.(10,9)	0.000634	0.000200	0.000242	0.001030
Q.(11,9)	-0.000325	0.000413	-0.001140	0.000485
Q.(10,10)	0.001230	0.000191	0.000853	0.001600
Q.(11,10)	0.000070	0.000297	-0.000511	0.000652
Q.(11,11)	0.005980	0.000920	0.004180	0.007790

En función de los valores paramétricos estimados, el detalle de las matrices estimadas *B* y *Q* resulta:

Matriz B

	L pi	S pi	C pi	L e	S e	C e	pi	dev	br	dIm2	tasa r
L pi	0.70000	0	0	0	0	0	-0.01731	-0.07116	0.13280	-0.18523	-0.34105
S pi	0	0.79190	0	0	0	0	0.00518	-0.26739	0.09557	-0.18904	-0.38477
C pi	0	0	0.67175	0	0	0	0.04675	0.38551	-0.06039	0.51833	1.08646
L e	0	0	0	0.70000	0	0	-0.03871	0.36726	0.00475	0.15781	0.37291
S e	0	0	0	0	0.49668	0	0.06483	-0.41594	0.42999	-0.09784	-0.18538
C e	0	0	0	0	0	0.70458	0.20049	-0.69916	0.30116	-0.28829	-0.94478
pi	0	0	0	0	0	0	0.39310	0	0	0	0
dev	0	0	0	0	0	0	0	0.99727	0	0	0
br	0	0	0	0	0	0	0	0	0.99000	0	0
dIm2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.99000	0
tasa r	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.83317

Matriz Q

	L pi	S pi	C pi	L e	S e	C e	pi	dev	br	dIm2	tasa r
L pi	0.00738	0.00439	-0.01932	-0.00105	-0.01795	-0.00953	0.01037	0.00325	0.00021	-0.00040	-0.00230
S pi	0.00439	0.00460	-0.01126	-0.00179	-0.00434	-0.00360	-0.00722	-0.00007	-0.00044	-0.00046	-0.00051
C pi	-0.01932	-0.01126	0.05387	0.00308	0.04888	0.02687	-0.02420	-0.00884	0.00058	0.00208	0.00633
L e	-0.00105	-0.00179	0.00308	0.00292	-0.00800	-0.01154	-0.00053	0.00158	0.00043	0.00025	-0.00096
S e	-0.01795	-0.00434	0.04888	-0.00800	0.11869	0.10247	-0.06236	-0.00182	-0.00003	0.00139	0.00125
C e	-0.00953	-0.00360	0.02687	-0.01154	0.10247	0.12291	-0.01581	0.00165	0.00182	0.00284	0.00078
pi	0.01037	-0.00722	-0.02420	-0.00053	-0.06236	-0.01581	0.33833	0.01811	0.00225	0.00285	-0.00817
dev	0.00325	-0.00007	-0.00884	0.00158	-0.00182	0.00165	0.01811	0.01416	0.00044	-0.00008	-0.00888
br	0.00021	-0.00044	0.00058	0.00043	-0.00003	0.00182	0.00225	0.00044	0.00238	0.00063	-0.00033
dIm2	-0.00040	-0.00046	0.00208	0.00025	0.00139	0.00284	0.00285	-0.00008	0.00063	0.00123	0.00007
tasa r	-0.00230	-0.00051	0.00633	-0.00096	0.00125	0.00078	-0.00817	-0.00888	-0.00033	0.00007	0.00598

Referencias bibliográficas

Aruoba, S.B. (2016), “Term Structures of Inflation Expectations and Real Interest Rates”, Federal Reserve Bank of Philadelphia Working Paper 16-09/R.

Aruoba, S.B., F.X. Diebold, and C. Scotti (2009), “Real-Time Measurement of Business Conditions”, *Journal of Business and Economic Statistics*, 27(4), 417-427.

Corso, E. A. y C. Matarrelli (2020), “Representación de estado-espacio, filtrado y suavizado de Kalman: Nociones básicas y ejemplos de aplicaciones macro-financieras”.

Diebold, F.X., and C. Li (2006), “Forecasting the Term Structure of Government Bond Yields”, *Journal of Econometrics*, 130(2), 337-364.

Diebold, F.X., and G.D. Rudebusch (2013), *Yield Curve Modeling and Forecasting: The Dynamic Nelson-Siegel Approach*, Princeton University Press.

Diebold, F.X., G.D. Rudebusch, and S.B. Aruoba (2006), “The Macroeconomy and the Yield Curve: A Dynamic Latent Factor Approach”, *Journal of Econometrics*, 131(1-2), 309-338.

Durbin and Koopman (2012). “*Times Series Analysis by State Space Methods*”. Second Edition. Oxford University Press.

Holmes, E. E. (2012). “Derivation of the EM algorithm for constrained and unconstrained marss models”. Technical report, Northwest Fisheries Science Center, Mathematical Biology Program.

Kollo, Tonu and Dietrich von Rosen (2005), “*Advanced Multivariate Statistics with Matrices*”, *Mathematics and Its Applications*. Springer.

Nelson, C.R., and A.F. Siegel (1987), “Parsimonious Modeling of Yield Curves”, *Journal of Business*, 60(4), 473-489.

Shumway, Robert H. and David S. Stoffer (2006). “*Time Series Analysis and Its Applications: With R Examples*”. Springer Texts in Statistics. Second Edition.

H. E. Rauch, F. Tung, and C. T. Striebel (1965), “Maximum Likelihood Estimates of Linear Dynamical Systems,” *AIAA Journal*, pp. 1445–1450.
