

Observatorio Económico

México

9 de febrero de 2012

Análisis económico

Arnoldo López Marmolejo
arnoldo.lopez@bbva.bancomer.com

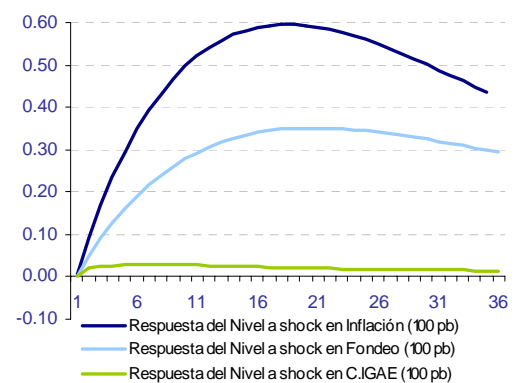
Crecimiento, inflación, fondeo y curva de tasas de interés: impacto en ambos sentidos

Estimación de un modelo *affine* con variables macroeconómicas de la estructura temporal de tasas de interés en México

- La inflación, el crecimiento y la política monetaria afectan al nivel y la pendiente de la curva de tasas, con un impacto mayor por parte de la inflación.
- El crecimiento responde negativamente a la subida de las tasas de interés.
- Finalmente, los movimientos en las tasas parecen anticipar movimientos del fondeo.

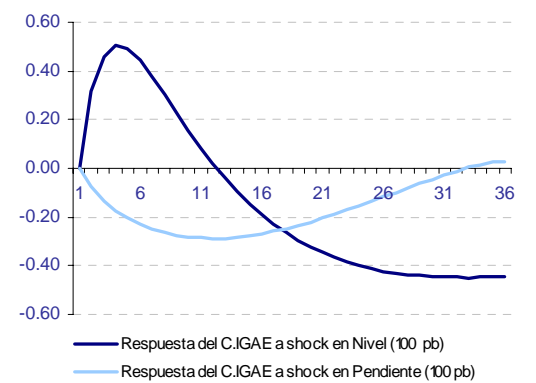
En general, la estructura de la curva de rendimientos –nivel, pendiente y curvatura¹ de la deuda pública mexicana se ve afectada por crecimiento, inflación y política monetaria. La inflación se traslada rápidamente al nivel de las tasas, y más intensamente de como lo hace el crecimiento (gráfica a). A su vez, el nivel de las tasas y el aumento de su pendiente terminan produciendo un freno al crecimiento (gráfica b).² En el corto plazo, el nivel de las tasas tiene una relación positiva con el crecimiento, aproximado por el IGAE. Esto es consistente con la estrecha relación del nivel con la inflación (gráficas a y 1), ya que un aumento en el nivel, que es en buena medida un incremento en inflación, reduciría la tasa real que sería seguida por un impulso en crecimiento en el corto plazo. Este patrón se obtiene también en estudios para EEUU. La curvatura no tiene efectos relevantes sobre las variables económicas, aunque estas sí influyen sobre la curvatura.

Gráfica a
Respuesta del nivel de la curva a un cambio en la inflación, tasa de fondeo y crecimiento del IGAE



Fuente: BBVA Research. C. indica crecimiento. Los números en el eje de las "X" denotan meses. IGAE significa Indicador Global de la Actividad Económica.

Gráfica b
Respuesta del crecimiento del IGAE a cambio en los factores de nivel y pendiente de la curva de 100 pb



Fuente: BBVA Research. C. indica crecimiento.

¹ La curva de rendimientos se simplifica al modelarla mediante tres factores que se interpretan como su nivel, pendiente, y curvatura. Tradicionalmente, el nivel de la curva se aproxima como el promedio de los rendimientos de bonos con vencimiento en el corto, mediano y largo plazo (e.g. promedio de bonos de 3 meses, 5 y 20 años). La pendiente sería la diferencia entre el rendimiento de un bono de largo plazo y uno de corto (e.g. diferencia entre bono de 20 años y el de 3 meses). La curvatura se refiere a la diferencia entre el rendimiento del bono de la parte media de la curva en relación a la parte corta y larga (e.g. 2*el rendimiento del bono de 2 años menos el de los bonos de 3 meses y 10 años).

² La pendiente está definida como el negativo de la pendiente "tradicionalmente" definida ("largo menos corto plazo").

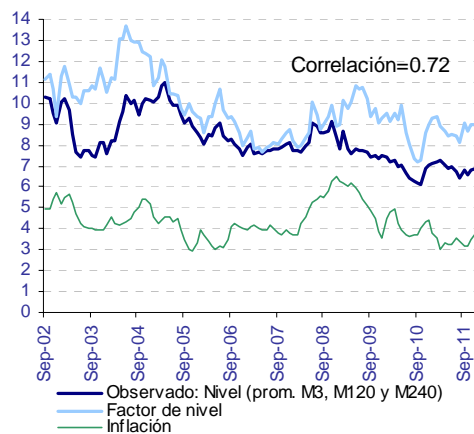
Modelo *affine*: relación entre factores no observables que definen la curva de tasas y variables macroeconómicas

Esta nota analiza la interacción entre crecimiento, inflación y tasa de fondeo con la curva de rendimientos de la deuda gubernamental, o más específicamente, con su nivel, pendiente y curvatura. Este análisis está basado en el modelo de Diebold, Rudebusch y Boragan (2006), trabajo que complementa un modelo *affine* de tres factores (nivel, pendiente y curvatura de la curva de rendimientos) con variables macroeconómicas (en particular de capacidad utilizada en el sector manufacturero, inflación y tasa de política monetaria).³ En el anexo se describe el modelo utilizado y se muestra el resultado de las estimaciones. La intuición detrás del modelo es tratar de capturar el comportamiento de toda la curva de rendimiento, que tiene en la actualidad emisiones que van de 1 mes a 30 años, a través de sólo tres factores que la sintetizan. Estos factores, no observables, se interpretan, dada su semejanza con ellos, como el nivel, la pendiente y la curvatura de la estructura temporal de tasas de interés. El modelo *affine* busca explicar el comportamiento de los tres factores en función de las variables macroeconómicas, al mismo tiempo que estas también son afectadas por los factores de nivel, pendiente y curvatura.⁴

El modelo captura adecuadamente el comportamiento del nivel y la pendiente de la curva (gráficas 1 y 2). La correlación de los factores estimados de nivel y pendiente con los niveles *proxy* observados es de 0.72 y 0.93, respectivamente. En el caso del factor de nivel, si se considera como variable *proxy* el rendimiento del bono a 10 años, la correlación es de 0.87.⁵ Además, se observa una relación positiva entre el nivel observado y la inflación (correlación del 0.4).

Gráfica 1

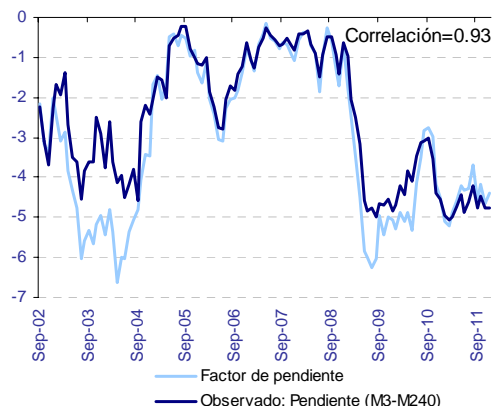
Nivel: factor estimado y nivel observado (puntos porcentuales)



Fuentes: BBVA Research. Para identificar los bonos se utiliza la letra M que se refiere a mes y el número a su derecha indica el número de los meses para el vencimiento.

Gráfica 2

Pendiente: factor estimado y nivel observado (puntos porcentuales)



Fuentes: BBVA Research. La pendiente está definida como el negativo de la pendiente "tradicionalmente" definida ("largo menos corto plazo").

³ Recientemente se han hecho esfuerzos para analizar la curva de rendimientos en México. Por ejemplo, Cortés y Ramos-Francia (2008a) desarrollan un modelo *affine* de nivel y pendiente. Con el fin de analizar la relación de las tasas con las variables macro, Cortés, Ramos-Francia y Torres (2008), realizan un análisis de componente principal para explicar el nivel y la pendiente de la curva. Un estudio que permite incorporar la interacción de variables macroeconómicas con la curva de rendimientos es el de Cortés y Ramos-Francia (2008b), en el cual los autores combinan un modelo macroeconómico para una economía pequeña y abierta con una estructura temporal de tasas.

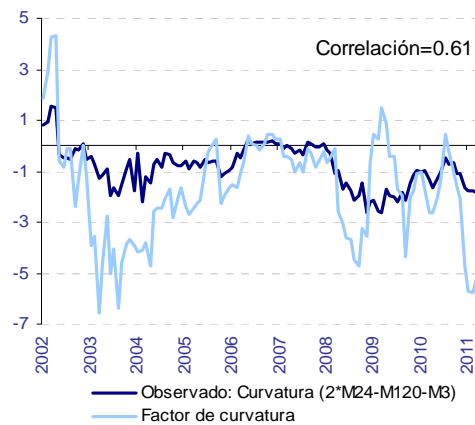
⁴ En esta nota se analiza la estructura de tasas de interés, es decir, las tasas cupón cero. No obstante, se utiliza también el término curva de rendimientos para referirse a dicha estructura.

⁵ El que exista en algunos periodos una diferencia relevante entre el factor de nivel estimado y la *proxy* del nivel observado sugiere que pueden ser relevantes por determinado periodo de tiempo otras variables económicas o financieras. En particular alguna que haya hecho que la tasa observada se mantenga más baja que el estimado.

En el caso de la curvatura, si bien el factor pronosticado es más volátil que el nivel observado (gráfica 3), la tendencia y sus puntos de giro parecen ser capturados en forma adecuada. Además, su correlación es mayor al 0.6.

El conjunto de los tres componentes de la curva -nivel, pendiente, y curvatura- junto con las variables macroeconómicas proporcionan un elevado ajuste en los bonos de distinta madurez considerados para construir la curva. Por ejemplo, en la gráfica 4 se incluye el pronóstico dentro de la muestra y el nivel observado del bono a 3 años. Se observa que los errores, son prácticamente inexistentes.

Gráfica 3
Curvatura: factor estimado y observado (puntos porcentuales)



Fuentes: BBVA Research.

Gráfica 4
Rendimiento del bono a 3 años: observado y pronóstico (%)



Fuentes: BBVA Research.

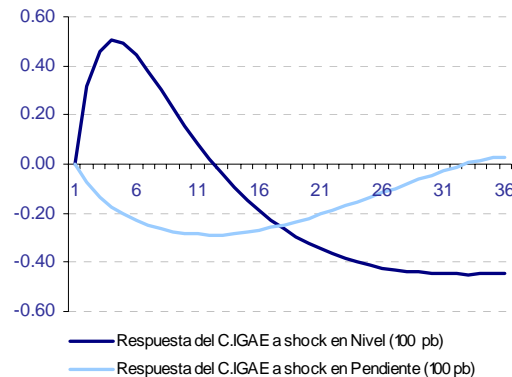
El efecto de la estructura temporal de las tasas de interés sobre las variables macroeconómicas

Se estima una reacción positiva inicial del crecimiento del IGAE al factor de nivel de la curva. No obstante, este efecto desaparece, volviéndose negativo al cabo de 12 meses aproximadamente (gráfica 5), lo cual sería coherente con el efecto bajista sobre el desempeño económico de un mayor costo de financiamiento de los agentes. Este mismo patrón de reacción positiva en el corto plazo de la actividad al aumento del nivel de tasas es encontrado en EEUU por Diebold et al (2006), algo que consideran consistente dado que el aumento del nivel es en buena medida incremento en inflación, lo que reduce la tasa real impulsando la actividad en el corto plazo. Como se observa en la gráfica 7, para la economía mexicana se observa también que el nivel de tasas nominales responde intensa y rápidamente a cambios en la inflación.

En lo que se refiere a un aumento en la pendiente de la curva (encarecimiento relativo del financiamiento a corto plazo dado que la pendiente está definida como corto menos largo plazo), ésta parece tener un impacto negativo sobre el crecimiento (gráfica 5). Esto es coherente con mayores costos de financiamiento en el corto (fondeo) y mediano plazo asociados a aumentos en la pendiente (gráfica 6). También se encuentra una reacción positiva de la tasa de fondeo a cambios en el factor de nivel de la curva. Dado que existe más de un mes entre cada reunión de política monetaria, es probable que las tasas respondan con anticipación a las acciones del banco central, algo que el mercado puede ir avanzando en función por ejemplo del comportamiento de la inflación, como se ve en la gráfica 7. Además, a medida que el Banco de México ha venido estableciendo una comunicación más eficiente y unas decisiones de postura monetaria predecibles de acuerdo a la información económica disponible, los movimientos en el mercado de bonos deben tener una mayor capacidad de incorporar anticipadamente los cambios de la postura monetaria. Finalmente, las variables macroeconómicas tienen respuestas cuantitativamente despreciables a cambios en el factor de curvatura (ver tabla 2 en el anexo).

Gráfica 5

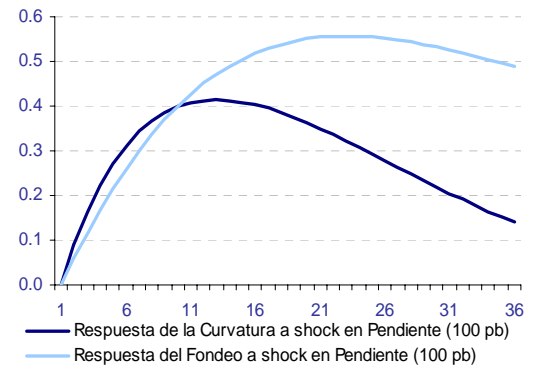
Respuesta del crecimiento del IGAE a cambio en los factores de nivel y pendiente de la curva de 100 pb



Fuentes: BBVA Research.

Gráfica 6

Respuesta del factor de curvatura y el fondeo a shock en pendiente de 100 pb



Fuentes: BBVA Research.

El efecto de las variables macroeconómicas sobre la estructura temporal de tasas de interés aproximada por los factores de nivel, pendiente y curvatura

Los resultados obtenidos muestran que la inflación tiene un efecto intenso sobre los factores de nivel y pendiente, positivo en el primero y negativo en el segundo (gráfica 7).⁶ En concordancia con este resultado, Cortes y Ramos-Francia (2008a) muestran que el nivel de las tasas está estrechamente relacionado con las expectativas de inflación.

La respuesta de los factores de nivel y pendiente a la inflación y el fondeo van en la misma dirección (gráficas 7 y 8). Es posible que esto ocurra porque el mercado tiene la expectativa de que los aumentos de inflación generalmente vienen seguidos de aumentos en la tasa de fondeo.

Además, el efecto negativo de la tasa de política monetaria en el factor de pendiente concuerda no sólo con el de Cortes y Ramos-Francia (2008a) para México sino también con Rudebusch y Wu (2004) para EEUU.

Cambios al alza en el IGAE tienen un efecto positivo, aunque muy pequeño, sobre el nivel de la curva. Lo mismo ocurre con la pendiente, por lo que la actividad parece aumentar más la parte corta que la larga.

En el caso de la curvatura, el crecimiento y la inflación tienden a reducirla (gráfica 9), mientras que el fondeo la aumenta (tabla 1 en el anexo). Es posible que esto último ocurra ante la perspectiva del mercado de que una vez que haya cambio en la tasa de política monetaria, con alta probabilidad el siguiente movimiento será en el mismo sentido.

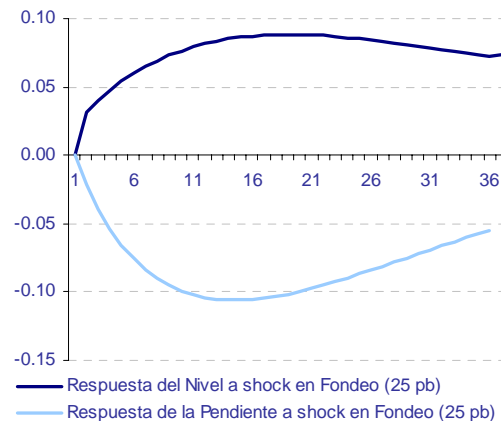
⁶ Nótese que la definición de pendiente es la contraria a la habitual, es decir, en esta modelización se considera la tasa más corta menos la más larga. Es decir, la subida de la inflación eleva el nivel de la curva y lo hace más intenso para las tasas más largas que para las más cortas.

Gráfica 7
Respuesta de los factores de nivel y pendiente a shock en inflación anual de 1 punto porcentual



Fuente: BBVA Research. La pendiente está definida como el negativo de la pendiente "tradicionalmente" definida ("largo menos corto plazo").

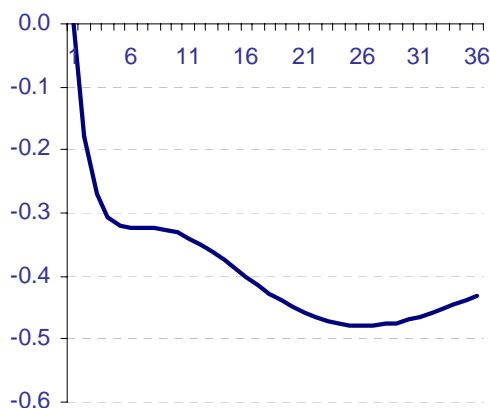
Gráfica 8
Respuesta del factor de nivel a aumento en el fondeo de 25 pb



Fuentes: BBVA Research.

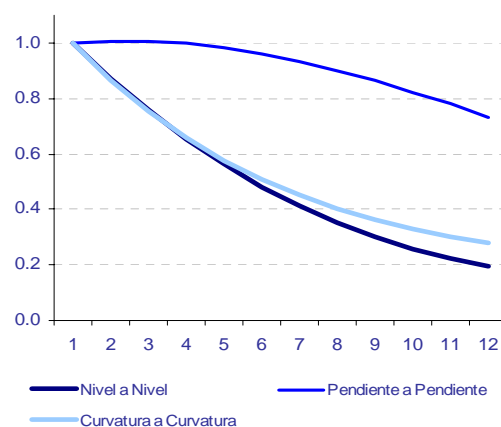
Finalmente, la alta persistencia de los factores de nivel, pendiente y curvatura modera los efectos de las variables macroeconómicas sobre la estructura temporal de tasas. La alta persistencia se observa en la gráfica 10, que muestra que un cambio en el primer período en los factores de nivel, pendiente y curvatura no acaba de disiparse incluso después de pasar 1 año. En la medida que la persistencia de estas variables se redujese, las variables macro podrían tener mayor influencia sobre las tasas.

Gráfica 9
Respuesta de la curvatura a shock en inflación de 1 punto porcentual



Fuente: BBVA Research.

Gráfica 10
Persistencia: respuesta de los factores de nivel, pendiente y curvatura a shock propio de 1 punto porcentual



Fuentes: BBVA Research.

Anexo

El período de estimación comprende datos mensuales desde septiembre de 2002 hasta diciembre de 2011. Por simplicidad se describe primero el modelo de la curva de tasas sin incluir a las variables macroeconómicas. Para posteriormente mostrar en forma sencilla cómo se incorporan estas variables al modelo. Es conveniente mencionar que el análisis se refiere a tasas cupón cero.

Representación del modelo de factores no observados sin variables macroeconómicas

El modelo de factores expresa el conjunto de la estructura temporal de tasas de interés de activos con distinta madurez en función de un pequeño grupo de factores no observados. Siguiendo la notación de Diebold et al. (2006), se define al conjunto de tasas de interés como $y(\tau)$, donde τ denota la madurez del bono. Una representación que se ha vuelto muy popular de los rendimientos es la curva de Nelson y Siegel (1987):

$$y(\tau) = \beta_1 + \beta_2 \left(\frac{1 - e^{-\lambda\tau}}{\lambda\tau} \right) + \beta_3 \left(\frac{1 - e^{-\lambda\tau}}{\lambda\tau} - e^{-\lambda\tau} \right). \tag{1}$$

Donde β_1 , β_2 , β_3 y λ son parámetros. Esta representación puede interpretarse en forma dinámica donde β_1 , β_2 y β_3 son niveles que varían en el tiempo y representan los factores de nivel, pendiente y curvatura. Así, se puede reescribir la ecuación (1) substituyendo las betas por variables que cambien en el tiempo:

$$y(\tau) = L_t + S_t \left(\frac{1 - e^{-\lambda\tau}}{\lambda\tau} \right) + C_t \left(\frac{1 - e^{-\lambda\tau}}{\lambda\tau} - e^{-\lambda\tau} \right). \tag{2}$$

Si L_t , S_t y C_t siguen un proceso de movimiento autoregresivo de orden 1, el modelo está representado por un sistema espacio-estado. La ecuación de transición, la cual representa la dinámica del vector estado está dada por:

$$\begin{pmatrix} L_t - \mu_L \\ S_t - \mu_S \\ C_t - \mu_C \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} L_{t-1} - \mu_L \\ S_{t-1} - \mu_S \\ C_{t-1} - \mu_C \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \eta_t(L) \\ \eta_t(S) \\ \eta_t(C) \end{pmatrix}. \tag{3}$$

Donde $t=1, \dots, T$. La ecuación de medida la cual relaciona el conjunto de los N tasas de interés con los tres factores no observables es:

$$\begin{pmatrix} y_t(\tau_1) \\ y_t(\tau_1) \\ \cdot \\ \cdot \\ y_t(\tau_N) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & \frac{1 - e^{-\tau_1\lambda}}{\tau_1\lambda} & \frac{1 - e^{-\tau_1\lambda}}{\tau_1\lambda} - e^{-\tau_1\lambda} \\ 1 & \frac{1 - e^{-\tau_2\lambda}}{\tau_2\lambda} & \frac{1 - e^{-\tau_2\lambda}}{\tau_2\lambda} - e^{-\tau_2\lambda} \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ 1 & \frac{1 - e^{-\tau_N\lambda}}{\tau_N\lambda} & \frac{1 - e^{-\tau_N\lambda}}{\tau_N\lambda} - e^{-\tau_N\lambda} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} L_t \\ S_t \\ C_t \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \varepsilon_t(\tau_1) \\ \varepsilon_t(\tau_2) \\ \varepsilon_t(\tau_N) \end{pmatrix}. \tag{4}$$

La notación con matrices permite escribir el sistema espacio estado como:

$$(f_t - \mu) = A(f_{t-1} - \mu) + \eta_t. \tag{5}$$

$$y_t = Af_t + \varepsilon_t. \tag{6}$$

Donde $f_t' = (L_t, S_t, C_t)$. Para obtener resultados óptimos de mínimos cuadrados lineales del filtro de Kalman, se requiere que los errores sean ruido blanco y sean ortogonales a las condiciones iniciales.

Expansión del modelo incorporando variables macroeconómicas

En este ejercicio se busca caracterizar la relación entre el nivel (L_t), la pendiente (S_t) y la curvatura (C_t), con la macroeconomía. Las variables de la economía son tres de sus indicadores clave: el crecimiento de la actividad económica ($C.IGAE_t$), la tasa de política monetaria ($Fondeo_t$), y la inflación anual ($Inflación_t$). Estas variables son consideradas ampliamente como el grupo mínimo de fundamentales para capturar la dinámica básica de la economía.

Una extensión del modelo que considera únicamente rendimientos, adiciona tres variables macroeconómicas al conjunto de variables estado. De tal forma que $f_t' = (L_t, S_t, C_t, C.IGAE_t, Fondeo_t, inflación_t)$, y las dimensiones de $A, \mu, \eta, \gamma, \Lambda, \varepsilon$, se incrementan apropiadamente.

Las tablas 1 y 2 muestran los coeficientes estimados del modelo tasas-macro.

El crecimiento del IGAE tiene un efecto más pronunciado en la parte corta de la curva. Los resultados muestran que la inflación tiene un efecto positivo, y es uno de los factores más relevante para el nivel de la curva. Se encuentra un efecto negativo de la tasa de política monetaria en el factor de pendiente. Este resultado concuerda con el de Cortes y Ramos-Francia (2008) para México y Rudebusch y Wu (2004) para EEUU.

Tabla 1

Determinantes de los factores de nivel, pendiente y curvatura de la estructura temporal de tasas de interés de los bonos gubernamentales en México

	L_t (Nivel _t)	S_t (Pendiente _t)	C_t (Curvatura _t)
L_{t-1}	0.93 (0.02)**	0.06 (0.03)**	0.03 (0.08)
S_{t-1}	-0.03 (0.02)*	0.99 (0.02)**	0.08 (0.05)
C_{t-1}	-0.03 (0.02)*	0.07 (0.02)**	0.85 (0.05)**
$CIGAE_{t-1}$	0.00 (0.01)	0.03 (0.01)**	-0.07 (0.03)**
$INFLACIÓN_{t-1}$	0.11 (0.03)**	-0.10 (0.05)**	-0.23 (0.13)*
$Fondeo_{t-1}$	0.01 (0.01)*	-0.04 (0.02)**	0.12 (0.05)**

Los errores estándar aparecen en paréntesis.

** Significativo al 5%; * Significativo al 10%.

Fuente: BBVA Research.

En el caso de la curvatura, el crecimiento y la inflación tienden a reducirla, Mientras que el fondeo la aumenta. Es posible que esto último ocurra ante la perspectiva del mercado de que una vez que haya cambio en la tasa de política monetaria, con alta probabilidad el movimiento estará seguido por otros en el mismo sentido en el mediano plazo.

Los elementos de la estructura temporal de tasas afectan a las variables macroeconómicas (tabla 2). En particular, el nivel tiene una relación inicial positiva en el crecimiento del IGAE, para en el mediano plazo revertirse. Por otra parte, se observa una relación positiva del nivel sobre el fondeo. Dado que existe más de un mes entre cada reunión de política monetaria, es probable que las tasas respondan con anticipación a las acciones del banco central. Ni el nivel ni la pendiente parecen tener efecto alguno sobre la inflación. La curvatura no tiene efecto alguno sobre las variables macroeconómicas analizadas.

Tabla 2

Determinantes de las variable macroeconómicas en México

	CIGAE _t	INFLACIÓN _t	Fondeo _t
CIGAE _{t-1}	0.68 (0.08)**	0.01 (0.01)	-0.02 (0.01)*
INFLACIÓN _{t-1}	-1.33 (0.36)**	0.95 (0.04)**	-0.08 (0.07)
Fondeo _{t-1}	0.13 (0.14)	0.01 (0.02)	0.95 (0.03)**
L _{t-1}	0.57 (0.23)**	0.02 (0.02)	0.09 (0.04)**
S _{t-1}	0.02 (0.16)	0.02 (0.02)	0.08 (0.034)**
C _{t-1}	0.02 (0.14)	0.01 (0.01)	-0.04 (0.02)

Los errores estándar aparecen en paréntesis.

** Significativo al 5%; * Significativo al 10%.

Referencias

- Diebold, F., Rudebusch, G. y Boragan, S. (2006), "The macroeconomy and the yield curve: a dynamic latent factor approach", *Journal of Econometrics* 131. 309-338.
- Nelson, C. y Siegel, A. (1987), "Parsimonious modeling of yield curves", *Journal of Business* 60, 473-489.
- Cortés, J. y Ramos-Francia, M. (2008a), "An Affine Model of the Term Structure of Interest Rates in Mexico", Banxico Working paper 2008-09.
- Cortés, J. y Ramos-Francia, M. (2008b), "A Macroeconomic Model of the Term Structure of Interest Rates in Mexico", Banxico Working paper 2008-10.
- Cortés, J. y Ramos-Francia, M. y Torres, A. (2008), "An Empirical Analysis of the Mexican Term Structure of Interest Rates", Banxico Working paper 2008-07.

Aviso legal

Este documento ha sido preparado por el Servicio de Estudios Económicos del Banco Bilbao Vizcaya Argentaria (BBVA) y del BBVA Bancomer S. A., Institución de Banca Múltiple, Grupo Financiero BBVA Bancomer en su propio nombre y se facilita exclusivamente a efectos informativos. La información, opiniones, estimaciones y previsiones contenidas en este documento hacen referencia a su fecha específica y están sujetos a cambios que pueden producirse sin previo aviso en función de las fluctuaciones del mercado. La información, opiniones, estimaciones y previsiones contenidas en este documento están basadas en la información disponible al público obtenida a partir de fuentes consideradas fiables. No obstante, dichas informaciones no han sido objeto de verificación independiente por BBVA Bancomer, por lo que no se ofrece ninguna garantía, expresa ni implícita, en cuanto a su precisión, integridad o corrección. Este documento no constituye una oferta de venta ni una incitación a adquirir o disponer de interés alguno en valores.