

# Observatorio Económico

## EEUU

Houston, 3 de mayo de 2012  
Análisis Económico

EEUU

Jason Frederick  
jason.frederick@bbvacompass.com

Jeffrey Owen Herzog  
jeff.herzog@bbvacompass.com

## Eficiencia de las previsiones de los modelos Nelson-Siegel de tres factores

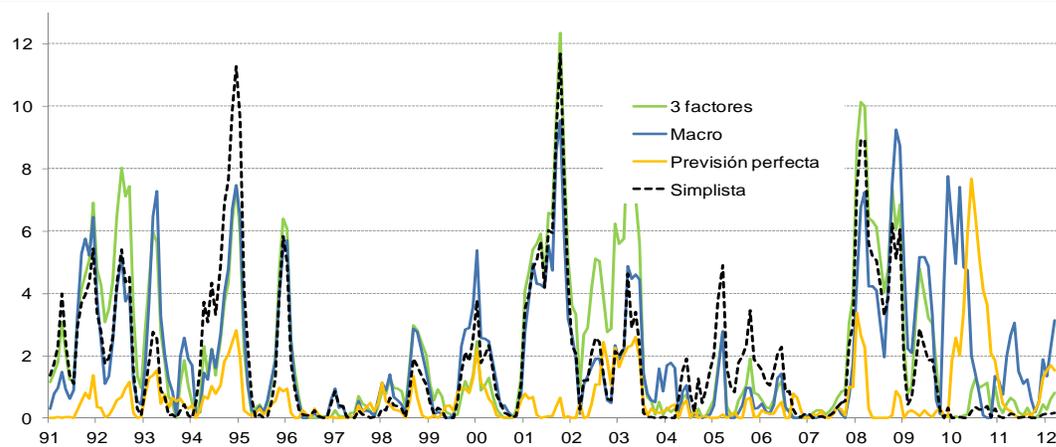
### Métodos de modelado y previsión de la estructura de plazos

- Un sencillo modelo de tres factores mejora una previsión simplista de la rentabilidad a 10 años
- La adición de variables macroeconómicas dificulta la eficiencia de las previsiones en los últimos años, lo que está muy probablemente relacionado con unas intervenciones de política monetaria sin precedentes
- El modelo de factores macroeconómicos ofrece un robusto sistema de previsión de la estructura de plazos supeditado a los escenarios económicos

La estructura de plazos de las tasas de interés representa a menudo un barómetro de las condiciones económicas. La curva de rentabilidad comprende toda la información disponible sobre el estado de la economía. La sensibilidad de los bonos a las tasas de interés, la inflación y el crecimiento representa un medio para captar el comportamiento de la curva de rentabilidad a lo largo del tiempo. Esto se debe al hecho de que los bonos podrían considerarse una clase de instrumento derivado de las tasas de interés. Aunque las tasas de interés son volátiles, sabemos que la rentabilidad de los bonos de todos los plazos están perfectamente correlacionados. También sabemos que la estructura de plazos, al igual que otros derivados, está determinada únicamente por el nivel de las tasas al contado. Además, las investigaciones previas han demostrado que hay tres componentes principales que explican la mayor parte de la variación de las rentabilidades que componen la estructura de plazos. Por consiguiente, la creación de un sistema de previsión de las tasas de interés implica captar algunos de los efectos de estos factores. La modelación de la estructura de plazos comienza con un proceso estocástico de un solo factor (por ejemplo, la tasa a corto plazo) o con procesos estocásticos de varios factores, como las tasas de interés a corto plazo y las rentabilidades de los bonos de varios plazos en cualquier momento dado. Otro de los componentes principales del esquema de modelación es incluir hipótesis sobre la existencia de arbitraje en la estructura de plazos.

Gráfica 1

**Error cuadrático medio del modelo de rentabilidad de valores del Tesoro a 10 años, 1990 hasta el presente**



Fuente: BBVA Research

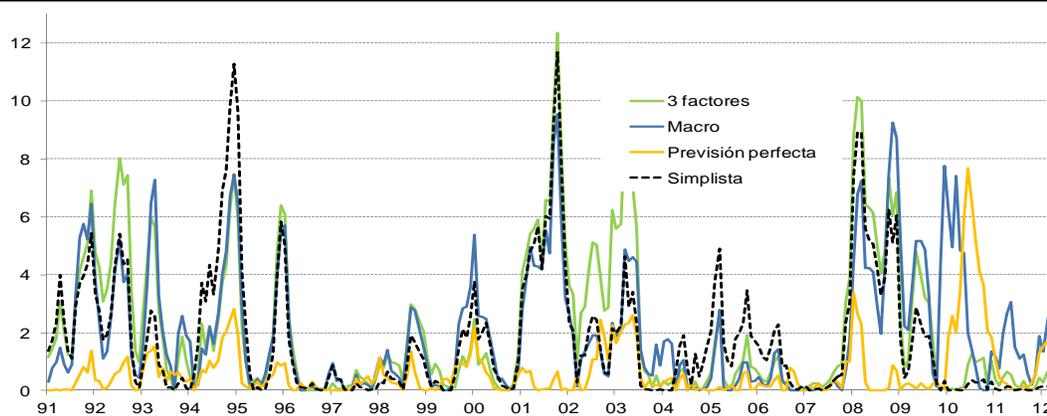
De un modo muy general, podemos dividir los modelos en dos grupos: modelos Nelson-Siegel (NS) y modelos de estructuras de plazos sin arbitraje (AF). Partiendo de la idea de que el nivel, la pendiente y la curvatura describen la estructura de plazos, los modelos NS se apoyan en un mínimo de tres factores latentes como parámetros de las funciones de aproximación matemática. Los modelos NS no dependen de la existencia de las posibilidades de arbitraje. Los modelos AF recurren intensamente a la literatura macrofinanciera y se basan en ecuaciones concretas del proceso de difusión, como el modelo Cox-Ingersoll-Ross. Estos modelos pueden depender de la ausencia de oportunidades de arbitraje y asumen que los factores no observables de la estructura de plazos siguen procesos estocásticos. Para los fines de este informe, nos centraremos en los modelos de tipo NS. La clave para el enfoque NS es la siguiente ecuación para la rentabilidad prevista en cada periodo de tiempo para todos los plazos:

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

La ecuación se especifica de modo que las rentabilidades de todos los plazos se cargan de forma idéntica en el primer parámetro y por consiguiente un incremento de este parámetro aumenta todas las rentabilidades por igual. Las tasas a corto plazo se cargan con más intensidad en el segundo parámetro que las tasas a largo plazo, y por tanto, un cambio en el segundo parámetro afecta a la pendiente. Por último, el tercer parámetro se carga con más intensidad en el medio de la curva de rentabilidad. El parámetro lambda controla tanto el ritmo de caída exponencial como los plazos en los que la carga sobre la curvatura alcanza su máximo. Cuando se introducen en un formato de espacio de estado los factores latentes podrían estar relacionados con las variables macroeconómicas. Además, puede utilizarse un procedimiento de estimación de un solo paso con las técnicas del filtro de Kalman, que proporciona estimaciones con la máxima probabilidad y factores subyacentes con un filtrado y nivelado óptimos.

Tomamos cada parte de la estructura de plazos y evaluamos la eficiencia de previsión de tres modelos de tipo NS distintos: un modelo Diebold Li (2006), un modelo Diebold Rudebusch Aruoba (DRA 2006) y lo que llamamos un modelo Diebold Rudebusch Aruoba de "previsión perfecta". La especificación de Diebold Li (DL) utiliza una especificación NS de tres factores sin variables macroeconómicas para guiar dichos factores. Nuestro modelo DRA toma el tipo NS y añade variables macroeconómicas (el IPC a/a, la tasa de los fondos federales y la producción industrial a/a) para guiar los factores. Utilizamos los datos macroeconómicos reales para estimar los factores a lo largo de un mes concreto; sin embargo, permitimos que el filtro de Kalman produzca estimaciones internas de las variables macroeconómicas sobre los distintos horizontes. Nuestro modelo de previsión perfecta (DRAPF) es la especificación DRA, pero en vez de las previsiones de las variables macroeconómicas generadas por el modelo, utilizamos los datos macroeconómicos materializados sobre el horizonte elegido para prever los factores. Esto se hace para determinar cómo funcionaría el modelo DRA si tuviera un conocimiento 100% exacto del futuro movimiento de la inflación, la Reserva Federal y la producción industrial. En lo que respecta a lambda, también permitimos que el filtro de Kalman determine el marco óptimo para este parámetro, mientras que los autores originales fijan este parámetro de antemano. La sensibilidad a lambda es un tema que exploraremos en un informe futuro.

Gráfica 2  
**Error cuadrático medio del modelo para la rentabilidad de los valores del Tesoro a 2 años, 1990 hasta el presente**



Fuente: BBVA Research

A continuación, probamos la eficiencia de previsión fuera de la muestra de estos tres métodos en distintos horizontes de previsión de 3, 6 y 12 meses y examinamos la RECM y el estadístico U de Theil. El estadístico U de Theil compara la relación de la RECM del modelo a la RECM de una previsión simplista de no cambio en la rentabilidad. Examinamos estos estadísticos en tres periodos de tiempo: de enero de 1990 a enero de 2000, de enero de 2004 a junio de 2007 y de enero de 2008 a marzo de 2012. Por ejemplo, estimamos el modelo hasta 1990 y luego, a medida que se añade cada dato, evaluamos la eficiencia de previsión que se revela. Definimos el error de previsión y el estadístico U de Theil para cada plazo como:

$$\begin{aligned} \hat{\varepsilon}_{t+h,i} &= \hat{Y}_{t+h,i} - Y_{t+h} \\ \hat{\varepsilon}_{t+h,naive} &= Y_t - Y_{t+h} \\ U_{i,naive,h} &= \frac{\sqrt{\frac{1}{T} \sum_{t=1}^T [(\hat{\varepsilon}_{t+h,i})^2]}}{\sqrt{\frac{1}{T} \sum_{t=1}^T [(\hat{\varepsilon}_{t+h,naive})^2]}}, \quad \forall i \in \{3 \text{ Factor}, \text{Macro}, \text{Perfect Foresight}\}, \\ & \quad \forall h \in \{3, 6, 12\} \end{aligned}$$

Donde  $t$  se refiere a un mes concreto,  $h$  es el horizonte elegido en el que evaluamos la eficiencia de previsión,  $Y_t$  es la rentabilidad real en un momento  $t$ , y  $Y_{t+h}$  representa la previsión de una rentabilidad en el momento  $t+h$  para el modelo  $i$ . Comenzando con la década de 1990, encontramos que el modelo de factores macroeconómicos mejoró ligeramente la previsión de la curva de rentabilidad en los horizontes de 6 y 12 meses. Sin embargo, el modelo de previsión perfecta, redujo espectacularmente los errores de previsión en los horizontes de 6 y 12 meses. Si pasamos al periodo de evaluación de 2004, tanto el modelo de tres factores como el de factores macroeconómicos mejoraron las previsiones en todos los horizontes, pero el modelo de previsión perfecta tiene dificultades en mejorar la previsión a 6 y a 12 meses vista de las rentabilidades a 7 y a 10 años. Curiosamente, solo el modelo de los tres factores presenta el mejor comportamiento para esas rentabilidades en los horizontes de 6 y 12 meses. Durante este periodo de tiempo, la pendiente de la curva de rentabilidad fue plana durante un largo periodo de tiempo y los investigadores de la Reserva Federal se preguntan si fue un "acertijo de las tasas de interés" relacionado con la caída temporal de la prima por plazo. Este dilema puede estar o no relacionado con la transferencia global simultánea de inversiones a EEUU durante el *boom* de la vivienda.

Cuadro 1  
**Estadístico U de Theil por modelo, horizonte y plazo para 1990: 1 a 2000: 1 periodo de evaluación**

Plazos (meses)	A 12 meses vista			A 6 meses vista			A 3 meses vista		
	3 factores	Macro	Previsión perfecta	3 factores	Macro	Previsión perfecta	3 factores	Macro	Previsión perfecta
3	1,19	1,08	0,33	1,32	1,12	0,57	1,64	1,29	0,93
6	1,20	1,11	0,40	1,31	1,16	0,65	1,50	1,25	0,95
12	1,07	1,03	0,45	1,07	1,07	0,71	1,05	1,06	0,96
24	1,04	1,02	0,54	1,05	1,06	0,76	1,04	1,07	0,98
36	1,03	1,00	0,58	1,03	1,04	0,77	1,03	1,06	0,96
48	1,02	1,00	0,63	1,02	1,02	0,78	1,03	1,04	0,93
60	1,01	0,99	0,67	1,02	1,01	0,78	1,02	1,03	0,91
84	1,01	0,99	0,74	1,02	1,01	0,81	1,03	1,02	0,91
120	1,01	1,00	0,82	1,03	1,02	0,86	1,04	1,04	0,94

Fuente: BBVA Research

Cuadro 2  
**Estadístico U de Theil por modelo, horizonte y plazo para 2004: 1 a 2007: 1 periodo de evaluación**

Plazo	A 12 meses vista			A 6 meses vista			A 3 meses vista		
	3 factores	Macro	Previsión perfecta	3 factores	Macro	Previsión perfecta	3 factores	Macro	Previsión perfecta
3	0,47	0,39	0,15	0,43	0,43	0,30	0,93	0,81	0,67
6	0,54	0,46	0,17	0,48	0,52	0,30	0,71	0,70	0,55
12	0,64	0,56	0,28	0,66	0,72	0,53	0,76	0,89	0,85
24	0,66	0,57	0,37	0,74	0,79	0,67	0,87	0,95	0,93
36	0,65	0,57	0,50	0,77	0,81	0,76	0,90	0,96	0,94
48	0,66	0,61	0,66	0,80	0,84	0,86	0,91	0,96	0,94
60	0,71	0,68	0,84	0,86	0,89	0,95	0,94	0,96	0,95
84	0,87	0,89	1,14	0,96	0,98	1,05	0,98	0,98	0,95
120	1,00	1,04	1,29	0,98	0,99	1,03	1,00	1,00	0,94

Fuente: BBVA Research

Cuadro 3

**Estadístico U de Theil por modelo, horizonte y plazo para 2008: 1 a 2012: 3 periodo de evaluación**

Plazo	A 12 meses vista			A 6 meses vista			A 3 meses vista		
	3 factores	Macro	Previsión perfecta	3 factores	Macro	Previsión perfecta	3 factores	Macro	Previsión perfecta
3	1,17	2,63	0,87	1,27	2,24	0,83	1,16	1,66	0,84
6	1,11	2,40	0,97	1,16	2,10	0,89	0,99	1,58	0,82
12	1,23	2,43	1,29	1,12	1,90	1,05	1,05	1,55	1,00
24	1,41	2,36	1,78	1,13	1,67	1,26	1,06	1,38	1,09
36	1,43	2,19	1,93	1,12	1,52	1,29	1,05	1,29	1,11
48	1,36	1,99	1,89	1,09	1,42	1,28	1,04	1,23	1,11
60	1,26	1,82	1,80	1,06	1,34	1,24	1,03	1,19	1,10
84	1,08	1,57	1,63	1,01	1,24	1,19	1,01	1,13	1,08
120	0,94	1,40	1,52	0,98	1,17	1,17	1,02	1,11	1,11

Fuente: BBVA Research

Con respecto al periodo de evaluación más reciente que comienza en enero de 2008, mientras que todos los modelos tropiezan con problemas para mejorar la previsión simplista de no cambio, la RECM de la previsión de rentabilidad a 10 años del modelo de los tres factores es inferior a la de la previsión simplista en los horizontes a 6 y a 12 meses vista. Parte del problema durante este periodo de tiempo es que nuestro modelo de factores macroeconómicos tiene dificultades en hacer previsiones en condiciones que se aproximan al límite cero. Por ejemplo, en 2009, el modelo predice rentabilidades negativas en el tramo corto de la curva de rentabilidad. El modelo de previsión perfecta mejora el tramo corto de la curva de rentabilidad, ya que en este modelo se conoce la trayectoria futura de la tasa de los fondos federales (y por consiguiente no es negativa).

**Conclusiones: lecciones aprendidas**

Hemos examinado la eficiencia de previsión de los modelos NS de tres factores durante distintos periodos de tiempo. Nuestro análisis confirma que estos modelos pueden captar el cambiante perfil de la curva de rentabilidad en todos los periodos de tiempo que hemos seleccionado. Medeiros y Rodríguez (2011) examinan estos mismos tipos de modelos y también determinan que los modelos DL y DRA captan bien la evolución de la curva de rentabilidad desde la crisis. Los modelos recogen la tendencia a la baja de la estructura de plazos, el aplanamiento de la pendiente y una posterior inversión de la pendiente, así como la disminución de la curvatura. Nuestros resultados, sin embargo, indican que aunque estos factores siguen comportándose tal como se esperaba, el poder de predicción de un modelo al que se han añadido los factores macroeconómicos (la tasa de los fondos federales, la inflación y la producción industrial) parece ser menos relevante en el entorno actual: basándonos en los resultados de los datos, los modelos de la estructura de plazos con variables macroeconómicas tienden a sobreestimar las rentabilidades, especialmente en el tramo largo de la curva de rentabilidad. Cabe destacar que en los últimos años se ha experimentado una intervención monetaria sin precedentes, como la flexibilización cuantitativa y otros intentos de aplanar la curva de rentabilidad. Este resultado contrasta con el buen comportamiento de estos modelos de factores macroeconómicos durante un periodo de política monetaria convencional como el periodo 1990-2000. En un informe posterior exploraremos la utilidad de los distintos factores macroeconómicos en estos tipos de modelos junto con otros métodos adicionales de previsión de la curva de rentabilidad.

**Referencias**

Diebold, F., Rudebusch, G. and Aruoba, S. (2006) "The macroeconomy and the yield curve: a dynamic latent factor approach", *Journal of Econometrics*, 131, 309-338

Diebold, F., and Li, C. (2006) "Forecasting the term structure of government bond yields," *Journal of Econometrics*, 130, 337-364

Medeiros, C., and Rodríguez, M., (2011) "The Dynamics of the Term Structure of Interest Rates in the United States in Light of the Financial Crisis of 2007-10," *International Monetary Fund WP/11/84*

**AVISO LEGAL**

Este documento ha sido preparado por el BBVA Research E.E.U.U. del Banco Bilbao Vizcaya Argentaria (BBVA) en su propio nombre y en nombre de sus filiales (cada una de ellas una compañía del Grupo BBVA) para su distribución en los Estados Unidos y en el resto del mundo, y se facilita exclusivamente a efectos informativos. En E.E. UU., BBVA desarrolla su actividad principalmente a través de su filial Compass Bank. 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 han sido recopiladas u obtenidas de fuentes públicas que la Compañía estima exactas, completas y/o correctas. Este documento no constituye una oferta de venta ni una incitación a adquirir o disponer de interés alguno en valores.