

## Recuadro 1: Pronóstico en tiempo real del crecimiento trimestral del PIB a través de técnicas de *nowcasting*

El monitoreo continuo de economías avanzadas es necesario para el Departamento de Inversiones Internacionales (DII) en la medida en que su evolución impacta los mercados financieros y, por ende, el retorno del portafolio de las reservas internacionales. Este seguimiento requiere de herramientas capaces de sintetizar los cambios en las variables agregadas para reducir la incertidumbre en entornos donde las revisiones estadísticas frecuentes y los desfases en publicaciones oficiales dificultan el diagnóstico de la coyuntura macroeconómica. La evaluación oportuna de las condiciones económicas requiere información actualizada, sin embargo, variables clave, como el producto interno bruto (PIB), suelen publicarse con rezagos significativos. Por ejemplo, el PIB de Estados Unidos se difunde treinta días después de finalizado el trimestre y en la zona del euro el rezago es incluso mayor. Este retraso limita la capacidad de un análisis oportuno, lo que ha impulsado el desarrollo de metodologías para estimar el crecimiento económico actual con datos de alta frecuencia. En ese sentido, el DII decidió incluir un enfoque que permitiera integrar en tiempo real indicadores clave que alimenten la toma de decisiones en la administración de las reservas internacionales.

Una solución ampliamente adoptada es el *nowcasting*, técnica que combina modelos estadísticos avanzados con información disponible para pronosticar variables antes de su publicación oficial. A diferencia de las técnicas tradicionales de pronóstico (*forecasting*), que estima valores para periodos futuros (como el próximo trimestre o año) con datos históricos, el *nowcasting* pronostica un dato presente con cifras parciales. La ventaja de este radica en su capacidad para actualizar las estimaciones a medida que se publican nuevos indicadores mensuales o semanales, como los indicadores de producción industrial, ventas al por menor o encuestas de confianza. No obstante, el principal desafío de esta metodología es sintetizar información de numerosos indicadores sin sobreajustar el modelo. Para esto, Giannone *et al.* (2008), quienes acuñaron el término *nowcasting*, proponen un estimador en dos etapas para identificar los choques macroeconómicos, combinando el análisis de factores dinámicos con un filtro de Kalman. La idea principal de esta metodología parte de explotar la colinealidad existente entre las series, resumiendo la mayor información posible en pocos factores. Definimos el conjunto de información como:

$$\Omega_{v_j} = \{X_{it|v_j}; t = 1, \dots, T_{iv_j}; i = 1, \dots, n\}$$

Este conjunto de información está compuesto de  $n$  variables,  $X_{it|v_j}$ , donde  $i$  identifica cada serie,  $t$  denota el tiempo en meses desde la primera observación hasta la última y  $v$  es un índice asociado con el momento de publicación de la información, el cual tiene una frecuencia mayor que  $t$ .  $T_{iv_j}$  indica el periodo más reciente para el cual la serie  $i$  en el bloque  $v_j$  tiene un valor observado. Por ejemplo, el reporte de ventas minoristas es publicado en el mes  $v$ , pero la información está disponible solo para el periodo anterior,  $T_{iv_j} = v - 1$ . Sin embargo, las encuestas manufactureras son publicadas para el mes en curso, en ese caso  $T_{iv_j} = v$ .

Como el PIB es una serie trimestral y la información que se usa en el *nowcast* es mensual, se introduce una notación adicional para trabajar con las convenciones temporales. Cada mes o trimestre tiene un número constante de días y hay  $k$  periodos. Sin embargo, las variables no necesariamente se colectan en ese intervalo, sino que se puede expresar en otra frecuencia. Por ejemplo, si tenemos que el dato de producción industrial se publica cada mes, en un modelo mensual entonces  $k = 1$ , pero en un modelo semanal  $k = 4$ . De esta manera, el PIB en un modelo mensual donde  $k = 3$  y  $t$  es un múltiplo de  $k$  que se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned} y_t^k &= Y_t^k - Y_{t-3}^k \approx (Y_t^M + Y_{t-2}^M) - (Y_{t-3}^M + Y_{t-4}^M + Y_{t-5}^M) \\ &= y_t + 2y_{t-1} + 3y_{t-2} + 2y_{t-3} + y_{t-4}, \quad t = 3, 6, 9, \dots \end{aligned}$$

La característica clave de este tipo de enfoques es que se especifica un modelo conjunto para  $Y_t^k$  y que tiene una representación en el espacio de estados, donde la ecuación de medida vincula las variables observadas con las no observadas. La estructura del modelo espacio-estado se rige por las ecuaciones de medida, la cual relaciona los datos de los estados no observados, y de transición, que describen la dinámica del sistema:

$$Y_t^k = \mu + \beta X_t + G_t$$

$$X_t = X_{t-1} + H_t, H_t \sim i.i.d N(0, \sigma_{H_t}^2)$$

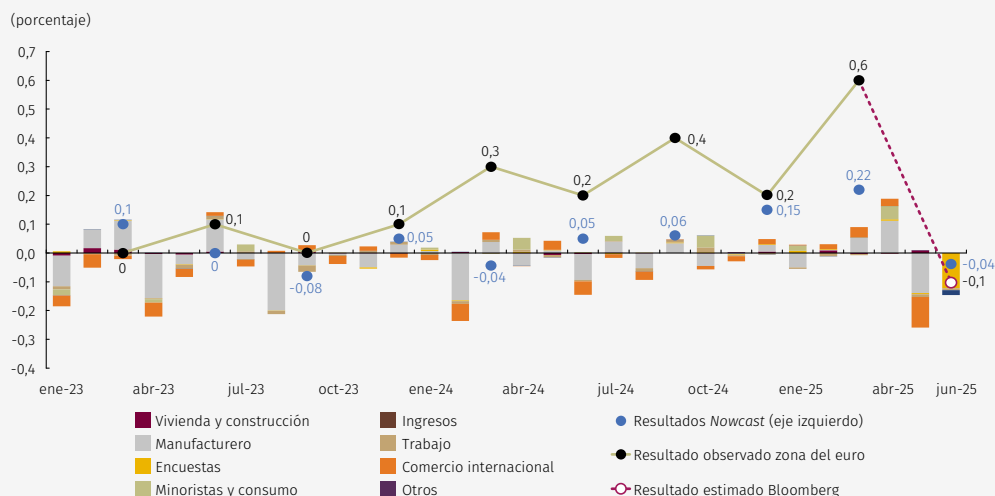
Los parámetros que se usan en esa representación de espacio-estado se estiman a través de análisis de componentes principales de un panel balanceado de  $Y_t$  para los factores estimados, el cual se obtiene solo considerando la muestra para la cual todas las observaciones están disponibles. Luego, los factores se reestiman aplicando el filtro de Kalman y el algoritmo EM. En ese sentido, los dos pasos se repiten hasta obtener la estimación de máxima verosimilitud.

Es importante destacar que el filtro de Kalman puede gestionar eficazmente cualquier observación faltante en  $Y_t^k$  y proporcionar la esperanza condicional para estas. En consecuencia, se pueden obtener fácilmente pronósticos inmediatos para la variable objetivo y para los predictores, permitiendo así incluir datos nuevos y actualizar las predicciones con los componentes innovadores llamados *news* y *revisions*. De esta manera, los datos publicados se ponderan rigurosamente y se puede evaluar el papel de las diferentes categorías de datos (encuestas, construcción, mercado laboral, entre otros) en la señalización de cambios en la actividad económica. Como resultado del ejercicio, mensualmente se obtiene un pronóstico del PIB desagregado por componentes para las economías a las que se aplicó el modelo, entre las que están Estados Unidos, Canadá, la zona del euro, Reino Unido, Australia y Nueva Zelanda.

Para evaluar la utilidad práctica del enfoque *nowcast*, se comparó la capacidad para estimar el PIB de una de las economías más relevantes en el portafolio de reservas internacionales: la zona del euro (Gráfico R1.1). Con tal objetivo se estimó un modelo de pronóstico tradicional de vectores autorregresivos (VAR) como punto de referencia para la comparación. Según esto, el modelo de pronóstico *nowcast* desarrollado muestra una mejora significativa en la precisión, con una reducción del error del 47,1% con respecto al modelo VAR tradicional en la estimación preliminar del PIB publicada por la oficina de estadística, y una reducción del 51,8% en comparación con los datos finales de este indicador entre el primer trimestre de 2023 y el segundo trimestre de 2025. Estos resultados evidencian un progreso relevante en la capacidad de anticipar el desempeño económico de una economía compleja.

Además, la implementación del modelo de pronóstico con *nowcasting* ofrece ventajas prácticas que van desde la integración automática de decenas de variables macroeconómicas mediante algoritmos de filtrado hasta la posibilidad de trabajar con datos faltantes en las series históricas sin comprometer la robustez de la estimación, caso contrario de diferentes modelos de pronóstico tradicionales. Adicionalmente, el modelo permite procesar la información sobre la actividad económica como la reciben los agentes de mercado (en tiempo real), pues se monitorean las publicaciones de datos, se forman expectativas y, finalmente, se revisan las proyecciones a partir de novedades importantes en las cifras. De tal forma, el resultado se torna más preciso a medida que avanza el trimestre, lo que posibilita evaluar la dirección del crecimiento antes de que la oficina de estadística oficial difunda los resultados. Finalmente, la descomposición del pronóstico por sectores permite evaluar la contribución de cada área de la economía al producto agregado e identificar segmentos vulnerables para la toma informada de decisiones de inversión.

**Gráfico R1.1**  
Zona del euro



Fuente: cálculos del Banco de la República.