

NOWCASTING: MODELOS DE FACTORES DINÁMICOS Y ECUACIONES PUENTE PARA LA PROYECCIÓN DEL PIB DEL ECUADOR

Felix Francisco Casares¹

Resumen

Fecha de Recepción: 13 de Junio del 2017 – Fecha de aprobación: 28 de Julio del 2017

El rumbo que puede tomar la actividad económica es de vital importancia tanto para hacedores de política económica como para los agentes privados, sin embargo, la publicación de los principales indicadores macroeconómicos como el PIB, generalmente presentan rezagos de hasta 90 días a partir de la finalización de un trimestre. Este trabajo constituye una aproximación a la proyección de la tasa de crecimiento anual del PIB Real del Ecuador utilizando los modelos de factores dinámicos y ecuaciones puente, desarrollando un ejercicio de nowcasting que produce estimaciones consistentes a través del Análisis de Componentes Principales y el filtro de Kalman, generando proyecciones con 50 días de anticipación respecto a la publicación oficial. La evaluación de los modelos fue realizada bajo el enfoque de ventanas movibles, expandibles, nowcast y el contraste Diebold-Mariano, y sugieren que el modelo que proporciona pronósticos más precisos es aquel que incorpora en la ecuación puente solamente los factores extraídos en el modelo de factores dinámicos.

Palabras clave: Factores Dinámicos, Ecuación Puente, Nowcasting, proyección del PIB trimestral

Autor por correspondencia

Email:

¹ fcasares@espol.edu.ec (Felix Francisco Casares), Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador.

NOWCASTING: DYNAMIC FACTOR MODELS AND BRIDGE EQUATION TO FORECAST GDP OF ECUADOR

Abstract

The direction in which economic activity can take is vital both for policy makers and private agents, however, the publication of the main macroeconomic indicators such as GDP, usually lags for up to 90 days from the end of a quarter. This work is an approximation to the projection of the rate of annual growth of the Real GDP of Ecuador using dynamic factor models and bridge equations, developing a nowcasting exercising that produces consistent estimates through the Principal Component Analysis and the Kalman filter, generating projections 50 days before the official publication. The evaluation of the models was performed under the approach of rolling windows, expanding windows, nowcast and Diebold-Mariano test, and it suggests that the model that provides more accurate forecasts is one that incorporates in the bridge equation, only the factors extracted in the dynamic factor model.

Keywords: *Dynamic Factors, Bridge Equation, Nowcasting, Forecasting Quarterly GDP*

1. Introducción

El Producto Interno Bruto es el principal indicador macroeconómico que dicta el curso de la economía de un país. A través de su comportamiento y entre otros factores, los agentes toman decisiones de mediano o largo plazo. La publicación del PIB la realiza el Banco Central del Ecuador generalmente con un retraso de 90 días a partir de la finalización de cada trimestre, lo que constituye un problema para los hacedores de política económica y para el sector privado. En ese sentido, resulta importante realizar un diagnóstico de la economía sobre la marcha, lo que en inglés se lo considera como un *nowcasting*, siendo esto una combinación entre el presente *now* y el futuro *forecasting* (Banbura, Giannone, Modugno y Reichlin, 2013).

Lo que busca el *nowcasting* básicamente es aprovechar la publicación periódica de otros indicadores macroeconómicos que generalmente en Ecuador, se realizan de manera mensual y otros con frecuencia trimestral; la idea es utilizar dicha información generada con una frecuencia más alta, para aproximar el cálculo del PIB a través de diversas metodologías como las ecuaciones puente, modelos de factores dinámicos, vectores autorregresivos, entre otras. Dichas estimaciones se realizan de forma recursiva a partir del siguiente mes del trimestre finalizado y publicado; se incorpora mes a mes la nueva información disponible de los indicadores macroeconómicos hasta el tercer mes del trimestre a publicar, brindando una aproximación al valor real del PIB para dicho trimestre por lo menos con 50 días de anticipación según la publicación de los indicadores.

En este trabajo se proponen dos modelos *nowcasting* que permiten generar pronósticos de la tasa de variación anual del PIB trimestral con una anticipación de 50 días aproximadamente. Entre los indicadores macroeconómicos que se utilizaron se encuentran: exportaciones, importaciones, consumo de energía eléctrica, depósitos a la vista, cuasidinero, liquidez total, gasto público entre otros. Las publicaciones se las realizan los primeros 10 días de cada mes, con un rezago de los valores publicados de dos meses aproximadamente, es decir, si la publicación de los indicadores mensuales se realiza un 10 de abril, dicha publicación tendrá cifras hasta febrero, por lo que la publicación del 10 de mayo tendrá información hasta marzo; tercer mes del trimestre a publicar. Sin embargo, pueden existir casos en donde la publicación de ciertos indicadores se retrase, acudiendo a la proyección de los mismos mediante modelos de series temporales para trabajar con información completa.

Entre las principales técnicas para realizar *nowcasting* se encuentran las ecuaciones puente, las cuales producen pronósticos del PIB usando variables de menor frecuencia. Estas variables generalmente son trimestralizadas o se toma el tercer mes del trimestre a proyectar. Entre las primeras publicaciones que hacen referencia a este método se encuentra el trabajo de Baffigi, Golinelli y Paragi (2004) quienes pronostican el PIB de la zona euro y ponen a prueba la capacidad predictiva de las ecuaciones puente versus otros modelos como los Autorregresivos, VAR, y un modelo estructural, concluyendo que las ecuaciones puente, en general, tienen una capacidad predictiva superior. Otros estudios como el de Rünstler y Sédillot (2003) y el de Cobb et.al. (2011) muestran el poder predictivo de las ecuaciones puente para pronosticar el PIB de la zona euro y de Chile respectivamente, con resultados satisfactorios comparándolos con otros modelos como los ARIMA, SARIMA, entre otros.

Si bien es cierto las ecuaciones puente han sido la principal herramienta para realizar proyecciones del PIB por parte de los Bancos Centrales, el número de variables y la naturaleza de las variables que intentan explicar el PIB podrían ser un problema, puesto que, o no se tiene información completa, o no se pueden incorporar todas las posibles variables que expliquen los niveles de producción. En ese sentido, las técnicas de estadística multivariante como el Análisis de Componentes Principales contribuyen en la labor predictiva, puesto que permiten incorporar

una gran cantidad de predictores, los cuales son reducidos a un número menor de componentes o factores no correlacionados que contienen gran parte de la varianza del conjunto de variables utilizadas. Stock y Watson (2002) prueban que los pronósticos generados utilizando esta técnica no solo son asintóticamente eficientes, también son consistentes incluso en presencia de variaciones en el tiempo al momento de estimar los factores.

Lo anteriormente mencionado podría ser una ventaja respecto a otras técnicas, sin embargo, el análisis de componentes principales no explota ciertas características probables del proceso generador de datos, tales como la posible dinámica de los factores o la heterocedasticidad transversal de los componentes ideosincráticos (Doz, Giannone, & Reichlin, 2011). De esta manera, los modelos de factores dinámicos explotan dicha dinámica inobservable en los componentes principales, proporcionando proyecciones mucho más precisas a través de la utilización del filtro de Kalman. Trabajos como los de Giannone, Reichlin y Small (2008) demuestran que los pronósticos generados para la tasa de crecimiento del PIB utilizando los modelos de factores dinámicos son mucho más precisos que la Encuesta de Expectativas (SPF) del Banco de la Reserva Federal de Filadelfia. Camacho y Perez-Quiros (2010) utilizan modelos de factores dinámicos para la predicción en tiempo real de la tasa de crecimiento del PIB de la zona euro y concluyen que estos modelos, probablemente sean los más adecuados para combinar ciertas características del ciclo económico como conmovimientos, recesiones y expansiones.

En general, los modelos de factores dinámicos han demostrado ser una técnica que proporciona proyecciones consistentes del PIB en conjunto con las ecuaciones puente, aprovechando la gran cantidad de información macroeconómica, encontrando a través de éstas, factores inobservables, agrupándolas en un número de factores mucho menor que el número de variables disponibles.

Este trabajo constituye un esfuerzo por brindar una herramienta que proporcione estimaciones tempranas de la actividad económica para la toma de decisiones del sector público y privado.

2. Modelos

El uso de los modelos factoriales dinámicos inicia con el trabajo de Giannone, Reichlin, y Small (2008) para la proyección en tiempo real del Producto Interno Bruto de Estados Unidos donde se consideran cerca de 200 indicadores macroeconómicos con distintas frecuencias de publicación, los cuales son utilizados para encontrar factores inobservables que expliquen el comportamiento futuro del PIB, incorporando recursivamente dichos indicadores hasta la publicación efectiva de la cifra oficial. La información que proporcionan las instituciones públicas respecto a los indicadores macroeconómicos del Ecuador, toma relevancia puesto que algunos de estos podrían explicar la tasa de crecimiento del PIB real.

Partiendo de aquello, el conjunto de indicadores macroeconómicos podría estar definido de la siguiente manera:

$$X_t = \Lambda f_t + \xi_t \quad \xi_t \sim N(0, R) \quad (1)$$

$$f_t = \sum_{i=1}^p A f_{t-i} + u_t \quad u_t \sim N(0, Q) \quad (2)$$

Siendo X_t la matriz de los datos observables o los indicadores macroeconómicos mensuales, donde $X_t = (x_{1t}, \dots, x_{nt})'$ es un proceso estacionario de dimensión $(n \times 1)$; por otro lado X_t es estandarizada con media cero, varianza uno para el cálculo de las componentes principales y se asume que $\xi_t = (\xi_{1t}, \dots, \xi_{nt})'$ es ruido blanco con una matriz de covarianzas diagonal R .

La matriz Λ de dimensión $(n \times r)$ denota las cargas factoriales o ponderadores que son calculados a partir de los factores latentes $f_t = (f_{1t}, \dots, f_{rt})'$. Asimismo, la ecuación (2) denota los posibles rezagos a incorporar para el cálculo de los factores latentes, mientras que la matriz A es una matriz $(r \times r)$ de parámetros donde f_t es un proceso estocástico estacionario en covarianza y puede ser calculado a través de un proceso autorregresivo de orden p .

Asumiendo que $A(L)f_t = u_t$, donde $u_t \sim N(0, Q)$, y $A(L)$ es el rezago polinomial; asimismo, expandiendo a la forma generalizada de la ecuación (2), se tiene:

$$f_t = A_1 f_{t-1} + \dots + A_p f_{t-p} + u_t \quad (3)$$

Suponiendo que existen r factores, entonces f_t y u_t son procesos r -variados. Si f_t es observable, es sencillo estimar la matriz A dada como $\{A_1 + \dots + A_p\}$ mediante Mínimos Cuadrados Ordinarios a través de un modelo VAR(p)

Al expresar la matriz A en términos autorregresivos, se puede llevar a la forma de espacio de estado, y la ecuación (3) puede ser replanteada de la siguiente manera:

$$\begin{pmatrix} f_{1,t} \\ f_{2,t} \\ \dots \\ f_{r,t} \\ f_{1,t-1} \\ \dots \\ f_{r,t-p+1} \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} A_1 & \dots & \dots & A_p \\ I_r & 0 & 0 & \dots \\ \dots & 0 & I_r & 0 \end{bmatrix} \begin{pmatrix} f_{1,t-1} \\ f_{2,t-1} \\ \dots \\ f_{r,t-1} \\ f_{1,t-2} \\ \dots \\ f_{r,t-p+1} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} u_t \\ \dots \\ u_{r,t} \\ 0 \\ \dots \\ 0 \end{pmatrix} \quad (4)$$

y la ecuación de medición viene dada de la siguiente manera:

$$X_t = [\Lambda \quad 0_{n \times r} \quad \dots \quad 0_{n \times r}] \begin{pmatrix} f_{1,t} \\ f_{2,t} \\ \dots \\ f_{r,t} \\ f_{1,t-1} \\ \dots \\ f_{r,t-p+1} \end{pmatrix} + \varepsilon_t \quad (5)$$

Donde $0_{n \times r}$ es una matriz de ceros con n filas y r columnas. Finalmente, el componente idiosincrático y los factores no deben de estar correlacionados.

Nótese que los pasos de la metodología de los factores dinámicos, se pueden resumir de la siguiente manera:

- A través de la matriz X_t que recoge los agregados macroeconómicos, se calculan los factores estáticos mediante el Análisis de Componentes Principales, donde las variables que contiene X_t deben ser estacionarias y luego normalizarlas para la extracción de los componentes.

- En el segundo paso, los factores son re-estimados a través de la representación espacio de estado de (3), donde dichas estimaciones, según lo demuestran Doz et. al (2011) serán estimadas consistentemente mediante el filtro de Kalman, incluso si las proyecciones no fueron computadas bajo una correcta especificación, ya que de antemano se conocen las cargas factoriales a través de las componentes principales.

Una vez obtenidos los factores, se los puede incorporar en un modelo de regresión que explique la tasa de crecimiento anual del PIB trimestral de la siguiente manera:

$$Pib_t^q = \beta_0 + \beta_1 f_1 + \beta_2 f_2 + u_t \quad (6)$$

Siendo la ecuación (6) una especie de combinación entre las ecuaciones puente y el modelo factorial conocida como "*bridging with factors*".

En general, las ecuaciones puente se definen como una regresión múltiple que intenta explicar el PIB en función de varias variables agregadas temporalmente, con el propósito de ser comparables con la frecuencia de la variable en estudio; dicha agregación temporal podría estar definida de la siguiente manera:

$$X_t = x_{i,t} + x_{i,t-1} + x_{i,t-2} \quad (7)$$

Para aquellas variables que son de tipo flujo.

Mientras que para las variables que son de tipo stock, podría utilizarse el tercer mes de cada trimestre o un dato más suavizado, como lo realizan Modugno, Soybilgen y Yazgan (2016) y en D'Amato, Garegnani, & Blanco (2015) que podría venir a partir de la expresión (6).

$$X_t = \frac{1}{3} (x_{i,t} + x_{i,t-1} + x_{i,t-2}) \quad (8)$$

Donde finalmente, dichas variables serán incorporadas en un modelo de regresión múltiple que permite rezagos tanto de la variable dependiente como las independientes y que los valores de dichas variables son recursivamente sustituidos por la nueva información disponible, hasta la publicación oficial del PIB trimestral, por lo que a medida que se van incorporando los datos actualizados, la varianza del error de estimación disminuye.

3. Modelamiento

3.1. Datos

Debido a que el PIB del Ecuador se encuentra expresado en una frecuencia trimestral, mientras que la mayoría de indicadores se encuentran expresados en una frecuencia mensual, se agregaron los datos mensuales para llevarlos a la frecuencia de estudio. Se consideró para la agregación de las variables la trimestralización mediante la suma o el promedio según el tipo de indicador, es decir, si es de flujo o es de stock. Luego de agregar temporalmente las variables, se las expresó en términos de tasas de crecimiento interanual (t-4), para poder compararlas con la tasa de crecimiento del PIB interanual e identificar posibles con movimientos, siendo el criterio de selección, aquellas variables que poseen un coeficiente correlación superior a 0.5.

Para aquellas variables que fueron seleccionadas y que no presentaban información, como el caso del gasto total del sector público no financiero, se optó por completar estos casos utilizando el modelador del TRAMO SEATS, que además de detectar los valores atípicos o

faltantes y los corregirlos dentro de la misma serie, también genera pronósticos a partir del mejor modelo ARIMA o SARIMA seleccionado por la metodología.

Este modelamiento es necesario realizarlo puesto que para este ejercicio se utilizó información completa, la cual es insumo del modelo factorial de dos pasos, siendo el primero, el cálculo de los componentes principales. Por otro lado, se probaron otros modelos adicionales para completar las series y proyectarlas, sin cambios importantes en los modelos finales. Asimismo, la metodología de los modelos de factores dinámicos requiere que las variables sean estacionarias, por tanto, se evaluó la estacionariedad de las variables agregadas y expresadas en frecuencia trimestral. En aquellos casos donde no se podía concluir sobre la hipótesis de raíz unitaria, se evaluaron dichas series con el test raíz unitaria considerando quiebre estructural (Zivot & Andrews, 1992) proporcionando resultados satisfactorios.

Cabe mencionar que las series no fueron desestacionalizadas para evitar que las pruebas de raíz unitarias resulten sesgadas (Maddala & Kim, 1998); la agregación temporal expresada en tasas de crecimiento interanual centra las series, por lo que se utilizó el test de quiebre estructural anteriormente mencionado para asegurar integralmente la estacionariedad de las variables utilizadas en este trabajo.

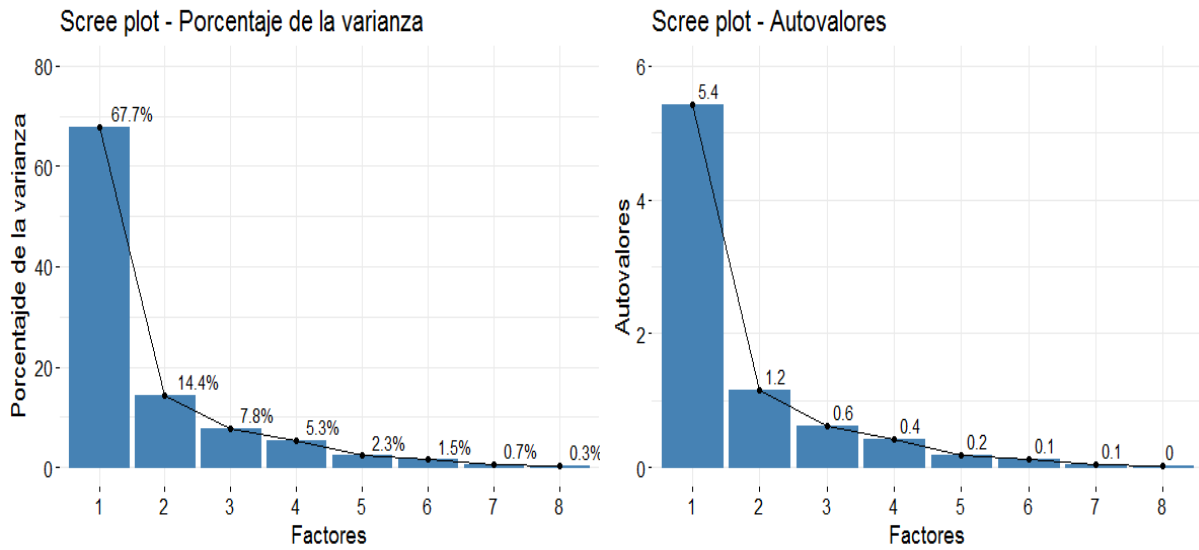
Así, de un conjunto de 26 indicadores macroeconómicos con frecuencia mensual, se consideraron 8 para el análisis de componentes principales y demás procesos que se describen a continuación.

3.2. Modelo de Factores y Ecuación Puente

Para estimar el modelo de factores dinámicos se aplicó la técnica de componentes principales sobre el conjunto de indicadores expresados en tasas de crecimiento interanual cuya correlación con respecto a la tasa de crecimiento interanual del PIB trimestral sea mayor a 0.5. La idea detrás del análisis de componentes principales se centra en reducir un gran número de variables en ciertos componentes que pueden explicar un porcentaje de toda la variabilidad de las series en estudio, en otras palabras, se trata de una técnica de reducción de la información sin perder variabilidad.

De acuerdo con el gráfico de sedimentación (Figura 1), 2 factores logran explicar el 82.08% del total de la variabilidad del conjunto de variables, con autovalores mayores a 1, por lo que dicho criterio permite incorporar en los modelos hasta 2 factores.

Figura 1: Gráfico de sedimentación



Elaboración: Autor

Para poder identificar en qué factor o componente se encuentran agrupadas las variables, se procedió a rotar los componentes mediante el método Varimax, donde 7 de las variables se encuentran agrupadas en el primer factor y solo consumo de energía se encuentra en el segundo factor.

Siguiendo la metodología de Doz, Giannone & Reichlin (2011) mediante la estimación de factores dinámicos en dos pasos, es necesario incorporar un número menor o igual de factores dinámicos (q) extraídos en la etapa de componentes principales (r), por lo que se realizaron las estimaciones con un solo factor dinámico por principio de parsimonia.

El primer paso de la estimación que proponen Doz, Giannone & Reichlin (2011) una vez obtenidos los componentes principales, consiste en utilizar esos componentes en un sistema VAR para estimar los factores dinámicos mediante MCO; una vez estimados los parámetros dinámicos, el segundo paso consiste en la re-estimación de dichos parámetros utilizando el filtro de Kalman, que además de mejorar la precisión de los pronósticos, devuelve estimaciones menos sensibles a quiebres estructurales.

Siendo las ecuaciones puente una de las metodologías más antiguas y usadas para realizar *nowcast*, se construyó un modelo mixto donde la agregación temporal no se realiza en los factores sino en las variables y a partir de estas, se obtienen los factores que serán utilizados en un modelo de regresión múltiple estimado a través de MCO² y en un modelo ARIMAX que considera a los factores como variables exógenas.

De esta forma, los dos modelos utilizados tienen la estructura de la ecuación (6):

$$Pib_t^q = \beta_0 + \beta_1 f_1 + \beta_2 f_2 + u_t$$

² Se utilizó el método Newey y West (1987) para corregir los errores estándar de la autocorrelación y la heterocedasticidad, sin afectar los coeficientes originales estimados mediante MCO.

donde f_1, f_2 son los factores calculados a través del modelo de factores dinámicos, mientras que

$$\phi(L)Pib_t^q = \theta(L)\varepsilon_t + \psi f_t^q \quad (9)$$

Donde (9) representa el modelo ARIMAX con L rezagos para los procesos, y sin rezagos en los factores; por otro lado, Pib_t^q se encuentra expresado en tasa de crecimiento t-4 al igual que todas las variables utilizadas en esta investigación. Cabe mencionar que los factores incorporados en ambas ecuaciones son estacionarios, y los residuos son ruido blanco.

3.3. Validación de los modelos

Para la validación de los modelos construidos mediante la metodología de los factores dinámicos se utilizaron los siguientes criterios:

- Ventana móvil (*rolling window*) que considera el comportamiento de los modelos dentro de la muestra partiendo del 2001-I hasta 2008-VI, moviendo la estimación un periodo hacia adelante en cada estimación y proyectando un periodo fuera de la muestra, resultando la última estimación el periodo 2009-I hasta 2016-IV con la proyección para el 2017-I
- Ventana expandible (*expand window*) que considera el comportamiento de los modelos dentro de la muestra partiendo del 2001-I hasta 2008-VI, incorporando el siguiente trimestre en cada estimación y realizando la respectiva proyección un trimestre hacia adelante, siendo la última estimación con el periodo 2001-I hasta 2016-IV con una proyección para el siguiente trimestre correspondiente a 2017-I

A partir de las ventanas expandibles, se capturaron los principales indicadores de predictibilidad para analizar la capacidad predictiva de los modelos (*forecasting*). Cabe mencionar que las ventanas se rotaron 32 veces hasta realizar la proyección fuera de la muestra concerniente al 2017-I.

Por otro lado, se consideró una ventana temporal de 32 trimestres para evaluar las ventanas móviles y expandibles, debido a que con este horizonte, se recoge efectivamente los posibles quiebres en la tasa de crecimiento del PIB a consecuencia de los ciclos económicos.

Asimismo, se realizó la evaluación del pronóstico en tiempo real (*nowcasting*) de los modelos, utilizando el periodo 2001-I hasta 2016-III; luego se calcularon los factores incorporando la nueva información mensual proporcionada por el Banco Central y una vez obtenido los factores, se estimaron los modelos para proyectar el 2016-IV. Siendo el segundo mes del cuarto trimestre del 2016, se incorporó la nueva información, la cual fue tratada con los procedimientos anteriormente expuestos para extraer los factores actualizados para proyectar nuevamente el 2016-IV. Siendo el tercer mes del cuarto trimestre del 2016, se incorporó la nueva información para extraer los factores actualizados, para proyectar con cifras definitivas el 2016-IV.

Este procedimiento fue repetido para el 2017-I. Una vez conocido el resultado publicado por el Banco Central para el PIB del 2016-IV, pero considerando las cifras mes a mes hasta el tercer mes del 2017, de tal manera que con la nueva información, se proyectó el primer trimestre del 2017, con aproximadamente 50 días de anticipación a la publicación del Banco Central del Ecuador, planificada para el 30 de Junio del 2017 correspondiente al PIB del primer trimestre del 2017.

4. Resultados

En esta sección, se presentan los resultados tanto de la evaluación de los modelos dentro de la muestra y fuera de la muestra, como la capacidad de los modelos para acercarse al valor real del PIB del Ecuador, a medida que se publican las cifras mensuales.

Las estimaciones con las ventanas móviles y expandibles (Tabla 1) muestran que el modelo que proporciona mejores indicadores de predictibilidad es el modelo que considera los factores y los procesos ARIMA. También se analizó el comportamiento de los indicadores a través del tiempo, donde se encontró que el RMSE y el BIAS decrecen más rápido en el modelo de ecuación puente que considera como predictores a los factores y los procesos ARIMA.

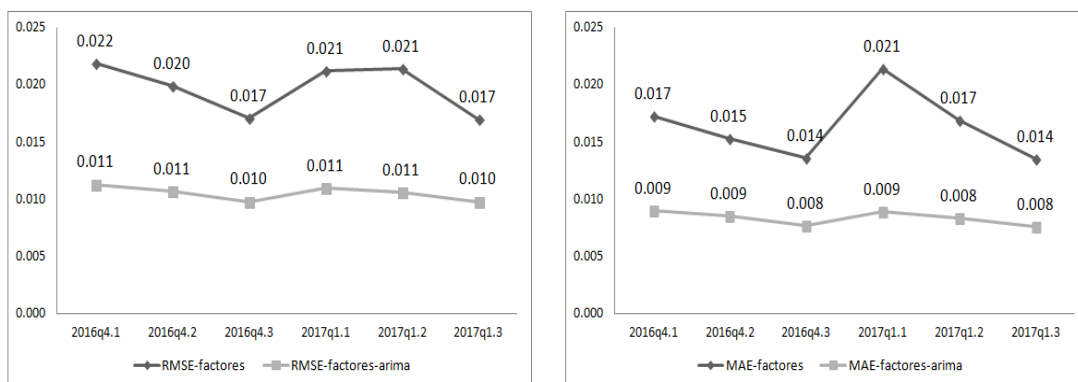
Tabla 1: Análisis del error de pronóstico con ventanas móviles y expandibles

CRITERIO	Ventana móvil		Ventana expandible	
	Puente-factores	Puente-factores-arima	Puente-factores	Puente-factores-arima
RMSE	0.01662	0.00938	0.01809	0.01051
MAE	0.01333	0.00744	0.01447	0.00808
THEIL	0.16657	0.09340	0.18128	0.10437
BIAS	0.01661	0.00332	0.01118	0.00443

Elaboración: Propia

Para la evaluación del *nowcasting*, se realizó la estimación mensual de los factores, para el primer mes del cuarto trimestre del 2016 para proyectar el PIB de dicho trimestre, luego se estimó considerando los dos primeros meses del cuarto trimestre del 2016 y se realizó la proyección del PIB; finalmente, se incorporó el último mes del cuarto trimestre para proyectar el PIB del 2016 y en cada punto proyectado, se capturó los criterios de predictibilidad y se evaluó el valor proyectado con las ecuaciones puente y el modelo que combina los factores y los procesos ARIMA. Este procedimiento se repitió para el primer trimestre del 2017 hasta proyectar el PIB para dicho trimestre.

Figura 2: Comportamiento de los criterios de predictibilidad frente al *Nowcast*



Elaboración: Autor

Del ejercicio *nowcast* se puede apreciar que a medida que los factores se van actualizando, los criterios de predictibilidad RMSE y MAE tienden a decrecer; comportamiento que era de esperarse debido a que a medida que se tiene más información, las estimaciones se vuelven más precisas, sin embargo, se aprecia que los criterios de predictibilidad decrecen más rápido en el modelo que considera solo a los factores como predictores.

Para el *nowcast* del modelo de ecuación puente con factores, el valor proyectado del PIB para el cuarto trimestre del 2016 después de ser actualizado con la información más disponible resultó de 0.0165, mientras que para el modelo cuya ecuación considera los factores y los procesos ARIMA, el valor proyectado luego de la actualización de la información resultó ser de 0.0193, por lo que podría considerarse que el modelo de ecuación puente con factores proporcionó una estimación mucho más precisa en detrimento al modelo que incorpora una dinámica adicional con los procesos ARIMA, siendo el valor real de la tasas de crecimiento anual del PIB Real trimestral publicado por el Banco Central de 0.015.

Para llevar a cabo una comparación más robusta de la capacidad predictiva de los modelos, se utilizó la prueba Diebold-Mariano a través de la modificación propuesta por Harvey, Leybourne y Newbold (1997), tanto para el tamaño muestral completo como para la última ventana móvil con periodo 2009-I hasta 2016-IV con resultados estadísticamente significativos, esto quiere decir que la hipótesis nula que sugiere que ambos modelos tienen la misma precisión para las proyecciones, debe ser rechazada.

Tabla 2: Prueba Diebold- Mariano

Periodo	DM	LFP	P-value
2001q1-2016q4	3.66460	2	0.0005
2009q1-2016q4	2.78160	2	0.0091

Elaboración: Autor

Para validar estos resultados, se utilizó la misma prueba pero estableciendo la hipótesis alternativa que el modelo que considera solo a los factores como predictores tiene una mayor precisión en la predicción, rechazando la hipótesis de igualdad a favor de la alternativa; evidencia que sugiere que dicho modelo es más preciso pronosticando versus el que incorpora una dinámica adicional.

5. Conclusiones

La propuesta planteada en este trabajo consiste en utilizar los modelos de factores dinámicos y combinarlos a través de las ecuaciones puente para obtener pronósticos más precisos del PIB, con un ejercicio *nowcast*, el cual aprovecha la información que se va publicando mensualmente por parte del Banco Central del Ecuador y permite incorporar dicha información en los modelos para obtener la proyección de la tasa de crecimiento del PIB Trimestral con 50 días de anticipación, hasta que la publicación de la cifra oficial se efectúe.

En ese sentido, los resultados sugieren que la ecuación puente que incorpora los factores y los procesos ARIMA a través del procedimiento de dos pasos, generaron criterios de

predictibilidad más pequeños, sin embargo, en el ejercicio *nowcast* se evidenció que dichos criterios decrecen más rápido en el modelo que solo considera a los factores como predictores, incluso se generó un pronóstico mucho más cercano al valor real de la tasa de crecimiento del PIB trimestral.

Para apoyar esta conclusión, se utilizó la prueba Diebold-Mariano con resultados a favor del modelo que solo considera a los factores como predictores, comprobando el ejercicio *nowcast* y la proyección realizada dentro de la muestra y fuera de la muestra.

Dado que la publicación de las cuentas nacionales generalmente se da hasta con 90 días de retraso una vez finalizado el trimestre corriente, el *nowcasting* podría ser una solución a dicho problema para que los agentes públicos y privados tomen decisiones por lo menos con 50 días de anticipación.

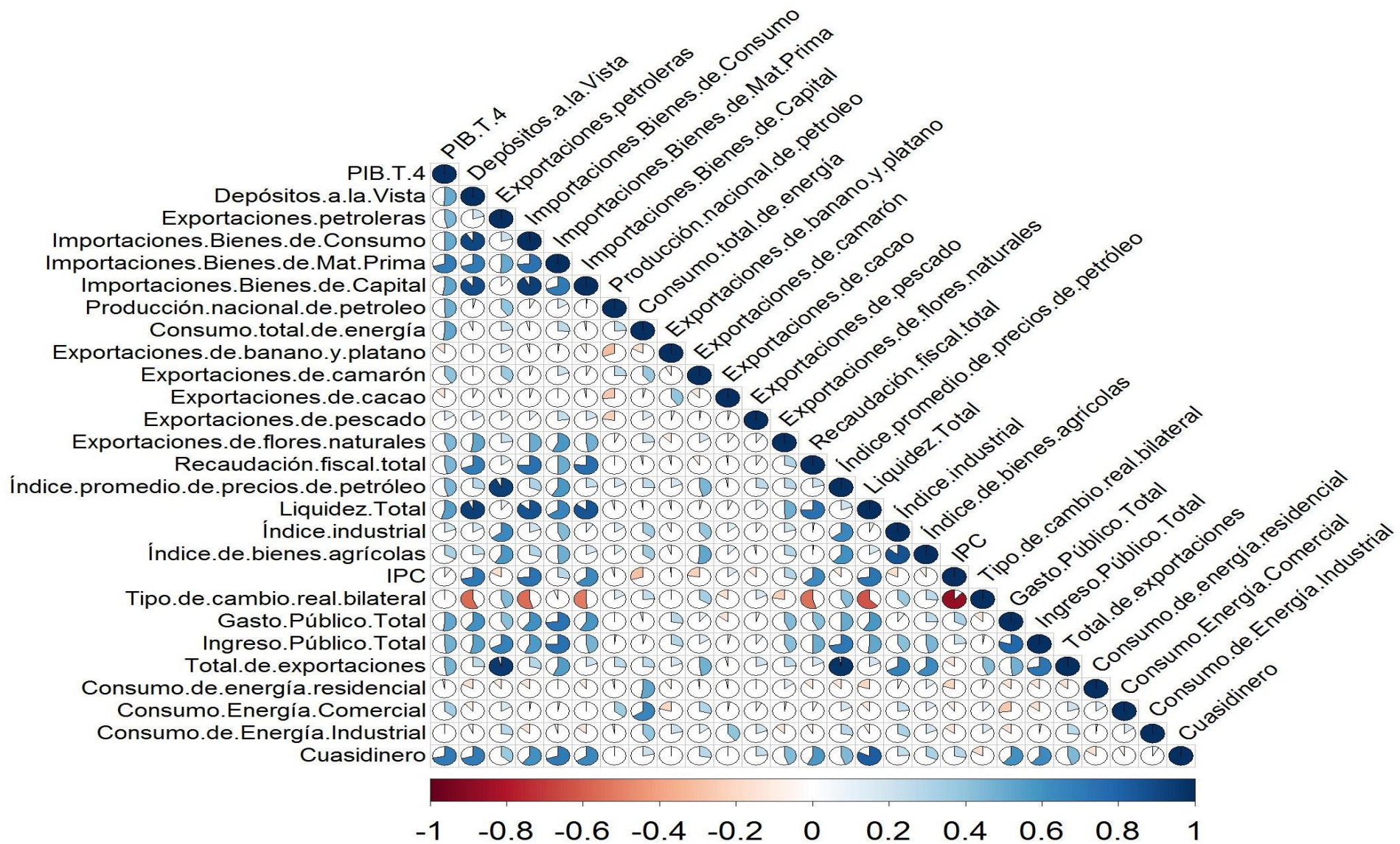
Si bien es cierto, este trabajo se desarrolló con variables mensuales trimestralizadas y expresadas en tasas de crecimiento anual, bien puede extenderse en futuras investigaciones a través de otros métodos de estimación que consideren la combinación de las frecuencias y el problema de los valores faltantes. Sin embargo, el modelo de ecuación puente propuesto en esta investigación, ha proporcionado la estimación más cercana al valor real del PIB publicado el cuarto trimestre del 2016, con una diferencia de 16 centésimas, siendo el valor real de 1.50% y el valor proyectado de 1.66%.

Finalmente, los resultados sugieren que a medida que se incorpora información actualizada, el error de pronóstico disminuye proporcionando estimaciones más precisas del crecimiento económico; por otro lado, los modelos propuestos son susceptibles a modificaciones puesto que a medida que se van publicando las cifras, otras variables pueden incorporarse en la etapa de la extracción de los componentes para ser utilizadas en los modelos, incluso podría seleccionarse más de 2 factores estáticos y dinámicos en algún momento en el tiempo: los datos lo sugerirán.

Referencias

- I. Baffigi, A., Golinelli, R., y Paragi, G. (2004). Bridge models to forecast the Euro area GDP. *International Journal of Forecasting*, 447-460.
- II. Banbura, M., Giannone, D., Modugno, M., y Reichlin, L. (2013). Now-casting and the real-time data flow. *ECB Working Paper Series*.
- III. Camacho, M., y Perez-Quiros, G. (2010). Introducing the Euro-Sting: short term indicator of Euro area growth. *Banco de España*.
- IV. Cobb, M., Garcia, M., Medel, C., Echavarría, G., Godoy, C., Filippi, P., Urrutia, M. (2011). Short-term GDP forecasting using bridge models: a case for Chile. *Banco Central de Chile - Documentos de Trabajo*.
- V. D'Amato, L., Garegnani, L., y Blanco, E. (2010). Using the flow of conjectural information for short term forecasting of economic activity in Argentina. *Banco Central de Argentina*.
- VI. D'Amato, L., Garegnani, L., y Blanco, E. (2015). Nowcasting de PIB: evaluando las condiciones cíclicas de la economía argentina. *Estudios BCRA Documentos de trabajo*, 1-14.
- VII. Dickey, D., y Fuller, W. (1981). Distribution of estimator for autoregressive time series with unit root". *Journal of Econometrics. Journal of The Econometric Society*, 1057-1072.
- VIII. Doz, C., Giannone, D., y Reichlin, L. (2011). A two-step estimator for large approximate dynamic factor models based on Kalman filtering. *Journal of Econometrics*, 188-205.
- IX. Elliot, G., Rothenberg, T., y Stock, J. (1996). Efficient test for an Autoregressive Unit Root. *Journal of The Econometric Society*, 813-836.
- X. Giannone, D., Reichlin, L., y Small, D. (2008). Nowcasting: The real-time informational content. *Journal of Monetary Economics*, 665-676.
- XI. Gujarati, D., y Porter, D. (2010). *Econometría*. Mexico: McGraw Hill.
- XII. Harvey, D., Leybourne, S., y Newbold, P. (1997). Testing the equality of prediction mean squared errors. *International Journal of Forecasting*, 281-291.
- XIII. Kwiatkowski, D., Phillips, P., Schmidt, P., y Shin, Y. (1992). Testing the null hypothesis of stationary against the alternative of a unit root: how sure are we that economic time series have a unit root. *Journal of The Econometric Society*, 159-178.
- XIV. Lütkepohl, H. (2005). *New Introduction to Multiple Time Series Analysis*. Italy: Springer.
- XV. Maddala, G. (1996). *Introducción a la econometría*. México: Prentice Hall.
- XVI. Maddala, G., y Kim, I. (1998). *Unit Roots, Cointegration, and Structural Change*. United Kingdom: Cambridge University Press.
- XVII. Modugno, M., Soybilgen, B. S., y Yazgan, E. (2016-044). Nowcasting Turkish GDP and News Decomposition. *Finance and Economics Discussion Series*.
- XVIII. Newey, W., y West, K. (1987). A simple, positive semi-definitive, heteroskedasticity and autocorrelation consistent covariance matrix. *Econometrica*, 703-708.
- XIX. Pérez, C. (2008). *Econometría Avanzada: Técnicas y Herramientas*. España: Prentice Hall.
- XX. Rünstler, G., y Sédillot, F. (2003). Short-Term estimate of Euro Area Real GDP by mean of Monthly Data. *ECB Working Paper*.

- XXI. Sánchez, I. (1996). *Errores de predicción y raíces unitarias en series temporales*. Madrid: Tesis Doctoral. Universidad Carlos III de Madrid.
- XXII. Stock, J., y Watson, M. (2002). Forecasting using principal components from a large number of predictors. *Journal of the American Statistical Association*, 147-162.
- XXIII. Tsay, R. (2013). *Multivariate Time Series Analysis: With R and Financial Applications*. Chicago: Wiley.
- XXIV. Zivot, E., y Andrews, D. (1992). Further evidence on the great crash, the oil- price shock, and the Unit Root Hypothesis. *Journal of Business y Economic Statistic*, 251-270.



Anexo 2.- Contrastes de raíz unitaria y estacionariedad

Tabla 3: Contraste ADF para Raíz Unitaria (en niveles)

Variables en niveles	Con constante		Con constante y tendencia		Sin constante ni tendencia	
	t-Statistic	Prob.	t-Statistic	Prob.	t-Statistic	Prob.
Depósitos a la vista	-3.4504	0.0129	-3.7621	0.0256	-2.7844	0.0061
Imp.Bienes de consumo	-1.9502	0.3076	-2.9559	0.1537	-1.916	0.0535
Imp.Materia prima	-1.3156	0.6163	-2.251	0.4528	-1.1909	0.2111
Imp.Bienes de capital	-1.8232	0.3658	-2.7862	0.2084	-1.7165	0.0814
Consumo de energía	-1.7237	0.4144	-2.2791	0.4384	-0.6715	0.4221
Liquidez total	-3.4727	0.0122	-3.5966	0.0387	-2.1605	0.0306
Gasto público total	-2.3699	0.1545	-2.6464	0.2622	-1.7605	0.0744
Cuasidinero	-2.2997	0.1755	-2.3474	0.4026	-1.0391	0.266

Elaboración: Autor

Tabla 4: Contraste ADF para Raíz Unitaria (en primeras diferencias)

Variables en diferencia	Con constante		Con constante y tendencia		Sin constante ni tendencia	
	t-Statistic	Prob.	t-Statistic	Prob.	t-Statistic	Prob.
Depósitos a la vista	-6.8099	0	-6.8807	0	-6.7292	0
Imp.Bienes de consumo	-4.4529	0.0007	-4.3971	0.0047	-4.4955	0
Imp.Materia prima	-5.0478	0.0001	-5.0415	0.0007	-5.0895	0
Imp.Bienes de capital	-4.4287	0.0007	-4.3788	0.005	-4.4801	0
Consumo de energía	-7.2955	0	-7.4662	0	-7.3551	0
Liquidez total	-6.3175	0	-6.4008	0	-6.23	0
Gasto público total	-6.3977	0	-5.0192	0.0007	-6.4411	0
Cuasidinero	-6.3336	0	-6.2754	0	-6.3404	0

Elaboración: Autor

Tabla 5: Contraste PP para Raíz Unitaria

Variables en niveles	Con constante		Con constante y tendencia		Sin constante ni tendencia	
	t-Statistic	Prob.	t-Statistic	Prob.	t-Statistic	Prob.
Depósitos a la vista	-4.1533	0.0016	-3.9546	0.0152	-3.4174	0.0009
Imp.Bienes de consumo	-4.3769	0.0008	-4.2331	0.007	-4.3775	0
Imp.Materia prima	-3.7826	0.005	-3.5665	0.0409	-3.4796	0.0007
Imp.Bienes de capital	-3.7777	0.005	-3.868	0.0191	-3.7368	0.0003
Consumo de energía	-3.1418	0.0284	-3.2489	0.0844	-1.2781	0.1835
Liquidez total	-4.4061	0.0007	-4.1237	0.0096	-2.725	0.0071
Gasto público total	-3.8121	0.0045	-3.9085	0.0172	-3.1012	0.0024
Cuasidinero	-3.0787	0.0332	-3.0076	0.1383	-1.6501	0.0931

Elaboración: Autor

Tabla 6 Contraste PP para Raíz Unitaria (en primeras diferencias)

Variables en diferencia	Con constante		Con constante y tendencia		Sin constante ni tendencia	
	t-Statistic	Prob.	t-Statistic	Prob.	t-Statistic	Prob.
Depósitos a la vista	-5.7817	0	-5.7934	0	-5.8539	0
Imp.Bienes de consume	-7.3739	0	-7.5588	0	-7.3585	0
Imp.Materia prima	-4.9596	0.0001	-4.8773	0.001	-5.0572	0
Imp.Bienes de capital	-9.0024	0	-9.1142	0	-8.9794	0
Consumo de energía	-8.6483	0	-8.7019	0	-8.7232	0
Liquidez total	-4.5746	0.0004	-4.5131	0.0031	-4.6378	0
Gasto público total	-8.8941	0	-8.8311	0	-8.9515	0
Cuasidinero	-4.2534	0.0012	-4.1923	0.0079	-4.3054	0

Elaboración: Autor

Tabla 7. Contraste KPSS para Estacionariedad (en niveles)

Variables en niveles	Con Constante		Con Constante y Tendencia	
	LM-Stat	Decisión	LM-Stat	Decisión
Depósitos a la vista	0.5896	Rechazo	0.0742	No Rechazo
Imp.Bienes de consumo	0.6256	Rechazo	0.0867	No Rechazo
Imp.Materia prima	0.4661	Rechazo	0.0965	No Rechazo
Imp.Bienes de capital	0.5467	Rechazo	0.0735	No Rechazo
Consumo de energía	0.1788	No Rechazo	0.099	No Rechazo
Liquidez total	0.3718	Rechazo	0.0798	No Rechazo
Gasto público total	0.3053	No Rechazo	0.1159	No Rechazo
Cuasidínero	0.1648	No Rechazo	0.1063	No Rechazo

Elaboración: Autor

Tabla 8: Contraste KPSS para Estacionariedad(en primeras diferencias)

Variables en diferencia	Con Constante		Con Constante y Tendencia	
	LM-Stat	Decisión	LM-Stat	Decisión
Depósitos a la vista	0.204	No Rechazo	0.0716	No Rechazo
Imp.Bienes de consumo	0.2232	No Rechazo	0.0787	No Rechazo
Imp.Materia prima	0.1245	No Rechazo	0.0763	No Rechazo
Imp.Bienes de capital	0.1269	No Rechazo	0.0619	No Rechazo
Consumo de energía	0.0881	No Rechazo	0.0284	No Rechazo
Liquidez total	0.2138	No Rechazo	0.087	No Rechazo
Gasto público total	0.0353	No Rechazo	0.0322	No Rechazo
Cuasidínero	0.0638	No Rechazo	0.0518	No Rechazo

Elaboración: Autor

Tabla 9: Contraste ZA para Raíz Unitaria

Variables en niveles	Con constante	
	t-Statistic	Prob.
Imp.Bienes de consumo	-5.67	<0.01
Imp.Materia prima	-6.3	<0.01
Imp.Bienes de capital	-5.58	<0.01

Elaboración: Autor

Tabla 10: Contraste ADF para Raíz Unitaria (en niveles)

Variables en niveles	Con constante		Con constante y tendencia		Sin constante ni tendencia	
	t-Statistic	Prob.	t-Statistic	Prob.	t-Statistic	Prob.
Factor 1	-3.241386	0.0222	-3.7621	0.0094	-3.25741	0.0015
Factor 2	-3.321178	0.018	-3.481572	0.0503	-2.179767	0.0293
PIB(T-4)	-3.527759	0.0104	-3.668994	0.0321	-2.002963	0.044

Elaboración: Autor

Tabla 11: Contraste ADF para Raíz Unitaria (en primera diferencia)

Variables en niveles	Con constante		Con constante y tendencia		Sin constante ni tendencia	
	t-Statistic	Prob.	t-Statistic	Prob.	t-Statistic	Prob.
Factor 1	-5.211944	0.0001	-5.167228	0.0005	-5.234685	0
Factor 2	-7.201697	0	-7.476835	0	-7.267313	0
PIB(T-4)	-3.797188	0.0052	-3.837199	0.0221	-3.810388	0.0003

Elaboración: Autor

Tabla 12: Contraste PP para Raíz Unitaria (en niveles)

Variables en niveles	Con constante		Con constante y tendencia		Sin constante ni tendencia	
	t-Statistic	Prob.	t-Statistic	Prob.	t-Statistic	Prob.
Factor 1	-3.266943	0.0206	-3.193452	0.0949	-3.269572	0.0014
Factor 2	-3.005143	0.0397	-3.040498	0.1297	-3.024475	0.003
PIB(T-4)	-2.839096	0.0586	-2.874002	0.1778	-1.860649	0.0602

Elaboración: Autor

Tabla 13: Contraste PP para Raíz Unitaria (en primera diferencia)

Variables en niveles	Con constante		Con constante y tendencia		Sin constante ni tendencia	
	t-Statistic	Prob.	t-Statistic	Prob.	t-Statistic	Prob.
Factor 1	-4.043703	0.0023	-4.108277	0.0101	-4.061419	0.0001
Factor 2	-6.809803	0	-6.939209	0	-6.863588	0
PIB(T-4)	-5.241326	0	-5.191716	0.0004	-5.290704	0

Elaboración: Autor

Tabla 14: Contraste KPSS para Estacionariedad (en niveles)

Variables en diferencia	Con Constante		Con Constante y Tendencia	
	LM-Stat	Decisión	LM-Stat	Decisión
Factor 1	0.542548	No Rechazo	0.074245	No Rechazo
Factor 2	0.133752	No Rechazo	0.115505	No Rechazo
PIB(T-4)	0.221698	No Rechazo	0.093988	No Rechazo

Elaboración: Autor

Tabla 15: Contraste KPSS para Raíz Estacionariedad (en primera diferencia)

Variables en diferencia	Con Constante		Con Constante y Tendencia	
	LM-Stat	Decisión	LM-Stat	Decisión
Factor 1	0.12206	No Rechazo	0.058714	No Rechazo
Factor 2	0.197391	No Rechazo	0.052818	No Rechazo
PIB(T-4)	0.032671	No Rechazo	0.032387	No Rechazo

Elaboración: Autor

Anexo 3.- Análisis de Componentes Principales

Tabla 16: Autovalores y porcentaje de la varianza

Factores	Autovalores	Porcentaje de la varianza	Porcentaje de la varianza acumulada
F1	5.41673947	67.7092434	67.70924
F2	1.15019187	14.3773983	82.08664
F3	0.62369528	7.796191	89.88283
F4	0.42505068	5.3131335	95.19597
F5	0.18659595	2.3324494	97.52842
F6	0.1224725	1.5309062	99.05932
F7	0.0526409	0.6580112	99.71733
F8	0.02261335	0.2826668	100

Elaboración: Autor

Tabla 17: Cálculo de los componentes principales

VARIABLES	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8
Depósitos a la vista	-0.403	0.156	-0.227	0.019	-0.057	0.606	0.452	-0.433
Importación bienes de consumo	-0.398	0.151	-0.192	0.383	-0.032	-0.054	-0.737	-0.298
Importación materia prima	-0.364	-0.262	0.321	0.288	0.736	0.113	0.076	0.229
Importación bienes de capital	-0.394	0.124	-0.239	0.288	-0.139	-0.668	0.460	0.112
Consumo de energía	-0.025	-0.896	-0.259	0.181	-0.301	0.081	0.000	-0.004
Liquidez total	-0.401	0.097	-0.273	-0.331	-0.162	0.248	-0.170	0.727
Gasto público	-0.323	-0.028	0.781	0.036	-0.532	0.036	0.003	0.006
Cuasidinero	-0.355	-0.236	0.025	-0.737	0.189	-0.319	-0.086	-0.360

Elaboración: Autor

Tabla 18: Rotación Varimax de los componentes principales

VARIABLES	Factor 1	Factor 2
Depósitos a la vista	0.95	-0.1
Importación bienes de consumo	0.94	-0.09
Importación materia prima	0.82	0.35
Importación bienes de capital	0.93	-0.06
Consumo de energía	-0.01	0.96
Liquidez total	0.94	-0.03
Gasto público	0.75	0.09
Cuasidinero	0.8	0.32

Elaboración: Autor

Anexo 4.- Cronograma de publicación de los indicadores macroeconómicos y la estimación del nowcast

Nota: "X" representa la fecha de estimación de la tasa de crecimiento interanual final del PIB del Ecuador, mediante el *nowcast*, 50 días después de la finalización del trimestre y hasta con 50 días de anticipación respecto de la publicación oficial.

Tabla 19: Cronograma de publicación de los indicadores macroeconómicos para el 2017

Contenido		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Información Estadística Mensual IEM		10	10	10	10	10	10	10	10	11	10	13	10
Cuentas Nacionales Trimestrales(PIB)	2016-IV			31									
	2017-I					X	30						
	2017-II								X	29			
	2017-III											X	29

Fuente: Banco Central del Ecuador

Elaboración: Autor