

Metodología de las estimaciones de las tendencias comerciales de América Latina

Paolo Giordano
Jesica De Angelis
Nahuel Guaitá
Kathia Michalczewsky
Juan Rodríguez Gaudin
Gabriel Michelena
Ayelén Vanegas

Unidad de Integración
Regional
Sector de Integración y
Comercio

NOTA TÉCNICA N°
IDB-TN-02223

Junio, 2021

Metodología de las estimaciones de las tendencias comerciales de América Latina

Paolo Giordano
Jesica De Angelis
Nahuel Guaitá
Kathia Michalczewsky
Juan Rodríguez Gaudin
Gabriel Michelena
Ayelén Vanegas

Catalogación en la fuente proporcionada por la
Biblioteca Felipe Herrera del
Banco Interamericano de Desarrollo
Metodología de las estimaciones de las tendencias comerciales
de América Latina / Paolo Giordano, Jesica De Angelis, Nahuel
Guaitá, Kathia Michalczewsky, Juan Rodríguez Gaudin, Gabriel
Michelena, Ayelén Vanegas.

p. cm. — (Nota técnica del BID ; 2223)

Incluye referencias bibliográficas.

1. Exports-Latin America-Forecasting. 2. Latin America-
Commerce-Forecasting. I. Giordano, Paolo. II. De Angelis,
Jesica. III. Guaitá, Nahuel. IV. Michalczewsky, Kathia. V.
Rodríguez Gaudin, Juan. VI. Michelena, Gabriel. VII. Vanegas,
Ayelén. VIII. Banco Interamericano de Desarrollo. Unidad de
Integridad Regional. IX. Serie.
IDB-TN-2223

Códigos JEL: F14, F17

Palabras clave: indicador líder, predicción instantánea, comercio, exportaciones,
américa latina.

<http://www.iadb.org>

Copyright © 2021 Banco Interamericano de Desarrollo. Esta obra se encuentra sujeta a una licencia Creative Commons IGO 3.0 Reconocimiento-NoComercial-SinObrasDerivadas (CC-IGO 3.0 BY-NC-ND) (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/igo/legalcode>) y puede ser reproducida para cualquier uso no comercial otorgando el reconocimiento respectivo al BID. No se permiten obras derivadas.

Cualquier disputa relacionada con el uso de las obras del BID que no pueda resolverse amistosamente se someterá a arbitraje de conformidad con las reglas de la CNUDMI (UNCITRAL). El uso del nombre del BID para cualquier fin distinto al reconocimiento respectivo y el uso del logotipo del BID, no están autorizados por esta licencia CC-IGO y requieren de un acuerdo de licencia adicional.

Note que el enlace URL incluye términos y condiciones adicionales de esta licencia.

Las opiniones expresadas en esta publicación son de los autores y no necesariamente reflejan el punto de vista del Banco Interamericano de Desarrollo, de su Directorio Ejecutivo ni de los países que representa.



METODOLOGÍA DE LAS ESTIMACIONES DE LAS TENDENCIAS COMERCIALES DE AMÉRICA LATINA

PAOLO GIORDANO
JESICA DE ANGELIS
NAHUEL GUAITÁ
KATHIA MICHALCZEWSKY
JUAN RODRÍGUEZ GAUDIN
GABRIEL MICHELENA
AYELÉN VANEGAS



Tabla de contenido

Abreviaturas..... 6

Introducción..... 7

Antecedentes..... 8

Metodología..... 9

Conclusiones..... 21

Bibliografía..... 22

Metodología de las estimaciones de las tendencias comerciales de América Latina¹

Metodología y fuentes estadísticas

Paolo Giordano²
Nahuel Guaitá
Juan Rodríguez Gaudin

Jesica De Angelis
Kathia Michalczewsky
Gabriel Michelena
Ayelén Vanegas

Resumen

Los datos sobre el comercio de mercancías se publican con retraso debido, entre otras razones, a las correcciones que realizan las aduanas y los institutos de estadística. El indicador líder y el modelo de predicción instantánea de las exportaciones de América Latina proveen una indicación temprana de la tendencia de corto plazo y una estimación puntual de la tasa de variación interanual del valor de las exportaciones de la región que resultan útiles para monitorear los flujos comerciales en tiempo real. Este trabajo presenta los fundamentos metodológicos de ambos indicadores, las fuentes estadísticas seleccionadas para construirlos, los parámetros usados en la estimación y una evaluación de su capacidad predictiva.

Palabras clave: Indicador líder; Predicción instantánea; Comercio; Exportaciones; América Latina

¹ Las opiniones expresadas en esta publicación son de los autores y no necesariamente reflejan el punto de vista del Banco Interamericano de Desarrollo, de su Directorio Ejecutivo ni de los países que representa.

² Dirección de correspondencia: Paolo Giordano. Inter-American Development Bank, 1300 New York Ave., NW, Washington DC, 20755, U.S. Teléfono: (202) 623-2611 E-mail: paolog@iadb.org.

Abreviaturas

ADEFA	Asociación de Fabricantes de Automotores (Argentina)
ANFAVEA	Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores (Brasil)
AL	América Latina
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
BCOM	Bloomberg Commodity Index
BDI	Baltic Dry Index
CRB	Core Commodity Index
ECM	Error cuadrático medio
EE. UU.	Estados Unidos
EIA	US Energy Information Administration (Estados Unidos)
FMI	Fondo Monetario Internacional
HP	Hodrick-Prescott
INEGI	Instituto Nacional de Estadística y Geografía (México)
LATLI	Latin American Trade Leading Index
LATNI	Latin American Trade Nowcasting Index
NBS	National Bureau of Statistics (China)
MCO	Mínimos Cuadrados Ordinarios
OMC	Organización Mundial del Comercio
OCDE	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos
PC	Componentes principales
PIB	Producto Interno Bruto
PMI	Purchasing Managers' Index
SRC	Suma de residuos al cuadrado

Introducción

Los datos sobre el comercio de mercancías se publican con retraso debido, entre otras razones, a las correcciones que realizan las aduanas y los institutos de estadística de toda la región. El indicador líder de las exportaciones de América Latina (LATLI, *Latin American Trade Leader Index*) y el modelo de predicción instantánea de las exportaciones de América Latina (LATNI, *Latin American Trade Nowcasting Index*) del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) ayudan a superar esta limitación, proveyendo una indicación temprana de la tendencia de corto plazo del valor de las exportaciones de los países de la región.

Considerados conjuntamente, el LATLI y el LATNI permiten una evaluación del desempeño futuro de las exportaciones, mediante la identificación de puntos de quiebre en la tendencia y la estimación de los valores futuros, respectivamente. El LATLI permite identificar de forma temprana la transición de un máximo a un sendero de contracción o de un mínimo a un sendero de expansión en las exportaciones de la región. Por su parte, el LATNI, como extensión metodológica del primer indicador, permite realizar una estimación puntual de la tasa de crecimiento del valor exportado.

Los índices líderes son ampliamente usados para anticipar (o «liderar») el comportamiento del comercio y la actividad en general. Algunos indicadores comparables producidos por organismos internacionales son el *World Trade Leading Index* del FMI (Barhoumi y Ferrara, 2015), el *Forecasting International Trade* de la OCDE (Keck, Raubold y Truppia, 2010) y el Barómetro del Comercio de Mercancías y Servicios de la OMC (OMC, 2019).

En la literatura de pronósticos macroeconómicos, el LATLI y el LATNI se ubican como una aplicación de los análisis de factores y componentes principales al caso de las exportaciones de América Latina (AL) y se caracterizan por ser indicadores fuera de modelo (Marcellino, 2006). Esto implica que los indicadores no están sujetos a una especificación fija, sino que son generados a partir de variables debidamente seleccionadas, que siguen un esquema de ponderación y que dependen del tiempo y de cuán explicativas resulten estas al momento de la estimación. En tal sentido, la selección de las variables y el esquema de ponderación son aspectos clave de la elaboración, los resultados y la actualización de los índices.

El objetivo principal de esta nota es presentar los fundamentos metodológicos del LATLI y LATNI del BID, ilustrar la estrategia empírica adoptada para construirlos y corroborar su capacidad predictiva. Luego de esta introducción, se realiza una breve revisión de la literatura pertinente. Posteriormente, se presentan la metodología utilizada y las fuentes de datos seleccionadas. Finalmente, se contrastan los resultados de los modelos con las variables observadas y se analiza la capacidad predictiva de los indicadores.

Antecedentes

En los últimos años, la literatura de pronósticos macroeconómicos ha desarrollado una serie de soluciones para hacer frente a los retrasos en la disponibilidad de datos de ciertas variables estadísticas. Estas técnicas incluyen combinaciones de modelos bivariados simples conocidos como ecuaciones puente (Kitchen y Mónaco, 2003; Maurin y Drechsel, 2008), modelos de factores (Stock y Watson, 2002), modelos de vectores autorregresivos (Giannone, Reichlin y Small, 2008; Arouba, Diebold y Scotti, 2009) y ecuaciones de muestreo de datos mixtos o Mixed Data Sampling (*MIDAS*) (Ghysels, Santa-Clara y Valkanov, 2004). Se ha demostrado que estas técnicas son eficientes para anticipar la evolución de la actividad económica a corto plazo. Incluso en períodos de alta volatilidad, estos modelos son más eficientes comparados con los modelos univariados (Bell *et al.*, 2014).

Existen diversos estudios de organismos internacionales que incorporan algunos de los lineamientos teóricos señalados previamente y establecen su propia metodología para el diseño de indicadores líderes de los flujos comerciales. Entre estos, se destacan el *Forecasting International Trade* de la OCDE (Keck, Raubold y Truppia, 2010), el *World Trade Leading Index* del FMI (Barhoumi y Ferrara, 2015) y el Barómetro del Comercio de Mercancías y Servicios de la OMC (OMC, 2019), por estar más directamente relacionados con la estimación de los flujos comerciales.

El indicador propuesto por la OCDE estima la demanda de importaciones globales directamente sobre la base de relaciones históricas y de factores de injerencia claves. La estimación de este indicador no se realiza con base en un contexto causal proveniente de un modelo teórico específico, sino mediante el empleo de un conjunto de modelos de series de tiempo: modelos autorregresivos, vectores autorregresivos y modelos autorregresivos con heteroscedasticidad condicional. En contraposición con el LATLI y el LATNI, su variable dependiente es la demanda de importaciones. Dada la complejidad de la recolección de datos oportunos y completos para todos los socios de la región, la mejor aproximación para los indicadores que se presentan en este trabajo es tomar a las exportaciones de la región —nuestra variable de interés— como variable dependiente.

En el indicador propuesto por el FMI, los autores construyen dos modelos diferentes que descansan en métodos paramétricos y no paramétricos. A su vez, establecen una cronología de puntos de giro empleando la metodología propuesta por Bry y Boschan (1971), cuyo propósito, como se verá más adelante, es identificar picos y valles (mínimos y máximos locales) en las series de interés. En la construcción del LATLI, se emplea esta técnica para determinar el modelo de predicción.

La OMC, por su parte, ha desarrollado el Barómetro del Comercio de Mercancías y el Barómetro del Comercio de Servicios. Estos indicadores combinan la información de una serie de variables relacionadas con el comercio³ para anticipar, respecto de la

³ En el caso del indicador para mercancías, comparable con el LATLI, se toman variables de alta correlación con el volumen del comercio mundial como los índices de gerentes de compras, un

publicación rezagada de datos oficiales (en promedio, tres o cuatro meses), los cambios en la trayectoria del volumen del comercio mundial comparado con la tendencia reciente. El indicador se calcula como un promedio ponderado de los desvíos de corto plazo respecto de la tendencia de las series analizadas. Para ello, posterior a un tratamiento estacional de las series, se estima la tendencia con el filtro Hodrick-Prescott (HP). Los desvíos para cada componente del indicador se calculan como la diferencia entre las series desestacionalizadas y suavizadas y la tendencia que arroja el filtro HP. En tal sentido, se asume que un *shock* persistente o de amplia magnitud cambia la tendencia estimada por el HP e impacta en el barómetro mediante la incidencia que genere sobre el desvío de cada componente.

Tal como se detalla a continuación y de forma resumida en el anexo 1, el LATLI presenta aspectos similares a las tres metodologías descriptas previamente e incorpora algunas especificidades y, por tanto, variables explicativas, a raíz de la peculiaridad del patrón comercial de AL. Primero, cabe destacar que, en contraposición a los indicadores globales, la variable dependiente es el valor de las exportaciones, dada la complejidad de recolección de datos oportunos y completos para estimar la demanda de importaciones para todos los socios de la región. Asimismo, las exportaciones latinoamericanas se encuentran fuertemente concentradas en un conjunto de productos primarios muy dependientes de la evolución de sus precios, del desempeño productivo sectorial de ciertos países (por ejemplo, del sector automotriz concentrado en México, Brasil y Argentina), o de dinámicas bilaterales (por ejemplo, la de México con Estados Unidos o la de Brasil con Argentina). Por lo tanto, las variables explicativas seleccionadas reflejan, en gran medida, estas dinámicas.

Metodología

El objetivo del LATLI es la identificación de puntos de giro en la tendencia del valor de las exportaciones de AL en un momento determinado. De los fundamentos metodológicos de este indicador se desprende el LATNI, cuyo propósito es realizar una estimación instantánea puntual de la tasa de variación interanual de las exportaciones de la región para los meses recientes para los que no se cuenta con datos oficiales. Aclarada esta relación funcional entre ambos indicadores, esta sección ilustra la metodología para la construcción del LATLI y presenta los eventuales aspectos comunes con el LATNI. Posteriormente, se detallan las diferencias entre los indicadores y se enuncian los pasos adicionales necesarios para obtener el LATNI.

Sintéticamente, la construcción del LATLI comprende cuatro etapas. En primer lugar, se extraen y limpian del ruido estadístico las variables que se consideran relevantes y se elaboran, para un subconjunto de ellas, los componentes sobre la base del modelo de factores y componentes principales.

En segundo lugar, una vez que se cuenta con los factores y las restantes variables ya procesadas, se analiza su capacidad predictiva de las exportaciones de la región, lo que

índice de transporte aéreo, el movimiento de contenedores de los principales puertos del mundo, las ventas y la producción de vehículos y un índice de comercio de componentes electrónicos.

permite seleccionar el subconjunto de variables más relevantes para la construcción del indicador.

En tercer lugar, sobre este subconjunto de variables, se utilizan distintos esquemas de ponderación para generar tantas estimaciones del valor de las exportaciones de la región como combinaciones de variables relevantes existan. Los esquemas de ponderación responden a diferentes metodologías. A través de ellos y de las diferentes combinaciones lineales de las variables relevantes, se obtiene la mejor combinación. Por lo tanto, el siguiente paso es identificar, en este conjunto de estimaciones realizadas, aquella que mejor anticipe el comportamiento de las exportaciones de la región.

Para ello, se obtiene y compara la tendencia del valor de las exportaciones de AL con la tendencia de cada una de las estimaciones para cada esquema de ponderación seleccionado, y se analiza la capacidad de cada estimación de anticipar el comportamiento tendencial de la variable de interés en cada caso, siguiendo las metodologías propuestas por Bry y Boschan (1971) y Harding y Pagan (2002). Finalmente, se compara la capacidad de cada modelo de anticipar los puntos de quiebre en la tendencia de las exportaciones observadas, en términos de la cantidad de meses que efectivamente anticipó, y se selecciona aquel modelo que mejor anticipe estos puntos. A continuación, se presentan de manera detallada el tratamiento de las variables relevantes y las distintas etapas de las metodologías de estimación mencionadas.

Tratamiento de las variables

Buena parte de los desarrollos teóricos sobre modelos de pronósticos e índices líderes y coincidentes son motivados por los rezagos existentes en la publicación de los datos de variables macroeconómicas —como por ejemplo el producto, el empleo o la inflación— y la necesidad de tomar decisiones sobre la base del desempeño esperado de dichas variables. Ante esta situación, técnicas como las enunciadas en la sección previa se utilizan para anticipar el comportamiento de estas variables, a través de la evolución de otras de mayor frecuencia y dinámicas similares.

Al analizar las exportaciones de la región, no solo se observa que existe un conjunto de variables que cumplen con los requisitos de relevancia presentes en la literatura para anticipar su comportamiento, sino que, además, muestran un comportamiento cíclico similar al que presenta el producto. Por estos motivos, es posible aplicar las técnicas de pronósticos del PIB a las exportaciones.

Para la selección de las variables incorporadas en la estimación de los indicadores propuestos se siguieron las buenas prácticas para la generación de un indicador líder recomendadas por la literatura (Marcellino, 2006).

En primer lugar, las variables son económicamente relevantes. Es decir que la observación de una correlación entre los regresores y la serie de referencia no es considerada una condición suficiente, ya que detrás de ella debe existir una justificación económica. En segundo lugar, se valora la alta frecuencia de las series. Se utilizan,

preferentemente, series mensuales con el fin de evitar la mensualización de series de menor frecuencia (trimestrales o anuales) y, con ello, la introducción de ruido estadístico. En tercer lugar, se priorizan series que no estén sujetas a revisiones significativas y frecuentes. En cuarto lugar, se priorizan datos que no tengan retrasos de publicación, ya que es necesario contar con estos lo más pronto posible. En quinto lugar, todas las series utilizadas deben abarcar el mayor período de tiempo posible y no conllevar interrupciones. En sexto lugar, debe existir una temporalidad consistente con la variable dependiente, ya que las variables independientes deben ser capaces de anticipar picos y valles de la variable objetivo. Por último, se espera que las series se comporten en conformidad con el ciclo de la variable de interés.

En línea con estos requisitos, el insumo principal del LATLI y del LATNI es un conjunto de variables de alta frecuencia correlacionadas con el valor de las exportaciones de la región (anexo 2), a saber:

- **Un total de 151 variables de precios de productos básicos, tipo de cambio y tasas de interés**, obtenidas de Bloomberg y clasificadas en 4 categorías: agrícolas, energéticos, de metales y de variables financieras⁴.
- **Producción y exportaciones del sector automotor** de México (INEGI), Brasil (ANFAVEA) y Argentina (ADEFA).
- **Índices de Gerentes de Compras** (PMI, por sus siglas en inglés): PMI manufacturero de EE. UU., la Eurozona, Global (*IHS Markit*) y México (INEGI) y China (manufacturero y no manufacturero) (NBS).
- **Índices de expectativas**: índices IFO de clima de negocios y de expectativas empresariales (*IFO Institute*).
- **Índices de movimiento de contenedores de carga de corto plazo**: índices de movimiento de contenedores de los principales puertos de América del Norte, Europa y Asia (RWI/ISL – *Leibniz Institut für Wirtschaftsforschung / Institute of Shipping Economics and Logistics*).
- **Índices de contratos a futuros de productos básicos**: *Bloomberg Commodity Index* (BCOM) y *Core Commodity Index* (CRB) de Thomson Reuters.
- **Índice de transporte de carga a granel seca**: índice de transporte de carga a granel seca *Baltic Dry Index* (BDI) de Bloomberg.
- **Importaciones de petróleo de Estados Unidos**: promedio semanal de las importaciones de petróleo crudo y sus productos de EE. UU. (en miles de barriles diarios) de la *US Energy Information Administration* (EIA).

⁴ Estas series se publican con frecuencia diaria y, por lo tanto, se realizan promedios mensuales para utilizarlas en la estimación.

- **Exportaciones totales de Brasil:** valor de las exportaciones mensuales reportadas por el *Ministério da Economia*.

Cabe destacar que, dado que la metodología de estimación no asume un modelo *a priori*, el conjunto de variables relevantes para entrenar el modelo podrá ir cambiando con el tiempo por dos motivos principales. En primer lugar, si bien existen características estructurales que justifican la relevancia de variables como el precio de ciertos productos primarios y los índices de producción de sectores industriales específicos, las dinámicas comerciales y los diferentes *shocks* y estímulos coyunturales pueden marcar la necesidad de incorporar al análisis otras variables adicionales. En segundo lugar, la dinámica propia de la recolección de datos podría impedir la actualización oportuna de alguna de las variables mencionadas anteriormente. Asimismo, la investigación podría revelar la disponibilidad de otras variables relevantes, que se podrían incorporar en el futuro, así como otras podrían perder capacidad explicativa y descartarse.

La tabla 1 presenta la correlación existente entre las variables individuales incorporadas y los factores obtenidos mediante el análisis de componentes principales —que se presenta en la siguiente sección— con las exportaciones de la región⁵.

⁵ La correlación de las variables se analizó utilizando sus variaciones interanuales, habiéndose comprobado la estacionariedad de las series sin tendencia mediante el test de Dickey-Fuller. Cuando el umbral de correlación es inferior a 0,2, la variable es descartada.

Tabla 1 - Correlación entre el valor de las exportaciones de América Latina y las variables explicativas seleccionadas

(Coeficiente de correlación, enero 2007-diciembre 2019)

	Exportaciones de ALC
Precios agrícolas (componente principal)	0,621
Precios energéticos (componente principal)	0,889
Precios de metales (componente principal)	0,684
Variables financieras (componente principal)	0,881
Producción de vehículos en México	0,662
Producción de vehículos en Brasil	0,444
Producción de vehículos en Argentina	0,621
Contratos a futuros de productos básicos (BCOM)	0,890
Contratos a futuros de productos básicos (CRB)	0,892
Transporte de carga a granel seca (BDI)	0,449
Clima de negocios (IFO)	0,711
Expectativas empresariales (IFO)	0,425
Gerentes de compras (PMI manufacturas EE. UU.)	0,488
Gerentes de compras (PMI no manufacturas China)	0,264
Gerentes de compras (PMI manufacturas China)	0,183
Gerentes de compras (PMI manufacturas México)	0,543
Importaciones de petróleo de Estados Unidos	0,055
Exportaciones de vehículos de México	0,637
Exportaciones de vehículos de Argentina	0,578
Exportaciones de vehículos de Brasil	0,408
Exportaciones totales de Brasil	0,853

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Los colores muestran el grado de correlación entre las variables explicativas y las exportaciones de AL. A mayor intensidad del color verde, mayores los niveles de correlación. Nótese que no se calculó la correlación para las variables PMI Global y de la Eurozona por no contar con una serie completa que comience en enero de 2007. En los cálculos del indicador en los que se incluyen estas variables, se asume el costo de tener una serie más corta, la cual comienza en 2009 y, por lo tanto, excluye el quiebre que se identifica en la serie más larga a finales de 2008.

Antes de describir en detalle los pasos metodológicos para la obtención del LATLI, es importante destacar ciertos puntos. En primer lugar, que el número de regresores considerado hasta ahora —entre ellos, las 151 variables de precios— se encuentra en las antípodas del principio de parsimonia de los modelos econométricos. Como se ha anticipado, este problema es tratado mediante el análisis de componentes principales que se analiza a continuación. En segundo lugar, una especificidad no menor que acompaña el desarrollo del modelo es que a lo largo de todo el ejercicio se trabaja con la variación interanual de las variables para contemplar el efecto calendario de las series mensuales.

Metodologías de estimación

Dimensionalidad y análisis de componentes principales

El primer paso en la estrategia de estimación consiste en el análisis de componentes principales (ACP), cuyo objetivo es reducir la dimensionalidad determinada por el gran número de variables potencialmente asociadas con la dinámica de la variable dependiente. El desafío de esta metodología está en transformar, de la forma más precisa posible, los valores que toma un amplio conjunto de variables en un pequeño subconjunto de ellas con la menor pérdida de información, de modo de preservar comportamientos relevantes de dichas variables.

En rigor, el procedimiento se basa en la construcción de componentes no correlacionados entre sí a partir de las variables originales, que captan la máxima variabilidad de las series originales. Luego de establecer una varianza máxima objetivo, el primer componente principal se define como la combinación lineal de las variables originales que tiene varianza máxima. El segundo componente es otra combinación lineal de variables no correlacionada con el primer componente y que también posee varianza máxima. Se reitera el procedimiento en orden descendente para cada componente hasta alcanzar la varianza acumulada objetivo.

En la tabla 2 se presentan los componentes principales generados a partir de las 151 variables de precios e indicadores financieros considerados. Entre las categorías construidas, se encuentran los precios agrícolas, energéticos, de metales y de variables financieras.

Tabla 2 - Categorización de las variables de precios e indicadores financieros

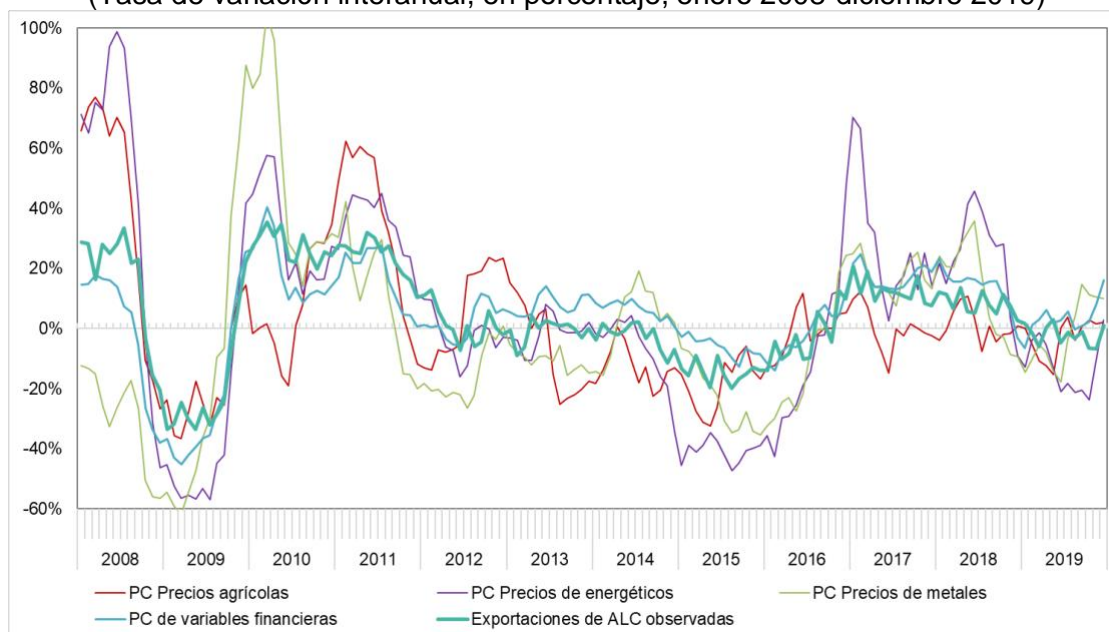
Precios agrícolas	Precios de energía	Precios de metales	Indicadores financieros
Porotos de soja	Petróleo WTI	Oro	CRB (Spot)
Torta de soja	Combustible para calefacción	Aluminio	CRB (Futuros)
Harina de soja	Carbón	Platino	Dow Jones-AIG Commodity Index (Spot)
Aceite de soja	Gas natural	Cobre	Dow Jones-AIG Commodity Index(Futuros)
Trigo	Petróleo Brent	Niquel	Bloomberg Constant Maturity Commodity Index (CMCI)
Sorgo		Zinc	Rogers International Commodity Index
Café		Plata	Índice Standard & Poor's 500
Algodón			Índice Dow Jones Industrial
Azúcar			Índice Chicago Board Options Exchange Market Volatility Index (VIX)
Arroz			Índice Standard & Poor's Goldman Sachs Commodity Index (GSCI)
Cebada			
Maíz			

Fuente: Elaboración propia con base en datos de Bloomberg.

Una vez generados los componentes principales para cada una de estas variables⁶, se observa la correlación existente con la variable dependiente. En la figura 1 se presenta la variación interanual de los componentes generados por medio del ACP y de la serie del valor de las exportaciones de AL.

⁶ Los componentes principales se generan siguiendo la metodología de Pearson (1901) y Hotelling (1933).

Figura 1 – Componentes principales de las variables de precios y valor de las exportaciones de América Latina y el Caribe
(Tasa de variación interanual, en porcentaje, enero 2008-diciembre 2019)



Fuente: Elaboración propia con base en fuentes nacionales y Bloomberg.

Capacidad predictiva, esquemas de ponderación y selección del modelo

Una vez que se estiman todos los componentes principales y se cuenta con las variables seleccionadas, se analiza la capacidad predictiva de las variables y de los componentes obtenidos. Posteriormente, y sobre la base de un conjunto de estimaciones realizadas con diferentes combinaciones de las variables con capacidad predictiva, se identifican los puntos de quiebre en las series y se desarrolla un conjunto de criterios de selección. Esto permite identificar el modelo cuyas estimaciones puntuales anticipan mejor los cambios de tendencia de las exportaciones observadas.

Capacidad predictiva

El primer paso en la selección del modelo para el LATLI consiste en analizar la capacidad predictiva de las variables y de los componentes generados sobre las exportaciones de AL (*ALEXPO*). Es decir, estudiar la capacidad de la variable para adelantarse a la dinámica de las exportaciones regionales. Todas aquellas variables que no cumplan el criterio de discrepancia mínimo establecido a continuación, son descartadas. Es importante destacar que se trabaja con la tasa de variación interanual de las variables y, por lo tanto, se evitan los problemas que podría generar un proceso de desestacionalización.

El procedimiento de selección se realiza comparando, variable por variable, el error cuadrático medio, igual a la suma de residuos al cuadrado (SRC) de un conjunto de modelos cuya variable dependiente es *ALEXPO* y cuyos regresores son todas las combinaciones posibles entre esta variable y sus seis primeros rezagos (tuplas de rezagos). La mejor tupla es aquella que logra la menor SRC entre las posibles tuplas para esa variable. Para ilustrar la idea, considérese un modelo del siguiente estilo:

$$ALEXPO_t = \beta_1 PC AGRO_t + \beta_2 PC AGRO_{t-2} + \beta_3 PC AGRO_{t-6} + \epsilon_t$$

Se considera que una variable cuenta con capacidad predictiva si su mejor tupla presenta una *SRC* que se encuentra por debajo de la mediana de la *SRC* de las mejores tuplas para cada variable. En otras palabras, si se ordenan las *SRC* de todas las mejores tuplas de cada variable de menor a mayor, las variables que conforman el conjunto de regresores posibles para generar la estimación puntual y adelantar los puntos de quiebre en la tendencia de las exportaciones de AL son aquellas cuya mejor tupla, en los términos definidos más arriba, presenta una *SRC* que se encuentra por debajo de la *SRC* de la mejor tupla mediana.

Esquemas de ponderación y estimación

El paso siguiente consiste en seleccionar el modelo con mejor capacidad predictiva. Se trabaja sobre todas las combinaciones posibles del conjunto de variables con capacidad predictiva que se obtuvo a partir de la metodología expuesta en el apartado anterior y que llamamos tuplas contemporáneas. En concreto, se utilizan todas las combinaciones contemporáneas posibles para obtener, a partir de ellas, una estimación de las exportaciones de la región sobre la base de un esquema de ponderación, entre tres posibles. Un ejemplo de tupla contemporánea es el siguiente:

$$ALEXPO_t = \beta_1 PC AGRO_t + \beta_2 PC ENERGY_t + \beta_3 PC METAL_t + \beta_3 ProdArgAutos_t + \beta_3 IFO B EXPECT_t + \epsilon_t$$

Cabe notar que el hecho de que aún no se cuente con una especificación definida del modelo no es trivial. En efecto, la selección del modelo depende endógenamente del esquema de ponderación seleccionado. Sobre la base de la comparación de cada tupla contemporánea en cada esquema de ponderación alternativo elegido se identifican las variables que permiten generar la estimación puntual y adelantar los puntos de quiebre en la tendencia de las exportaciones de AL.

El primer enfoque alternativo para generar una estimación de la variación interanual del valor de las exportaciones de la región (\widehat{ALEXPO}) es tomar el promedio simple para cada tupla contemporánea obtenida. Bajo este enfoque, \widehat{ALEXPO} es, período a período, el promedio de las variaciones interanuales de cada una de las variables que conforman la tupla contemporánea.

El segundo enfoque considerado se basa en utilizar los ponderadores resultantes de un análisis de componentes principales sobre cada una de las tuplas contemporáneas. En este caso, cada tupla se pondera por el peso que cada una de las variables de la tupla manifiesta sobre la variabilidad total de un componente auxiliar, generado a partir de las variables que componen la tupla. De esta forma, cada observación de \widehat{ALEXPO} es el resultado de la suma de cada una de las variables de la tupla, ponderada por su peso sobre la variabilidad total del componente.

Finalmente, otro esquema de ponderación se basa en la metodología de mínimos cuadrados ordinarios (MCO). Esto es, la ponderación de cada uno de los regresores es

determinada por la estimación de cada coeficiente de regresión obtenido en un modelo restringido que regresa *ALEXPO* rezagada tres periodos, contra las variables de la tupla contemporánea.

La selección del esquema de ponderación resulta de comparar la capacidad de adelantamiento de todas las estimaciones realizadas sobre los tres esquemas de ponderación propuestos y seleccionar aquel que mejor logre anticipar los cambios en la tendencia de las exportaciones.

Selección del modelo

El objetivo principal del LATLI es la identificación de puntos de giro en la tendencia del valor de las exportaciones de AL en un momento determinado. Para lograrlo, se utiliza el conjunto de estimaciones de \widehat{ALEXPO} resultante del esquema de ponderación elegido sobre las tuplas contemporáneas analizadas. En rigor, se analiza la tendencia de *ALEXPO* y \widehat{ALEXPO} para cada estimación proporcionada por las tuplas. Para cada caso, las series se obtienen aplicando el filtro HP con una parametrización adecuada para series mensuales.

El criterio de selección del modelo que permite generar el LATLI se basa en retener aquella tupla contemporánea cuya estimación de las exportaciones de la región mejor anticipe los puntos de quiebre en la tendencia de *ALEXPO*. Para ello, se siguen los siguientes pasos.

En primer lugar, se identifican, para todas las estimaciones realizadas para *ALEXPO* (esto es, para todas las series \widehat{ALEXPO} generadas a partir de las diferentes tuplas contemporáneas y los diferentes esquemas de ponderación), los puntos de quiebre en ambas tendencias. Estos se identifican a través de los máximos y mínimos locales observados mediante el algoritmo de Bry y Boschan (1971) y Harding y Pagan (2002). Este procedimiento exige que los puntos de quiebre seleccionados sean tales que, para ambas series, se cuente con fases de p meses de largo, ciclos de c meses de largo y que entre punto y punto de quiebre exista una ventana de w meses. Siendo c , p y w parámetros previamente definidos⁷.

Una vez identificados estos puntos de quiebre, comparando el número de meses de anticipación total que presenta \widehat{ALEXPO} frente a *ALEXPO*, se obtiene un puntaje (*score*). Esto es, si se identificaron seis puntos de quiebre en total (por ejemplo, tres picos y tres valles), se suma la cantidad de meses que \widehat{ALEXPO} anticipa el primer pico (o valle) de *ALEXPO*, se suma la cantidad de meses que \widehat{ALEXPO} anticipa el segundo pico (o valle) de *ALEXPO*, y se reitera la evaluación hasta el último punto de quiebre. La selección del modelo se realiza privilegiando la estimación del valor de las exportaciones de AL que anticipa los registros oficiales observados con la mayor cantidad de meses.

⁷ Nótese que en la función SBBQ se utilizan parámetros trimestrales y, por lo tanto, se realizan las conversiones correspondientes al contar con datos mensuales.

Predicción instantánea de la tasa de crecimiento de las exportaciones

Tal como se detalló anteriormente, el índice líder permite adelantar la existencia de un punto de quiebre en la tendencia, pero no provee una estimación de la tasa de crecimiento de las exportaciones para los meses en los cuales no se dispone de datos oficiales. Para ello, se deriva el LATNI, una predicción instantánea de la tasa de variación interanual de las exportaciones de AL, cuya estructura metodológica es muy similar a la del LATLI.

En efecto, este indicador también parte de un conjunto de variables relevantes que se reduce siguiendo un criterio de selección determinado. Luego, sobre la base de diferentes tuplas y esquemas de ponderación, se selecciona el mejor modelo, de acuerdo con un criterio de optimización.

De la misma forma que en el LATLI, se reduce el número de variables potenciales para conformar el modelo tomando solo aquellas con capacidad predictiva. El LATNI considera solamente aquellas variables que cumplen dos requisitos. En primer lugar, todas las variables que conforman potencialmente el modelo deben presentar observaciones en al menos un período posterior al de las exportaciones observadas. En segundo lugar, se consideran variables relevantes solamente aquellas que posean una correlación mayor a un umbral definido previamente⁸.

Una vez reducido el conjunto de variables, se procede de la misma forma que en el LATLI para obtener nuevamente \widehat{ALEXPO} , sobre la base de los diferentes esquemas de ponderación mencionados anteriormente y para todas las combinaciones de variables relevantes.

El paso siguiente consiste en comparar el desempeño de estas estimaciones. Dado que el objetivo no es comparar qué tanto anticipó \widehat{ALEXPO} los puntos de quiebre de $ALEXPO$, sino evaluar la precisión de las estimaciones comparada con los valores puntuales período a período, el método de selección es diferente.

Para realizar este procedimiento, primero se corrige cada una de las estimaciones obtenidas en el paso anterior multiplicando cada observación de la serie estimada por un coeficiente. Este coeficiente se obtiene regresando $ALEXPO$ contra \widehat{ALEXPO} , mediante ventanas móviles de t períodos sobre la muestra, lo que permite ponderar las observaciones de \widehat{ALEXPO} para cada estimación realizada por cada tupla, una a una.

Una vez que se cuenta con estimaciones corregidas del valor de las exportaciones, se procede a seleccionar aquel modelo que presenta el menor error cuadrático medio (ECM) para los últimos cuatro períodos. Finalmente, se reportan los intervalos de confianza junto con la estimación puntual para los dos períodos que siguen.

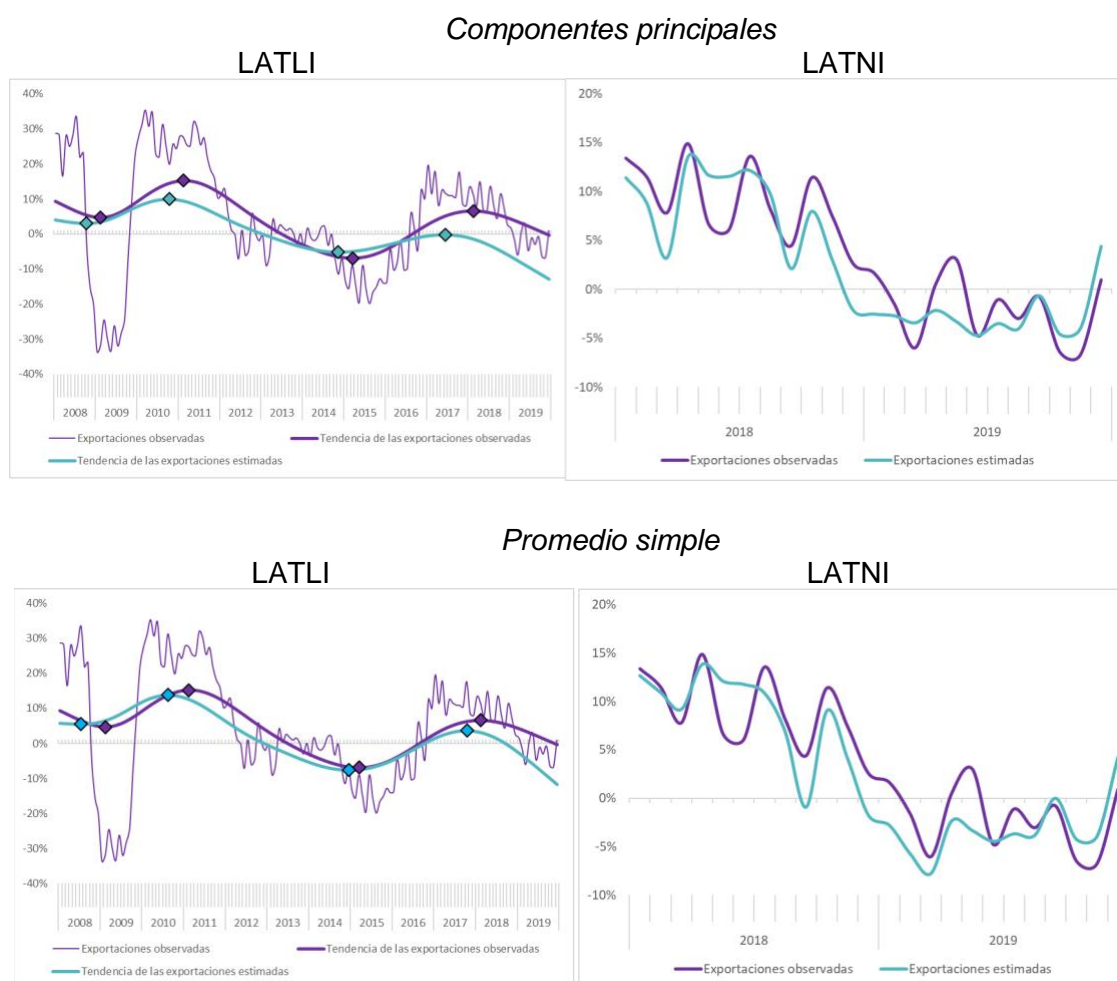
⁸ El umbral de correlación definido arbitrariamente para los resultados analizados en esta nota es de 0,2.

Ajuste del modelo y resultados

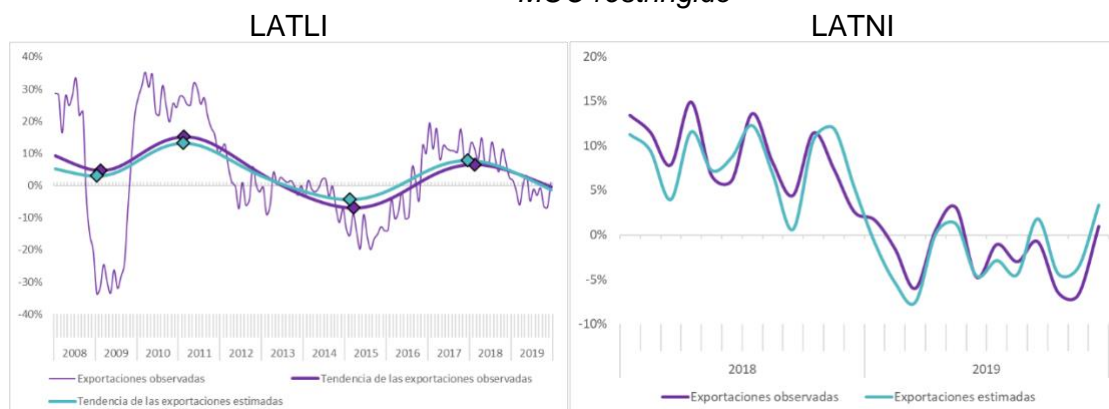
Para evaluar la capacidad predictiva de los instrumentos, a continuación, se analiza el desempeño de cada modelo seleccionado según los distintos esquemas de ponderación, considerando su capacidad de anticipar cambios en la tendencia de las exportaciones y de realizar una estimación puntual de su tasa de crecimiento. Asimismo, se presentan los modelos seleccionados y los principales resultados.

La figura 2 muestra, para cada esquema de ponderación, el desempeño del LATLI (presentando la tendencia estimada y la forma en que se logra anticipar los puntos de quiebre) y del LATNI (presentando una selección de estimaciones puntuales). Como ya se adelantó, las discrepancias entre los resultados son producto del esquema de ponderación seleccionado.

Figura 2 - Desempeño del LATLI y del LATNI
(Tasa de variación interanual, variables seleccionadas, enero 2008-diciembre 2019)



MCO restringido



Fuente: Elaboración propia.

Al analizar la dinámica del LATLI, se observa que la estimación logra anticipar los puntos de giro en la tendencia de las exportaciones de la región. Para el caso del LATNI, se aprecia que la estimación puntual de la tasa de crecimiento aproxima razonablemente bien aquella observada en las exportaciones de la región.

La tabla 3 da cuenta de la capacidad predictiva de los modelos seleccionados para cada esquema de ponderación para el LATLI, reportando el puntaje relevante en cada caso. En particular, el cuadro indica la cantidad de meses promedio con que la estimación logra anticipar los puntos de quiebre de la tendencia.

Tabla 3: Anticipación de puntos de quiebre del LATLI
Modelos seleccionados

	Modelos seleccionados				
	LATLI				Puntaje*
	Meses de anticipación				
Punto identificado sobre ALEXPO	feb-09	feb-11	mar-15	feb-18	
Esquema de ponderación:					
Promedio simple	7	6	3	4	5,0
Componentes principales	4	4	4	8	5,0
MCO restringido	1	0	1	2	1,0

Fuente: Elaboración propia.

Nota: *El puntaje indica la cantidad de meses promedio con que la estimación logra anticipar los puntos de quiebre de la tendencia.

Con base en la puntuación, para esta calibración y el conjunto de datos actualizados a diciembre de 2019⁹, los modelos del LATLI que presentan la mayor capacidad de adelantamiento de los puntos de quiebre son los que utilizan el esquema de ponderación promedio simple y el de componentes principales (tabla 3). Siguiendo estos modelos, el LATLI logró anticipar 5 meses (en promedio) un quiebre en la tendencia. Este valor resulta de promediar la cantidad de meses que la estimación de las exportaciones adelanta un punto de quiebre en la tendencia para cada pico o valle existente en la serie¹⁰.

⁹ El contexto de alta incertidumbre del año 2020 debido al carácter extraordinario de la crisis económica derivada de la pandemia limita la capacidad de los instrumentos analíticos de realizar predicciones. Por esta razón el análisis de la capacidad predictiva de los modelos presentados en este documento se realizó con datos que abarcan hasta diciembre de 2019.

¹⁰ Una extensión deseable de la metodología consistiría en estimar la probabilidad de que el indicador esté efectivamente anticipando un cambio de tendencia (Diebol y Rudebusch, 1989).

Siguiendo un enfoque similar para el LATNI, el modelo que presentó el mayor poder predictivo en el mismo período es el que basa su estimación en componentes principales. Debido a la amplia variabilidad de las estimaciones del LATNI para los meses en los cuales no se dispone de observaciones de la variable de interés, los investigadores seleccionaron la estimación puntual usando su mejor juicio. Este se basa en el análisis de la tendencia de los últimos meses y en la información cuantitativa y cualitativa disponible sobre los principales determinantes de las exportaciones de la región. De todas maneras, cabe destacar que la incidencia de cualquier imprecisión de los resultados del LATNI sobre la predicción de la tasa de crecimiento interanual de las exportaciones es menor, ya que afecta un número de meses limitado (típicamente dos) respecto del año completo. Los futuros esfuerzos de investigación estarán orientados a incrementar la capacidad predictiva de este indicador.

Conclusiones

La estimación de la tendencia del valor de las exportaciones de la región y la predicción de su evolución a corto plazo están sujetas a varias restricciones. Por un lado, los retrasos en la publicación de los datos sobre flujos comerciales dificultan el monitoreo en tiempo real. Por otro, las variables que podrían contener alguna información sobre la evolución futura del comercio son muy restringidas. Para hacer frente a estos obstáculos, se optó por una estrategia empírica basada en la utilización de un amplio conjunto de variables que típicamente aproximan u orientan la evolución de las exportaciones de AL.

Mediante la metodología de componentes principales, se logra condensar la información de la mayoría de esas variables en factores capaces de reflejar su variabilidad inherente. Una vez identificados los factores y los componentes, así como las demás variables de interés, se obtiene la mejor predicción del comportamiento de las exportaciones de la región haciendo uso de diferentes esquemas de ponderación, una metodología de identificación de puntos de quiebre en la tendencia, distintas herramientas de estimación puntual y un criterio de selección endógena del mejor modelo acorde a cada indicador. Esta estrategia permite elegir el modelo que mejor anticipa los cambios en la tendencia (LATLI) y mejor predice el comportamiento instantáneo de las exportaciones (LATNI).

En la especificación usada como ejemplo en este trabajo, el LATLI permite anticipar un quiebre en la tendencia cinco meses antes de que ocurra. Esta distancia de más de un trimestre respecto del desempeño efectivo del comercio, acompañada de la estimación puntual de los meses más recientes obtenida con el LATNI, permite orientar de manera temprana la toma de decisiones relacionadas con el comercio en los países de la región.

En suma, tanto el LATLI como el LATNI aportan información crítica al análisis de la coyuntura comercial de la región. Permiten superar las restricciones determinadas por el rezago en la disponibilidad de datos oficiales, proporcionando una indicación temprana y fiable del desempeño de las exportaciones de la región.

Bibliografía

Aruoba, S.B., F.X. Diebold, y C. Scotti. 2009. «Real-Time Measurement of Business Conditions», *Journal of Business and Economic Statistics* 27:4.

Barhoumi, K. y L. Ferrara. 2015. *A World Trade Leading Index*. Working Paper, No. 15/20. Fondo Monetario Internacional.

Bell, V., L. Co, S. Stone y G. Wallis. 2014. «Nowcasting UK GDP». *Bank of England Quarterly Bulletin* Q1. Banco de Inglaterra.

Bry, G. y C. Boschan. 1971. *Cyclical Analysis of Time Series: Selected Procedures and Computer Programs*. National Bureau of Economic Research. Columbia University Press.

Diebol, F. y G. Rudebusch. 1989. «Scoring the Leading Indicators». *The Journal of Business*, 1989, vol. 62-3.

Giannone, R., L. Reichlin y D. Small. 2008. «Nowcasting: The Real-time Informational Content of Macroeconomic Data». *Journal of Monetary Economics*, 55.

Ghysels, E., P. Santa-Clara, y R. Valkanov. 2004. «The MIDAS touch: Mixed data sampling regression models», mimeo.

Harding, D. y A. Pagan. 2002. «Dissecting the cycle: a methodological investigation☆ Author links open overlay panel». *Journal of Monetary Economics*, Volume 49, Issue 2.

Hotelling, H. 1933. «Analysis of a complex of statistical variables into principal components». *Journal of Educational Psychology* 24(6), 417–441.

Keck, A., A. Raubold y A. Truppia. 2010. «Forecasting international trade: A time series approach», *OECD Journal: Journal of Business Cycle Measurement and Analysis*, vol. 2009/2.

Kitchen, J., y R. Monaco. 2003. «Real-time forecasting in practice: The US Treasury staff's real-time GDP forecast system». *Business Economics* 38 (4), 14.

Marcellino, M. 2006. «Leading Indicators». *Handbook of Economic Forecasting*, Chapter 16, vol. 1. Elsevier.

Maurin, L., y K. Drechsel. 2008. «Flow of conjunctural information and forecast of euro area economic activity», *ECB Working Paper*, 925.

Organización Mundial del Comercio. 2019. *WTO good trade barometer methodology*.

Pearson, K. 1901. «On lines and planes of closest fit to systems of points in space». *Philosophical Magazine*, 11.

Stock, J. y M. Watson. 2002. «Macroeconomic Forecasting Using Diffusion Indexes». *Journal of Business and Economic Statistics*, Vol. 20.

Anexo 1 - LATLI y LATNI: una visión sintética

	LATLI	LATNI
Objetivos	<p>Proveer una indicación temprana de los cambios en la tendencia de corto plazo de las exportaciones de América Latina.</p> <p>¿Cómo? Identificando puntos de giro en la tendencia estimada de las exportaciones sobre la base de una selección de modelos lineales conformados por distintas combinaciones de variables relevantes y distintos esquemas de ponderación.</p>	<p>Proveer una estimación puntual adelantada de la tasa de variación interanual de las exportaciones de América Latina.</p> <p>¿Cómo? Se obtiene el valor proyectado de las exportaciones siguiendo un criterio de predicción basado en la selección entre modelos lineales conformados según distintas combinaciones de variables relevantes y distintos esquemas de ponderación.</p>
Insumos	<p>Variables de alta frecuencia correlacionadas con las exportaciones de la región</p> <p>Precios de productos básicos, tipos de cambio y tasas de interés; producción y exportación del sector automotor de México, Argentina y Brasil; Índices de Gerentes de Compras Global y de Estados Unidos, China, México y la Eurozona; índices de expectativas y clima de negocios; índices de movimiento de contenedores de carga de corto plazo; índices de contratos a futuro de productos básicos; índices de transporte de carga a granel seca; importaciones de petróleo de Estados Unidos; y exportaciones totales de Brasil.</p>	
Pasos metodológicos	<p>Procedimiento en cinco etapas</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Extracción de variables relevantes, limpieza de ruido estadístico y elaboración de componentes principales. 2) Análisis de capacidad predictiva de las variables y los componentes a la fecha. 3) Generación de estimaciones de las exportaciones sobre la base de combinaciones de dichas variables y con diferentes esquemas de ponderación. 4) Aplicación del algoritmo de Bry y Boschan para identificar los puntos de quiebre de la tendencia estimada de las exportaciones. 5) Comparación de la capacidad de cada estimación de anticipar (en meses) los puntos de quiebre en la tendencia. 	<p>Procedimiento en cuatro etapas</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Extracción de variables relevantes, limpieza de ruido estadístico y elaboración de componentes principales. 2) Análisis de capacidad predictiva de las variables y los componentes a la fecha. 3) Generación de estimaciones de las exportaciones sobre la base de combinaciones de dichas variables y con diferentes esquemas de ponderación. 4) Selección del modelo que presenta el menor error cuadrático medio para los últimos cuatro períodos previos al objetivo de predicción.
Diferencias	<p>Objetivos: El LATLI provee una indicación de cambio en la tendencia de las exportaciones de la región en los meses sucesivos a la última observación disponible; mientras que el LATNI provee una estimación puntual de la tasa de variación interanual de las exportaciones de la región en los meses para los cuales aún no se dispone de observaciones.</p> <p>Selección del modelo: Para el construir el LATLI se compara la capacidad de anticipar puntos de giro en la tendencia en un grupo de modelos. Para construir el LATNI se comparan las diferencias entre los valores observados y las estimaciones en un período reciente.</p>	

Anexo 2 – Variables para la estimación del LATLI y el LATNI

Tipo	Fuente	Período	Frecuencia
Componente principal de variables de precios agrícolas	Bloomberg	ene 07-dic 2019	mensual
Componente principal de variables de precios de productos energéticos	Bloomberg	ene 07-dic 2019	mensual
Componente principal de variables de precios de metales	Bloomberg	ene 07-dic 2019	mensual
Componente principal de variables financieras	Bloomberg	ene 07-dic 2019	mensual
Producción vehículos de Argentina	ADEFA	ene 07-dic 2019	mensual
Contratos a futuros de productos básicos (BCOM)	Bloomberg	ene 07-dic 2019	mensual
Contratos a futuros de productos básicos (CRB)	Thompson Reuters	ene 07-dic 2019	mensual
Índice de transporte de carga a granel seca	Bloomberg	ene 07-dic 2019	mensual
Índice IFO de clima de negocios	IFO Institute	ene 07-dic 2019	mensual
Índice IFO de expectativas	IFO Institute	ene 07-dic 2019	mensual
Índice de gerentes de compras manufacturero de EE. UU.	Markit IHS	ene 07-dic 2019	mensual
Índice de Gerentes de Compras no manufacturero de China	NBS	ene 07-dic 2019	mensual
Índice de Gerentes de Compras manufacturero de China	NBS	ene 07-dic 2019	mensual
Índice de gerentes de compras manufacturero de México	INEGI	ene 07-dic 2019	mensual
Importaciones de petróleo de Estados Unidos	EIA	ene 07-dic 2019	mensual
Exportaciones de vehículos de Argentina	ADEFA	ene 07-dic 2019	mensual
Exportaciones de vehículos de Brasil	AFAVEA	ene 07-dic 2019	mensual
Exportaciones de América Latina y el Caribe	Fuentes nacionales	ene 07-dic 2019	mensual