

**Banco Central
del Ecuador**



eISSN: 2697-3367

2021



**Cuestiones
Económicas**

Volumen 31 Número 1



BANCO CENTRAL
DEL ECUADOR





Tabla de contenidos

Precio del petróleo y ciclo económico en una economía dolarizada: Un enfoque de cambio de régimen de Markov aplicado a la economía ecuatoriana	5
<i>Alexander Carvajal y Fernando Martin-Mayoral</i>	
Modelo nowcast con factores dinámicos para la estimación trimestral del PIB real para el Ecuador	30
<i>Francisco López, Emanuel Yaselga y Francisco Espinosa</i>	
Preferencias en el uso de pagos electrónicos en el Ecuador	77
<i>Jeniffer Rubio, Bryan Pérez, Dayana Acosta y John Arroyo</i>	
La curva de Phillips para la economía dolarizada de Ecuador	103
<i>Daniel Covri Rivera</i>	
Análisis microeconómico en la pedagogía: Un experimento de evaluación de impacto de la gamificación en las aulas universitarias	138
<i>Alfredo Verdezoto y Luis Panchi</i>	



PRECIO DEL PETRÓLEO Y CICLO ECONÓMICO EN UNA ECONOMÍA DOLARIZADA: UN ENFOQUE DE CAMBIO DE RÉGIMEN DE MARKOV APLICADO A LA ECONOMÍA ECUATORIANA

*Alexander Carvajal y Fernando Martin-Mayoral**

Información

Recibido:

31 de marzo de 2021

Aceptado:

3 de junio de 2021

Palabras clave:

Crecimiento económico

Precio del petróleo

Ciclo económico

Series de tiempo

Modelos no lineales

Cambio de régimen de

Markov

Ecuador

Clasificación JEL:

O11, C01, C22

DOI:

<https://doi.org/10.47550/RCE/31.1.1>

Resumen

Las economías de los exportadores de materias primas están muy expuestas a los ciclos de precios de las materias primas; sin embargo, los auges y las caídas pueden causar impactos asimétricos dentro de la economía. Comprender la dinámica de estos ciclos puede ayudar en la gestión de sus impactos más amplios en el bienestar económico y social. Respectivamente, esta investigación tiene el objetivo de analizar el efecto asimétrico o no lineal de las variaciones de precios de las materias primas, específicamente el petróleo sobre el ciclo económico de una economía dolarizada como la ecuatoriana, durante el periodo 1991:01-2018:04. Para ello se utilizará un modelo de cambios de régimen de Markov, el cual permite establecer estados para el ciclo económico y las transiciones entre ciclos como consecuencia de shocks del precio del petróleo. Los resultados obtenidos muestran estados de expansión más recurrentes que los estados de recesión, donde las variaciones en el precio del petróleo están relacionadas con los cambios en el estado del ciclo económico de la economía ecuatoriana.

*Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales, FLACSO-Ecuador. Correo electrónico: acarvajal@gmail.com

Copyright © 2021 Carvajal et al. Los autores conservan los derechos de autor del artículo. El artículo se distribuye bajo la licencia Creative Commons Attribution 4.0 License.



OIL PRICES AND ECONOMIC CYCLES IN A DOLLARIZED ECONOMY: A MARKOV SWITCHING REGIME APPROACH APPLIED TO THE ECUADORIAN ECONOMY

*Alexander Carvajal and Fernando Martin-Mayoral**

Article Info

Received:

31st March 2021

Accepted:

3th June 2021

Keywords:

Economic growth
Oil price
Business cycle
Time series
Non-linear models
Markov switching model
Ecuador

JEL:

O11, C01, C22

DOI:

<https://doi.org/10.47550/RCE/31.1.1>

Abstract

The economies of commodity exporters are highly exposed to commodity price cycles; however, booms and busts can cause asymmetric impacts within the economy. Understanding the dynamics of these cycles can assist in the management of their broader impacts on economic and social wellbeing. Accordingly, the objective of this research is to analyze the relationship between price variations of raw materials, specifically oil, and the economic cycle of a dollarized economy such as Ecuador's. The research is based on a Markov regime switching model, which allows establishing states for the economic cycle and the transitions between cycles as a consequence of oil price shocks. The research was carried out for the period 1991:01-2018:04. The results obtained show evidence that oil price variations are related to changes in the state of the business cycle in the Ecuadorian economy.

*Latin American Faculty of Social Sciences, FLACSO-Ecuador. E-mail: acarvajaln@gmail.com

Copyright © 2021 Carvajal et al. Authors retain the copyright of this article. This article is published under the terms of the Creative Commons Attribution Licence 4.0.

1. INTRODUCCIÓN

El crecimiento no se produce de manera uniforme o lineal. Las economías se ven sometidas a fases o ciclos, con fluctuaciones ascendentes y descendentes de la producción, los precios, los tipos de interés o el empleo, pudiendo implicar elevados costos sociales y económicos. La regularidad de las fluctuaciones económicas entre periodos de prosperidad y declive, encontrada en los estudios empíricos, llevó, desde inicios del siglo xx, a un importante desarrollo de la teoría de los ciclos económicos con las aportaciones de Wesley Mitchell, Simon Kuznets, Frederick Mills o John M. Keynes (Coley y Prescott, 1995). A partir de los años sesenta del siglo pasado, con la aparición de las escuelas post keynesianas estructuralistas y neo estructuralistas, se formaliza el estudio del crecimiento en el corto plazo, con enfoque en los países en desarrollo (Taylor, 1983).

Históricamente, los países en desarrollo se han integrado a los flujos de comercio globales a través de la comercialización de materias primas hacia los grandes centros industriales mundiales (Bowman 2004). Las fluctuaciones de precios de las materias primas pueden generar ciclos en el crecimiento en los países en desarrollo con impactos negativos en el bienestar social. Los impactos negativos incluyen mayor inequidad en la distribución del ingreso y en los niveles de consumo de los hogares, lo que afecta directamente a las condiciones de vida de la población (Agenor, 2000). Por otro lado, se ha comprobado que existen importantes asimetrías o no linealidades en el efecto de las variables económicas sobre los ciclos económicos, mostrando parámetros diferentes entre ambas variables, dependiendo de la fase del ciclo en que se encuentren las economías (Mork, 1989; Kim y Nelson, 2000).

La presente investigación tiene como objetivo analizar la relación entre los cambios en los precios del petróleo y el crecimiento de la economía ecuatoriana en el largo plazo, bajo un enfoque no lineal, mediante la aplicación de un modelo de cambio de régimen de Markov. Se busca evidenciar su relación con los estados de expansión y contracción que se producen en una economía en desarrollo y dolarizada como la ecuatoriana.

El resto del trabajo está estructurado de la siguiente manera: la próxima sección realiza una revisión de la literatura relevante, sobre la relación entre ciclos económicos y el precio del petróleo, para países en desarrollo; la tercera sección describe el modelo de cambio de régimen de Markov; la cuarta sección describe los datos utilizados y presenta la aplicación de la metodología a la economía ecuatoriana para el periodo 1991:01-2018:04. Finalmente, se presentan los principales resultados y conclusiones obtenidas de la investigación.

2. CICLO ECONÓMICO Y MATERIAS PRIMAS

El camino al crecimiento no es un camino sostenido; muy al contrario, sufre de fluctuaciones cíclicas, con periodos de auge y de recesión, lo cual ocurre en la mayoría de economías (Sala i Martin 2000, p. 25).

El crecimiento económico no se produce de manera continua y lineal, sino que está sujeto a fluctuaciones generadas por la presencia de ciclos económicos. Años continuos de crecimiento y expansión van seguidos de años de recesión y crisis, acompañados de disminuciones en la producción, incrementos en el desempleo y pérdidas de bienestar. Como consecuencia de ello, el crecimiento económico registra desviaciones respecto a su tendencia en el largo plazo, generando grandes diferencias en el nivel del producto interno bruto (PIB) per cápita y en el nivel de vida de la población (Dornbush, 1994).

La literatura económica neoclásica, dominante en la esfera académica e investigativa de la segunda mitad del siglo xx, centró su interés en el análisis del crecimiento económico de largo plazo. Se basó en las aportaciones de autores de la escuela clásica como Adam Smith o David Ricardo (Kaldor, 1961) y la escuela marginalista, al considerar la existencia de un equilibrio natural, donde el mercado cumple la función de agente equilibrador y existe pleno empleo de factores productivos. Bajo este supuesto, no existe la posibilidad de fluctuaciones de la producción, con periodos de sobreproducción seguidos por periodos de crisis. La corriente dominante, sin embargo, no pudo predecir ni determinar las causas de la Gran Depresión de 1929.

A partir de la publicación de la *Teoría general del empleo, interés y dinero* (Keynes, 1936), se establece una ruptura con las ideas clásicas y marginalistas, revolucionando la concepción predominante de la época al establecer que el equilibrio es solo un caso particular, siendo el desequilibrio el estado natural de la economía. En el capítulo 22 de la *Teoría general* («Notas sobre el ciclo económico»), se presentan los fundamentos para la explicación de los ciclos económicos, definiéndolos como fluctuaciones alrededor de la tendencia de crecimiento en el largo plazo del sistema económico. Keynes plantea la existencia de una tasa natural de crecimiento, alrededor de la cual fluctúa de manera secuencial la actividad económica. Estos movimientos son dirigidos por las decisiones de inversión, atendiendo a la eficiencia marginal del capital (Martín-Mayoral, 2019).

En la década de 1980, se desarrolló una importante literatura respecto a la relación entre la tendencia de largo plazo del producto y los ciclos económicos. La mayoría de los autores utilizaron diversas metodologías bajo el supuesto de que el crecimiento del PIB sigue un proceso lineal (Berveridge y Nelson, 1981; Nelson y Plosser, 1982; Harvey, 1985; Watson, 1986; Clark, 1987; Campell y Mankiw, 1987; King, Plosser, Stock y Watson, 1986) (citados en Hamilton 1989). Sin embargo, el crecimiento económico puede tener una tendencia no lineal; es decir, el PIB puede tener una función no lineal con sus valores rezagados.

Varios autores han analizado la presencia de no linealidades en los determinantes de los ciclos económicos. Neftci (1984) estudia la relación entre la tasa de desempleo y el ciclo económico en los Estados Unidos en el periodo 1950-1978. Observa que las variables económicas pueden mostrar comportamientos diferentes en las fases del ciclo, lo cual denomina «asimetrías»; la economía puede estar en estados de pleno empleo o desempleo, según las fases de expansión o recesión respectivamente, y cada fase mantiene parámetros diferentes. Sichel (1987) también considera la presencia de asimetrías en los ciclos económicos. Estudia la relación

entre la producción industrial, el producto interno bruto y el desempleo en los Estados Unidos, para el periodo 1950-1980. Observa cómo, en las diversas fases del ciclo, las fases de contracción son más extensas y profundas que las fases de expansión, que son cortas y de menor duración. Es por ello por lo que Stock (1987) propone realizar transformaciones no lineales para las series de tiempo. Estos trabajos determinaron que la especificación no lineal caracteriza de mejor manera la dinámica de los ciclos económicos que la especificación lineal.

Desde este punto de vista, el trabajo de Hamilton (1989) analiza la tasa de crecimiento trimestral del producto de los Estados Unidos desde 1950 hasta 1980. Observa que la tendencia en el largo plazo del producto está caracterizada por fases de crecimiento seguidas por fases de decrecimiento. Sostiene que las especificaciones lineales utilizadas tradicionalmente no explican de una manera adecuada el comportamiento del producto ante estos cambios de fases que se producen de manera recurrente. Por ese motivo, propone una especificación no lineal basada en el modelo de cambio de régimen de Markov. Adicionalmente, observa que el modelo permite estimar los puntos de inflexión de las fases del ciclo y reproducir los momentos donde el producto cambia de las fases de expansión a las fases de contracción, los cuales coinciden exactamente con esos puntos de inflexión. Hamilton (1989) concluye que la tendencia en el largo plazo del producto está limitada por ciclos económicos que registran cambios recurrentes entre fases con tasas de crecimiento positivas y negativas en la tendencia de largo plazo.

Bajo un enfoque diferente, Hodrick y Prescott (1997) establecieron un «filtro» para analizar los comovimientos de los agregados del producto de los Estados Unidos y otras variables como precios, tasas de interés y agregados monetarios. Concluyen que los ciclos económicos se explican por cambios demográficos, tecnológicos y en el *stock* de capital, que afectan al crecimiento del ingreso per cápita de los Estados Unidos.

En el caso de la economía ecuatoriana, se encuentra muy poca literatura respecto a los ciclos económicos. Existen investigaciones a nivel de tesis de grado o postgrado como la de Bayancela (2016), que aplica un modelo de cambio de régimen de Markov para explicar los ciclos económicos en Ecuador en el periodo 1997-2015. Establece un modelo de dos estados —recesión y recuperación— para estimar cómo las variables explicativas influyen en la probabilidad de permanecer en el mismo estado o transitar hacia otro. Encuentra coincidencias entre la determinación de los ciclos económicos, con el modelo de Hodrik y Prescott y el modelo de cambio de régimen de Markov.

2.1. Precio del petróleo y ciclo económico

La crisis de 1973, provocada por las interrupciones en el suministro mundial de petróleo, estimuló el desarrollo de una amplia literatura que ha investigado la relación entre los precios del petróleo y las variables macroeconómicas, especialmente en los Estados Unidos y los países europeos, desde varios enfoques y metodologías (Mork, 1990, Raymond y Rich 1997).

Hamilton (1983) analiza la relación entre los choques del precio del petróleo y las recesiones ocurridas en los Estados Unidos en el periodo 1949:2-1972:4. Utiliza una serie trimestral de las tasas de crecimiento de la economía norteamericana en términos reales y del precio del petróleo en términos nominales. Aplica un modelo de vectores auto regresivos (VAR) de seis variables, basado en Sims (1980). Encuentra que todas las recesiones menos una fueron precedidas por incrementos en el precio del petróleo. Mork (1989) realiza una extensión del trabajo de Hamilton (1983), incluyendo el precio del petróleo en un modelo de la economía Norteamericana con datos trimestrales entre 1949:1 y 1988:2. Observa una correlación negativa y asimétrica entre los incrementos en el precio del petróleo y el PIB de ese país.

Raymond y Rich (1997) investigan la relación entre los choques del precio del petróleo y las fluctuaciones del ciclo económico, para la economía de los Estados Unidos en el periodo 1951:1-1995:3 (series trimestrales). Critican los estudios previos basados en modelos lineales, al generar una correspondencia clara entre las dos variables. En su lugar, utiliza el modelo de cambio de régimen de Markov, propuesto por Hamilton (1989), para examinar la capacidad del precio del petróleo para generar cambios de régimen en la tasa de crecimiento promedio del PIB y predecir la transición entre los ciclos económicos; estos ciclos están caracterizados por cambios recurrentes entre estados de crecimiento positivo (expansión) y estados de crecimiento negativo (recesión). Observan que los ciclos económicos están caracterizados por cambios recurrentes entre estados de crecimiento positivo y estados de crecimiento negativo, y obtienen evidencias de que los choques en el precio del petróleo se transmiten a la economía de Estados Unidos a través de la generación de fases de bajo crecimiento del PIB.

Hamilton (2000) analiza la relación entre los choques del precio del petróleo y el crecimiento del producto de los Estados Unidos en el periodo 1971-1998. Observa que los incrementos en el precio de este producto generan un impacto negativo significativo en las tasas de crecimiento del PIB del país. Lo confirma también su estudio anterior (Hamilton 1983), donde las recesiones ocurridas en los Estados Unidos desde la postguerra hasta la década de los ochenta estuvieron antecedidas por un incremento en los precios del petróleo; mientras que las caídas no tuvieron un impacto significativo en el producto de este país, lo que refuerza la tesis de asimetría en la relación entre ambas variables. Adicionalmente, sugiere que los choques del precio del petróleo generan impactos negativos en el empleo y salarios reales.

Clements y Krolzig (2001) continúan con el estudio de Raymond y Rich (1997), estudiando la relación entre el precio del petróleo y las asimetrías de los ciclos económicos de los Estados Unidos, utilizando el modelo de cambio de régimen de Markov popularizado por Hamilton (1989). Analizan una serie de datos trimestrales del producto interno de los Estados Unidos y los precios reales del petróleo que corresponde al periodo 1952:1 a 1999:4 deflactados por el deflactor implícito del PIB (precios de 1996). Las series son aplicadas en logaritmos y transformadas en primeras diferencias. Definen tres regímenes (recesión y expansión dividida en dos, una normal y otra de rápida recuperación). Observan que los estados de expansión y contracción del modelo de cambio de régimen de Markov corresponden con las

fases del ciclo establecidos por NBER, especialmente con los estados de expansión. Sus resultados coinciden ampliamente con los de Raymond y Rich (1997), donde los precios del petróleo no parecen ser la única explicación del cambio de régimen. Además, las asimetrías detectadas en el ciclo económico no parecen estar explicadas por los cambios en los precios del petróleo.

Para países de América Latina, existe escasa literatura que analice el efecto de los choques en el precio del petróleo sobre el ciclo económico. Perilla (2010) observa un impacto positivo de los precios del petróleo sobre el crecimiento económico de Colombia, para el periodo 1990-2009. Sin embargo, los incrementos del precio del petróleo tienen efectos negativos en el tipo de cambio, lo que promovió las importaciones tanto de bienes de consumo como de capital y, a la vez, afectó negativamente a las exportaciones, con el consiguiente deterioro de la balanza comercial.

Alarcón, Molero y Pérez (2016) estudian el impacto de los *shocks* del precio del petróleo en la actividad económica y la tasa de inflación de Brasil, Colombia y Perú, para el periodo 1991:01-2014:01 (series trimestrales). Observan un fuerte efecto positivo entre los incrementos del precio del petróleo y la inflación y un significativo efecto negativo en el crecimiento económico para Brasil. Estos resultados son consistentes con la literatura respecto a que los países importadores netos de petróleo, como efecto de las subidas de los precios del petróleo, registran incrementos de las tasas de inflación, incrementos en los costos de producción y reducción en la inversión. Para Colombia, encuentran incrementos en el crecimiento económico, luego de un alza en el precio del petróleo. En el caso de Perú, observan un efecto positivo entre la inflación y el incremento en el precio del petróleo.

Camacho y Pérez Quiroz (2017) analizan la relación entre los choques y el crecimiento del producto en siete países exportadores de petróleo de América Latina: Argentina, Brasil, Chile, Colombia, México, Perú y Venezuela. Aplican el estudio para el periodo 1993-2009, con base en datos trimestrales del producto y de los precios del petróleo. Hacen referencia a otros autores como Izquierdo (2008) y Osterholm y Zettelmeyer (2007), que también habían evidenciado cómo los choques de precios de las materias primas generan no linealidades en el comportamiento del PIB. Su investigación encuentra que los cambios en los precios de las materias primas producen una reacción no lineal en el crecimiento del producto para los siete países latinoamericanos.

En el caso de la economía ecuatoriana, Paladines (2017) analiza el efecto del precio del petróleo en el producto per cápita para el país durante el periodo 1980-2015, usando metodologías de vectores autoregresivos (VAR). Encuentra que un choque positivo en el precio del petróleo genera un impacto positivo en el PIB per cápita durante los dos periodos siguientes, regresando posteriormente al nivel inicial antes del choque. Fernández y Lara (2006) señala que la economía ecuatoriana es muy vulnerable a los choques externos, siendo el precio del petróleo el más importante.

3. MARCO METODOLÓGICO. MODELOS DE REGRESIÓN CON EL CAMBIO DE RÉGIMEN DE MARKOV

Las variables económicas están sometidas a episodios en los cuales el comportamiento de la serie presenta cambios dramáticos. Estos cambios son especialmente apreciables en variables macroeconómicas o financieras, como resultado de guerras, pánicos financieros, cambios significativos en las políticas públicas o cambios dramáticos en las condiciones financieras (Hamilton, 1989).

La mayor parte de los trabajos de investigación que han caracterizado la naturaleza de la tendencia de largo plazo del PIB y su relación con el crecimiento económico se basan en modelos en donde se asume una tendencia lineal en el crecimiento económico (diferencia de logaritmos del PIB). Autores como Beveridge y Nelson (1981), Nelson y Plosser (1982), Cuddington (1992) y Campell y Mankiw (1987) utilizaron modelos de series de tiempo ARIMA y ARMA alrededor de una tendencia determinista. Harvey (1985), Watson (1986) y Clark (1987) basaron sus análisis en modelos estructurales de componentes lineales no observados. King, Plosser, Stock y Watson (1987) utilizan por primera vez métodos de cointegración de Engle y Granger (1987) para analizar la relación entre el producto y los ciclos económicos (Hamilton, 1989). Agenor (2000) estudia las fluctuaciones macroeconómicas aplicando filtros de Hodrick-Prescott (1997), Baxter King (1995). En los análisis de series de tiempo, se había constatado que los parámetros de la regresión no eran constantes en el tiempo y existían cambios estructurales que dividían los periodos de la serie en distintos regímenes con parámetros diferentes.

La existencia de no linealidades en los modelos económicos se hizo latente en la literatura a partir de la década de los ochenta, lo cual llevó al desarrollo de modelos como el cambio de régimen de Markov, para analizar variables económicas que registran cambios de régimen o de estado en los parámetros. Autores como Neftci (1984), Stock (1987), así como Kim y Nelson (2000), observan la existencia de no linealidades y asimetrías en las variables y los ciclos económicos. Hamilton (1989) extiende el trabajo de Neftci (1984), aplicando el modelo de cambio de regímenes de Markov de Goldfeld y Quandt (1973), bajo el supuesto de que el crecimiento del PIB sigue un proceso estacionario no lineal que puede estar sujeto a cambios discretos en su régimen (episodios en los que el comportamiento dinámico de la serie es notablemente diferente).

Los modelos de regresión con el cambio de régimen de Markov fueron introducidos en la econometría por Quandt (1972), quien investiga los procesos de series de tiempo, en los cuales los datos pueden presentar cambios estructurales y los parámetros pueden cambiar en los diferentes tramos de la serie. Observa que pueden existir regímenes o estados no conocidos que son caracterizados por parámetros diferentes, donde los cambios o la transición entre ambos estados están gobernados

por un proceso de Markov¹. Posteriormente, Golfeld y Quandt (1973) aplican este modelo para el mercado de vivienda en los Estados Unidos, estableciendo las ecuaciones de oferta y demanda e incluyendo las variables de tasa de interés hipotecaria y los saldos de depósitos en los bancos. Observan que una serie de tiempo que registra cambios de regímenes puede modelarse como un proceso de cadena de Markov y es posible realizar inferencia sobre los parámetros para cada régimen, mediante la maximización de la función verosimilitud.

El método de cambio de régimen de Markov permite modelar series de tiempo que registran cambios estructurales a lo largo del tiempo. Es posible considerar que estos cambios son el resultado de un proceso aleatorio que puede ser representado por una variable no observada, un suceso denominado régimen o estado, en el cual se encuentra la serie de tiempo definida como s_t . Esta variable puede tomar solo valores discretos, por ejemplo: 0, 1, 2, cada uno de los cuales representa un régimen o estado. El modelo permite encontrar distintos «estados» en la historia de las series, con una duración prolongada que muestre finalmente ciclos largos en la serie de datos. La transición entre los estados encontrados se refleja en cambios discretos que se determinan a través de cadenas de Markov, cuya finalidad es incorporar la probabilidad condicional de cambio de un estado a otro, donde la probabilidad del siguiente suceso depende solamente del suceso inmediatamente anterior y por tanto es independiente de la historia de esa variable (Margalef, Miret-Artés y Outerelo Domínguez 2014).

El modelo de cambio de régimen de Markov para series de tiempo puede ser expresado —formalmente siguiendo a Neftci (1984), Hamilton (1989, 2005), Kim y Nelson (2000)— como un proceso autoregresivo en donde se registran cambios en los parámetros:

$$\begin{aligned} y_t &= \phi_{s_t} y_{t-1} + \varepsilon_t \\ \varepsilon_t &\sim i. i. d N(0, \sigma^2) \end{aligned} \tag{1}$$

El valor del estado s_t se reevalúa de periodo en periodo a través de cadenas de Markov. En estas, se indica la probabilidad condicional de estar en el estado j en el periodo t , luego de haber estado en el régimen i en el periodo $t - 1$. Estas probabilidades son representadas a través de matrices de Markov. El componente ϕ_{s_t} son los parámetros del modelo para cada régimen; si existen varios regímenes, cada uno de ellos tendrá parámetros diferentes ϕ_{s_t} ; finalmente el componente ε_t son los errores independientes, con media cero y varianza definida.

La estimación de los parámetros que caracterizan la serie en los diferentes regímenes o estados en la que se sitúa la economía permite conocer, por ejemplo,

¹ Propuesto por el ruso Andréi A. Markov (1856-1922), las cadenas de Markov modelan una secuencia de variables aleatorias que corresponden a los estados de un determinado sistema, de tal manera que el estado en un momento depende solo del estado en el momento anterior (Ching y Ng 2006).

si la tasa de crecimiento promedio de la economía se encuentra en un régimen de crecimiento o en una fase de decrecimiento.

3.1. Inferencia sobre los regímenes

A través de un modelo de Markov, se pueden estimar los regímenes o estados en los que se encuentra la serie, lo cual permite conocer, por ejemplo, si la economía se encuentra en un régimen de crecimiento o decrecimiento, o si el petróleo se encuentra en una fase de precios elevados o de precios bajos, si el tipo de cambio de una divisa se encuentra apreciada o depreciada, etc. La estimación de los regímenes se realiza a partir de una función de probabilidad condicional que depende de la observación, sobre la cual se busca estimar los parámetros y la resolución de la función de verosimilitud².

Goldfeld y Quandt (1973) observan que los regímenes son desconocidos y no observables directamente de la información disponible, por lo cual es necesario hacer inferencia sobre ellos, considerando que fueron generados por una cadena de Markov. Según Kim y Nelson (2000), es posible realizar inferencias sobre los regímenes utilizando toda la información disponible del modelo. Estas inferencias sobre los regímenes se denominan «probabilidades suavizadas» (*smoothed probability*). Según Raymond y Rich (1997), las probabilidades filtradas pueden calcularse realizando iteraciones hacia atrás para los periodos hasta T .

3.2. Matriz de transición de regímenes

La matriz de transición permite conocer la probabilidad de que un régimen permanezca en su mismo estado y la probabilidad de que se produzcan transiciones hacia otro estado. Aplicados al ciclo económico, este resultado es relevante para definir los estados de crecimiento o decrecimiento de la economía, lo que permite determinar los momentos en los cuales la política pública debe incentivar la economía para mantener el crecimiento o incentivar un cambio de estado de crecimiento negativo a uno positivo.

Hamilton (1989) define que, si un régimen $s_t = j$ puede tomar un valor determinado j , es posible construir una función de probabilidad condicional que dependa de su valor inmediatamente anterior, s_{t-1} , y de otras variables y_{t-1} y su historia, que pueden incluirse en el modelo:

$$P\{s_t = j | s_{t-1} = i, s_{t-2} = k, \dots, y_{t-1}, y_{t-2}, \dots\} = Pr\{s_t = j | s_{t-1} = i\} = p_{ij} \quad (2)$$

² Ver anexo 1 para una explicación teórica sobre las cadenas de Markov y la inferencia óptima de los parámetros.

Este proceso se puede describir como una cadena de Markov con probabilidades de transición.

$$\{p_{ij}\} i, j = 1, 2, \dots, N$$

La probabilidad de transición definida p_{ij} da la probabilidad de que el estado i se presente luego del estado j , en donde todas las probabilidades deben sumar la unidad para que el proceso sea consistente ($p_{i2} + p_{i3} + p_{iN} = 1$).

Estas probabilidades pueden ser ordenadas en una matriz de dimensiones ($N * N$), de la siguiente forma:

$$P = \begin{bmatrix} p_{11} & \cdots & p_{N1} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ p_{1N} & \cdots & p_{NN} \end{bmatrix}$$

Esta matriz muestra la probabilidad de que un estado transite hacia otro o que permanezca en el mismo. En el caso de estados de una economía, la matriz de transición permite conocer la probabilidad de que, en un momento dado de la serie, la economía se encuentre en una fase de crecimiento o que cambie a una fase de recesión.

4. DATOS Y MODELO

La investigación aplica el modelo a una serie de datos trimestrales del precio real del petróleo marcador WTI, obtenido de la base de datos de materias primas del Banco Mundial y del producto interno bruto de Ecuador, para el periodo 1991:03 a 2018:04, obtenido de la información disponible en la base de materias primas del Banco Mundial³.

En esta investigación, se utilizaron dos series de tiempo: una serie trimestral para el periodo 1991:01-2018:04 del PIB real a precios de 2007, según la última Metodología de Cambio de año base realizada por el Banco Central (BCE, 2015); la segunda, una serie trimestral de precios reales del petróleo (marcador West Texas Intermediate, WTI) desde 1991:01 a 2018:04, obtenida de la base de información del Banco Mundial⁴. Las dos series temporales se transformaron en logaritmos.

³ WTI es la abreviatura empleada para identificar el crudo marcador West Texas Intermediate. El precio real de un mes A es igual al precio nominal del mes A por el IPC del mes base (dato de último mes publicado), dividido para el IPC del mes A. <https://contenido.bce.fin.ec/documentos/Estadisticas/Hidrocarburos/PreciosPetroleo062010.pdf>.

⁴ El Banco Mundial dispone de una importante base histórica mensual desde 1960:01, con precios de 71 materias primas (energéticas, no energéticas y metales) comercializadas a escala global en los mercados internacionales. El marcador West Texas Intermediate (WTI) sirve como marcador para el precio del crudo ecuatoriano en los mercados internacionales.

El primer paso es comprobar las propiedades de las series de datos utilizadas. El modelo de cambio de régimen de Markov sigue un proceso no lineal estacionario, lo que implica que la tendencia del PIB se considera estacionaria. Para ello se realizan pruebas de raíz unitaria (Dickey Fuller aumentado y Phillips-Perron⁵), que permiten determinar la estacionalidad de las primeras diferencias del logaritmo de las series utilizadas.

Tabla 1.
Test en niveles y diferencias

	Dickey-Fuller aumentado		Phillips-Perron	
	Niveles	Diferencias	Niveles	Diferencias
PIB	-2.0685(p-value 0.5482)	-4.1439(P-value 0.01)	-4.0812(p-value 0.7976)	-84.869(p-value 0.01)
WTI	-1.881(p-value 0.626)	-5.7658(p-value 0.01)	-12.618 (p-value 0.3852)	-92.156 (p-value 0.01)

Elaboración: autores

Los valores estadísticos obtenidos para la serie del logaritmo del PIB y del precio WTI están por debajo de los valores críticos, lo que nos permite aceptar la hipótesis nula y afirmar que la serie tiene raíz unitaria y, por tanto, no es estacionaria. Al aplicar primeras diferencias a ambas series de la serie de tiempo, se obtiene su tasa de crecimiento⁶. Las pruebas de raíz unitarias rechazan la hipótesis nula, lo que demuestra que las series en diferencias son estacionarias con media y varianza constantes. Ambas pruebas nos permiten concluir que ambas series son integradas de orden uno [I(1)] y que siguen un proceso de Markov de tendencia estacionaria (Camacho, 2011).

4.1. Modelo de cambio de régimen de Markov para la economía ecuatoriana

A continuación, presentamos el modelo de cambio de régimen aplicado a la economía ecuatoriana, que incluye como variable exógena el precio del petróleo, tomando como referencia los modelos de Hamilton (1989), Raymod y Rich (1997) y Kim (2000), Nelson (1999):

⁵ Estos métodos prueban la existencia de raíz unitaria sobre un polinomio autorregresivo para cada variable del modelo, a partir de dos hipótesis. La hipótesis nula, H_0 , nos dice que la serie presenta una raíz unitaria, es decir, la serie no es estacionaria. Bajo la hipótesis alternativa, H_1 , la serie no presenta raíz unitaria, y, por tanto, es estacionaria.

⁶ Al estar las series en logaritmos y aplicar a la serie de tiempo las primeras diferencias, se obtiene la tasa de crecimiento. En el caso del PIB, $\Delta LPIB_t = (LPIB_t - LPIB_{t-1})$. En el caso del precio del petróleo, $[\Delta LWTI_t = (LWTI_t - LWTI_{t-1})]$.

$$\begin{aligned} \Delta y_t &= \Delta x_t \beta s_t + \varepsilon_t \\ \varepsilon_t &\sim N(0, \sigma^2) \\ t &= 1, 2, \dots, T \end{aligned} \tag{3}$$

La especificación definida corresponde a un modelo de series de tiempo con cambio de régimen, en donde Δy_t corresponde a las primeras diferencias del logaritmo del producto interno bruto en términos reales (crecimiento económico); Δx_t a las primeras diferencias del logaritmo del precio del WTI en los mercados internacionales (variación en el precio del petróleo); s_t define los regímenes no observados, y ε_t corresponde a los errores normalmente distribuidos con media cero y varianza definida.

Respecto a la definición de regímenes, a partir de las propuestas por Hamilton (1989) y Raymond y Rich (1997), se establecen dos: el primero de ellos considera que la economía puede encontrarse en una fase de crecimiento positivo o expansión ($s_t = 1$); el segundo, que la economía se encuentra en una fase de crecimiento negativo o recesión ($s_t = 2$). Además, al igual que Raymond y Rich (1997), se incluye el precio del petróleo dentro del modelo, con el fin de establecer el efecto que tiene sobre los dos regímenes para la economía ecuatoriana.

La estimación se efectuó con el software estadístico R⁷. La estimación de los parámetros se obtuvo con base en la resolución del algoritmo esperanza-maximización (EM) desarrollado por Dempster, Laird y Rubin (1977) para encontrar estimadores de máxima verosimilitud de parámetros en modelos probabilísticos que dependen de variables no observables. Además, la inferencia de la probabilidad de ocurrencia de cada régimen se realizó con base en los filtros propuestos por Hamilton (1989).

La tabla 2 presenta los resultados del modelo aplicado a la economía ecuatoriana, en el cual se incluye la variable «precio del petróleo» (LWTId) como variable explicativa, para el periodo de análisis 1991:1-2018:4 (series trimestrales); las desviaciones estándar de los estimadores se muestran entre paréntesis.

Tabla 2.

Estimadores de EM para el modelo cambio de régimen de Markov para el PIB de la economía ecuatoriana

	Régimen 1 (expansión)	
	$(s_t=1)$	
	Coefficiente	Desv. Est.
Intercepto	0.9459	(0.1227)

⁷ El paquete utilizado fue MSwM, el cual cuenta con un grupo de funciones para el modelo de Markov.

Régimen 1 (expansión)		
$(s_t=1)$		
	Coefficiente	Desv. Est.
LWTId	0.0126	(0.0110)

Régimen 2 (recesión)		
$(s_t=2)$		
	Coefficiente	Desv. Est.
Intercepto	-0.1411	(0.6430)
LWTId	-0.0284	(0.0182)

Elaboración: autores

Estos resultados permiten observar que la economía ecuatoriana registra estados de expansión y contracción que se intercambian entre ellos y sugieren que las variaciones del precio del petróleo tienen un efecto sobre la tasa promedio de crecimiento trimestral del producto interno bruto. Los parámetros obtenidos muestran que la variable explicativa (Δx_t) generó estimadores positivos para el régimen de expansión ($s_t = 1$) y estimadores negativos para el régimen de contracción ($s_t = 2$). El modelo generó un estimador positivo de 0.0126 para los estados de expansión de la economía ecuatoriana, lo que significa que un incremento en el precio del petróleo del 1 % genera una tasa de crecimiento trimestral positiva de 1.26 % en el PIB, en promedio. En el caso de los regímenes de contracción ($s_t = 2$), se obtuvo un estimador negativo de -0.0284: un incremento en el precio del petróleo tiene un efecto negativo sobre la caída del PIB durante este estado de recesión. Es decir, contrarresta o atenúa la caída del PIB trimestral del Ecuador en un 2.84 % en promedio durante estos estados.

La matriz de transición entre los estados definidos para el modelo —los cuales se ha demostrado que están relacionados con los cambios en los precios del petróleo— se muestra a continuación:

Tabla 3.
Matriz de transición de estados

	Regime 1	Regime 2
Regime 1	0.91954394	0.3149489
Regime 2	0.08045606	0.6850511

Elaboración: autores

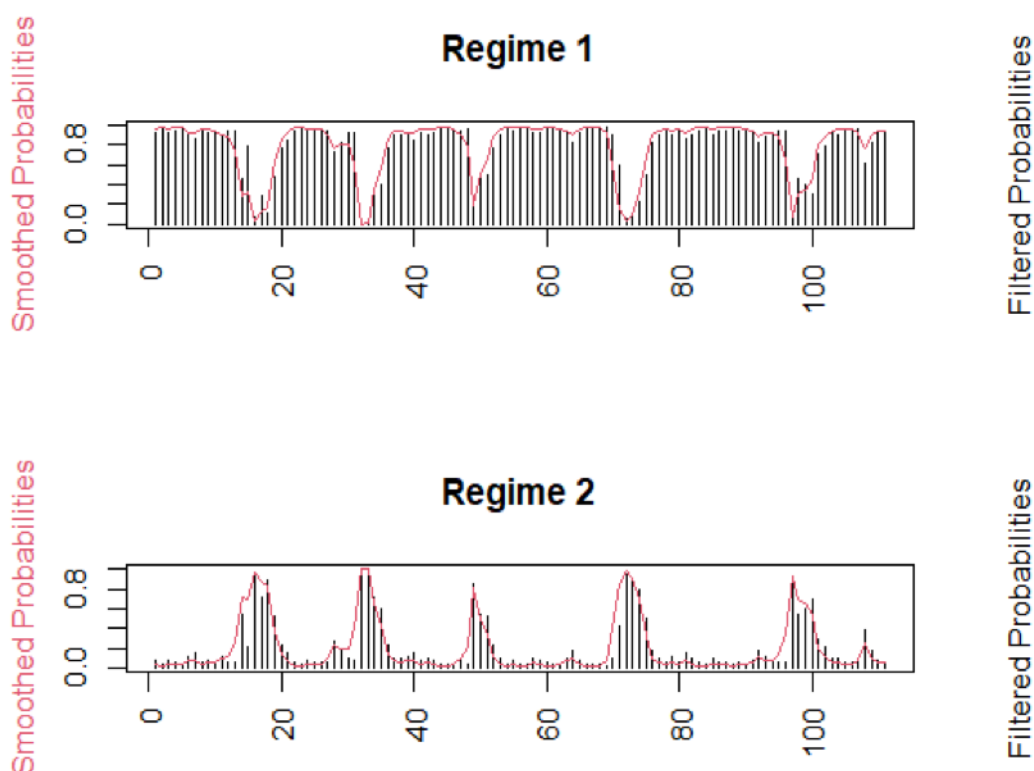
Los resultados obtenidos permiten establecer que, para el periodo analizado, cuando la economía entra en un estado, mantiene alta persistencia en ese. La probabilidad de que la economía permanezca en el estado $s_t = 1$ (régimen 1 de expansión) es 0.9195, mientras que la probabilidad de que cambie de estado es 0.0804. Si la economía se encuentra en el estado $s_t = 2$ (régimen 2 de contracción), la probabilidad

de que permanezca en el estado es 0.6850 y de que cambie de estado es 0.3149. Estos resultados permiten determinar que la probabilidad de que la economía se mantenga en un estado de expansión es mayor a que cambie a un estado de contracción; sin embargo, la probabilidad de cambio de un estado de expansión a uno de contracción es mayor (0.31 vs. 0.08).

Este resultado se constata igualmente a través de un análisis gráfico de probabilidades de permanencia en un determinado régimen o de transición hacia el otro régimen (siguiente página).

Gráfico 1.

Gráfico de probabilidades de régimen $s_t = 1$ (expansión) y régimen $s_t = 2$ (contracción), datos trimestrales



Elaboración: autores

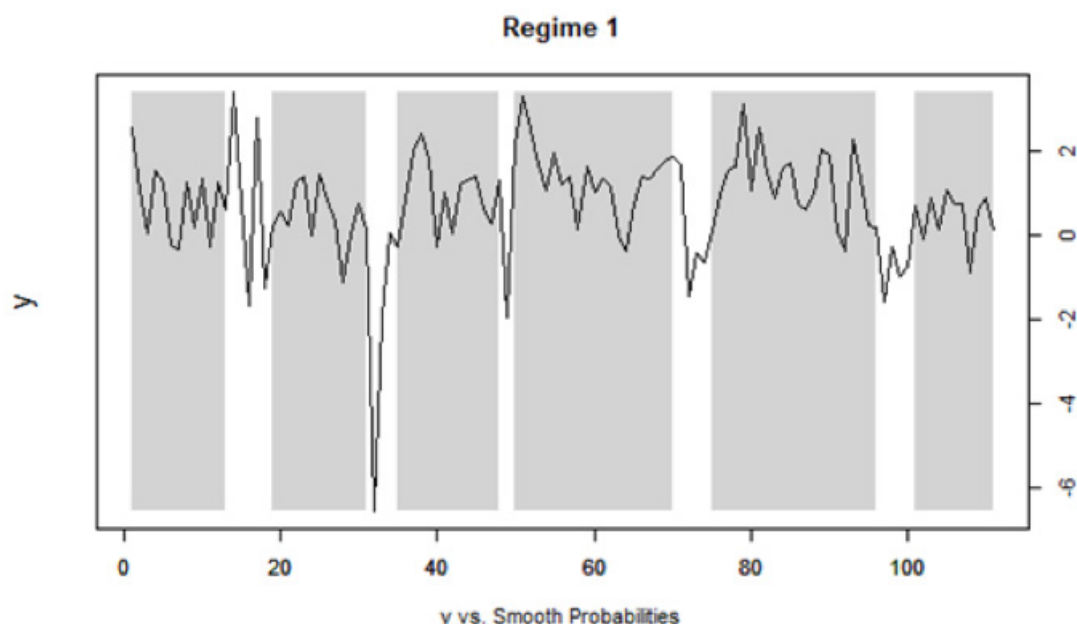
El gráfico muestra en el panel superior las probabilidades de que los trimestres del periodo 1991:1-2018:4 se encuentren en un régimen de expansión (régimen 1) y el panel inferior muestra las probabilidades de que un trimestre específico se encuentre en un régimen de contracción (régimen 2). El modelo de cambio de régimen de Markov para la economía ecuatoriana demuestra que existe una mayor probabilidad de ocurrencia de que el producto se encuentre en un régimen de expansión, de manera más extensa y recurrente que los estados de contracción. Este resultado se diferencia

de los observados para países desarrollados por Neftci (1982), Hamilton (1989) y Raymond y Rich (1997).

Finalmente, en el gráfico 2 se muestran los estados de la economía ecuatoriana que han sido obtenidos con el modelo de cambios de régimen de Markov. En él se pueden visualizar las tasas de variación trimestral del PIB (Δy_t) y los regímenes inferidos por el modelo. Las zonas oscuras muestran la presencia del régimen 1 (expansión); las zonas claras, la presencia del régimen 2 (contracción), lo cual coincide en la mayoría de los casos con las zonas de crecimiento positivo y negativo del PIB durante el periodo analizado.

Gráfico 2.

Estados de la economía ecuatoriana obtenidos con el modelo de cambio de régimen de Markov (trimestres)



Elaboración: autores

El primer estado de crecimiento negativo evidenciado en el modelo abarca el periodo 1994:2-1995:4, cuando se produce una fuerte caída en el consumo final que se ve reflejada en contracciones en la construcción y el comercio (BCE Cuentas trimestrales, marzo 2000). Este periodo presenta fuertes altibajos que coinciden también con una fuerte volatilidad en el precio del petróleo y que parece afectar al crecimiento económico del siguiente trimestre (ver anexo 2), acentuando la recesión cuando el precio del petróleo cae y contrarrestando esta caída cuando el precio del petróleo sube. El segundo estado de recesión detectado se produce durante 1998:4-1999:4, consecuencia de la profunda crisis en el sistema financiero y cambiario que atravesó el país (Orellana, 2011). Esta provocó una contracción generalizada en todos los componentes de la demanda, con reducciones en la formación bruta de capital

fijo (FBKF) cercanas al 25 % y al 15 % en cada uno de los trimestres señalados. Esta caída afectó al *output* de todos los sectores económicos, siendo los más golpeados la construcción, el comercio y los servicios financieros (BCE Cuentas trimestrales, marzo 2000). No obstante, el incremento en el precio del petróleo durante estos 4 trimestres ayudó a contrarrestar la caída del PIB, plasmándose en una reducción en las exportaciones del 3 % frente al 35 % en las importaciones, generándose un superávit comercial del 6 % del PIB (Orellana, 2011).

En 2003:2, el modelo de cadenas de Markov marca un nuevo ciclo recesivo, que coincide nuevamente con una reducción en el precio del petróleo durante los dos primeros trimestres de 2003, acompañado por una reducción en la demanda interna provocada por una reducción del consumo público, seguido de una reducción en el consumo privado (BCE Cuentas trimestrales, diciembre 2020). El cuarto ciclo recesivo detectado por el modelo abarca el periodo 2008:4-2009:4. Este régimen coincide con la crisis financiera internacional iniciada en 2008, que afectó negativamente al precio del petróleo y que presentó una fuerte caída desde el tercer trimestre de 2008 hasta el primer trimestre de 2009. El último régimen recesivo se produce en el periodo 2015:1-2016:1. El precio del petróleo presenta una caída desde el tercer trimestre del año 2014 y se prolonga hasta el cuarto trimestre de 2015, lo que lleva a una ralentización de la economía ecuatoriana (Vallejo-Mata et al 2019). No obstante, durante el segundo semestre de 2015, se produce una corrección positiva en el precio del petróleo que permite atenuar la caída del PIB en los dos trimestres siguientes de 2015.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El presente trabajo de investigación ha tenido como objetivo analizar la naturaleza del crecimiento de la economía ecuatoriana en el largo plazo y su relación con los cambios en el precio de una materia prima como el petróleo. El crecimiento a largo plazo es un aspecto fundamental para los países en desarrollo, considerando que el bienestar de su población depende en gran medida de cuánto crecimiento logren alcanzar y de lo sostenido que este sea en el tiempo. Este aspecto es aún de mayor relevancia para Ecuador, debido a que el país mantiene un esquema monetario extremo como la dolarización y una elevada dependencia en las exportaciones de este *commodity*.

La revisión de la literatura sobre el tema, tanto para países desarrollados como en desarrollo, muestra que el crecimiento económico no es lineal, por lo que análisis con métodos lineales no permiten una comprensión completa en presencia de cambios en las variables de estudio. Es por eso por lo que, en la presente investigación, se han abordado modelos no lineales que permitan generar resultados más ajustados para variables que registran cambios dramáticos como el análisis de los ciclos económicos y las materias primas. Para ello se utilizó el modelo de cambio de régimen de Markov empleado por Hamilton (1989), donde se introduce el efecto de los cambios en los precios del petróleo, siguiendo a Raymond y Rich (1997). Este modelo ha sido

ampliamente utilizado para el estudio de ciclos económicos y de materias primas, debido a su capacidad de explicar el comportamiento de variables que demuestran cambios importantes en su tendencia de largo plazo.

El modelo aplicado permite obtener resultados relevantes respecto a la relación del petróleo y la tendencia de crecimiento de largo plazo de la economía ecuatoriana. Se pudo observar que el precio del petróleo tiene un efecto directo sobre el crecimiento del PIB. Cuando la economía se encuentra en un régimen de expansión, un incremento del precio del petróleo del 1 % tiene un efecto positivo del 1.26 % en promedio sobre el crecimiento del PIB, y un efecto inverso cuando la economía está en un régimen de contracción; una variación positiva en el precio de petróleo del 1 % genera un efecto contrario sobre la caída del PIB en un 2.80 % en promedio para el periodo considerado. Este resultado demuestra un efecto de atenuación de la caída del PIB en etapas de recesión. Los resultados obtenidos permiten observar que el modelo de cambio de régimen aplicado en esta investigación generó una clara definición de los estados o regímenes en los cuales puede encontrarse la economía ecuatoriana.

También ha sido posible observar cambios recurrentes entre estados de crecimiento y estados de contracción de la economía ecuatoriana. La economía muestra un dinamismo que le permite tener una alta probabilidad de permanecer en fases de expansión y una alta probabilidad de salir de fases de contracción. En el modelo, se observa que los estados de expansión son más frecuentes y extensos que los estados de contracción. Sin embargo, los estados de contracción son de mayor intensidad que los estados de expansión, lo que afecta negativamente a la tendencia de crecimiento de largo plazo de la economía ecuatoriana. Bajo esta dinámica, se torna relevante para el país alcanzar un consenso respecto a las estrategias y políticas públicas que permitan incrementar el promedio de crecimiento de la economía y los mecanismos anticíclicos que permitan contrarrestar la intensidad de las fases de contracción.

Esta investigación ofreció una aplicación de modelos no lineales para el análisis de variables en la economía ecuatoriana, obteniendo resultados consistentes. Los resultados abren un camino de investigación futura, donde se pueden analizar los canales de transmisión del precio del petróleo sobre la economía ecuatoriana. Además, se puede considerar la utilización de variables adicionales como la inversión, el consumo privado, así como el gasto público, las exportaciones y su relación con los ciclos económicos, para alcanzar una mejor comprensión de la tendencia de largo plazo de la economía ecuatoriana.

BIBLIOGRAFÍA

- Alarcón J., Molero J. y Pérez F. (2016). *The macroeconomic effects of oil shocks in three latinamerican economies*. Cuestiones Económicas. Banco Central del Ecuador.
- Agenor Pierre-Richard y Mc Dermont C., Prasard. (2000). *Macroeconomic Fluctuations in Developing Countries: Some Stylized Facts*. World Bank Economic Review.
- Bayancela A. (2016). *Analysis of business cycles in Ecuador (1997-2015): Classical Model & Markov Switching Model using Fixed and Two Stage varying transition probabilities*. Universidad Politécnica de Cataluña.
- Baxter M., y King R. (1995). *Approximate Band-Pass Filters for Economic Time Series*. NBER Working Paper 5022. National Bureau of Economic Research. Cambridge.
- Berveridge S. y Nelson Ch. (1981). *A new approach to Decomposition of Economic Time Series into Permanent and Transitory Components with particular Attention to Measurement of the Business Cycles*. Journal of Monetary Economics.
- Bowman C. y Husain A. (2004). *Forecasting Commodity Prices: Futures Versus Judgment*. International Monetary Fund.
- Camacho. (2011). *Markov-switching models and the unit root hypothesis in real US GDP*. Economics Letters. 112.2. 161-164.
- Campbell J. y Mankiw G. (1987). *Is Consumption Too Smooth?*. NBER. Working Paper.
- Campbell J. y Mankiw G. (1987). *Permanent and Transitory Components in Macroeconomic Fluctuations*. American Economic Review.
- Camacho y Perez-Quiroz. (2014). *Commodity Prices and the Business Cycle in Latin America: Living and Dying by Commodities*.
- Cashin, P. y McDermott C. (2002). *The Long-run Behavior of Commodity Prices: Small Trends and Big Variability*. IMF Staff Papers. Vol. 49(2).
- Ching W. K. y Ng M. K. (2006). *Markov chains. Models, algorithms and applications*.
- Clark P. (1987). *The Cyclical Component of US economy*.
- Cooley, T. y Prescott E. (1995). *Economic growth and business cycles. Frontiers of business cycle research 1*.
- Clemens M. y Krolzig H. (2001). *Can oil shocks explain asymmetries in the US Business Cycle?* Empirical economics.
- Cuddington J. (1992). *Long-run trends in 26 primary commodity prices: A disaggregated look at the Prebish-Singer Hypothesis*. Journal of Development Economics.
- Dempster A. Laird y Rubin D. (1977). *Maximum Likelihood from Incomplete Data via the EM Algorithm*. Journal of the Royal Statistical Society.
- Dornbusch R. y Fischer S. (1994). *Macroeconomía*. McGraw-Hill Higher Education.
- Engle R. y Granger C. (1987). *Co-Integration and Error Correction: Representation, Estimation and Testing*, *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 251-27.
- Fernández, G. y Lara, C. (2006). *Los Shocks Exógenos y el Crecimiento Económico*. Banco Central del Ecuador. Quito, Ecuador.
- Golfeld S. y Quandt R. (1974). «A Markov Model for Switching Regressions», *Journal of Econometrics*, 1.
- Kaldor N. (1960). *Capital accumulation and economic growth, The theory of capital*. Palgrave Macmillan.

- Kalman R. (1960). *A new approach to a Linear Filtering and Prediction Problems*. Journal of Basic Engineering.
- Keynes J. (1936). *Teoría General del empleo, el interés y el dinero*. Fondo de Cultura Económica.
- Kim Ch. y Nelson Ch. *State Space Models with Régime Switching*. MIT Press, 2000.
- King R., Plosser Ch., Stock J. y Watson M. (1987). *Stochastic Trends and Economic Fluctuations*, NBER. Working Paper No. 2229.
- Kydland, Finn E. y Edward C. Prescott. (1990). «Business Cycles: Real Facts and Monetary Myth». Federal Reserve Bank of Minneapolis Quarterly.
- Hamilton. (1983). *Oil and the Macroeconomy since World War II*. The Journal of Political Economy, Vol 91. The University of Chicago Press.
- Hamilton, *Time Series Analysis 1998*.
- Hamilton (1989), *A new approach to the Economic Analysis of Nonstationary Time Series and the Business Cycle*, Econometrica, Volume 57.
- Hamilton J. (2000). *What is an oil shock*, National Bureau Of Economic Research. Cambridge.
- Hamilton J. (2005). *Regime Switching Models*. Palgrave Dictionary of Economics.
- Harvey A. (1985). *Trends and Cycles in Macroeconomic Time Series*. Journal of Business and Economic Statistics.
- Hodrik R. y Prescott E. (1997). *Postwar U.S. Business Cycles: An Empirical Investigation*, Journal of Money, Credit and Banking, Vol. 29, No. 1.
- Izquierdo A., Romero R. y Talvi E. (2008). «Booms and Busts in Latin America: The Role of External Factors». Research Department Publication no. WP-631, Inter-American Development Bank, Washington, DC.
- Martin-Mayoral F. (2019). *Revisión histórica de los modelos postkeynesianos de crecimiento y distribución del ingreso*. FLACSO.
- Margalef Roig, J., Miret-Artés, S. y Outerelo Domínguez, E. (2014). *Probabilidad y Economía 3. Procesos estocásticos*. Sanz y Torres.
- Mitchell y Wesley C. (1927). *Business Cycles: The Problems and its Setting*. New York, Nber.
- Mork, K. «Business Cycles and Oil Price Fluctuations: Some Evidence for six OECD Countries». Central Bureau of Statistics, 43 (1989).
- Mork, K. «Oil and the Macroeconomy When Prices Go Up and Down: An Extension of Hamilton's Results». Journal of Political Economy 97. (1989). 740-44.
- Neftci S. (1984). *Are Economic Time Series Asymmetric over Business Cycle*. Journal of Political Economy.
- Nelson Ch. y Plosser Ch. (1982). *Trends and Random Walks in Macroeconomic time Series; Some evidence and Implications*, Journal of Monetary Economics.
- Orellana, M. (2011). *Hechos estilizados del ciclo económico de Ecuador: 1990-2009*. Universitas, (15), 53-84.
- Österholm, P. y Zettelmeyer J. (2007). *The Effect of External Conditions on Growth in Latin America*. Working paper, International Monetary Fund, Washington, DC.
- Paladines J. (2017). *Oil Price and Real GDP Growth of Ecuador: A Vector Autoregressive Approach*. Journal of Economics and Political Economy, Volume 4, Marzo 2017.
- Perrilla, J. (2010). *El impacto de los precios del petróleo sobre el crecimiento económico en Colombia*. Revista de Economía del Rosario. Bogotá.

- Quandt. (1972). *A new approach to estimating switching regressions*, Journal of the American Statistical Association.
- Raymond J. y Rich R. (1997). *Oil and the Macroeconomy: A Markov State-Switching Approach*. Journal of Money, Credit and Banking, 29, pp. 193-213.
- Sala I. Martin. *Apuntes de crecimiento económico*. Antoni Bosh Ed. 2000.
- Sichel D. (1987). *Business Cycle Asymetry: A Deeper Look*. Princeton University.
- Sims C. *Exogeneity and Causal Ordering in Macroeconomic Models, New Methods in Bussines Cycle Research*. Federal Reserve Bank of Mineapolis, Mineapolis. 1977.
- Sims C. (1980). *Comparison of Interwar and Postwar Business Cycles: Monetarism Reconsidered*. NBER Cambridge.
- Sims C., Waggoner D. y Zha T. (2006). *Methods for Inference in Large Multiple-Equation Markov-Switching Models*. Federal Reserve Bank of Atlanta, Working Papers.
- Stock J. (1987). *Measuring Business Cycle Time*. Journal of Political Economy.
- Taylor L. 1983. *Structuralist Macroeconomics*. Basic Books Inc.
- Vallejo-Mata J. P., Torres-Sánchez Y. A., Pinilla-Rodríguez D. E. y Moreno-Miranda C. A. (2019). *Ciclo económico y sector externo en el Ecuador, 2002-2017*. Revista Espacios 40(28), p. 26.
- Watson M. (1986). *Univariate Detrending Methods with Stochastic Trends*. Journal of Monetary Economics.

ANEXOS

Anexo 1.

La estimación de los parámetros de cada régimen puede realizarse bajo el supuesto de que cualquier observación de la serie puede ser generada por una función de distribución condicional que depende del régimen en el cual se encuentra la serie y los parámetros que caracterizan a este régimen. La función de densidad puede expresarse como una función de verosimilitud y su maximización permite obtener los parámetros.

La función de densidad que genera una observación y_t , condicionada a un régimen no conocido $s_t = j$, puede ser representada como:

$$f(y_t | s_t = j, x_t, Y_{t-1}, \theta) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} \exp \left[-\frac{(y_t - c_1 - \phi_1 y_{t-1})^2}{2\sigma^2} \right] \quad (\text{A.1})$$

Esta función de densidad tiene la forma de una distribución normal con media y desviación estándar únicas, con lo cual se tiene una función de verosimilitud, donde x_t es el vector de variables exógenas, θ el vector de parámetros y Y_t que es el vector que contiene los rezagos de las variables endógenas (Goldfeld y Quandt 1973)⁸.

La variable s_t puede tomar únicamente valores discretos $\{1, 2, 3 \dots N\}$, entonces, si existen N diferentes regímenes, pueden existir N funciones de densidad diferentes, que pueden estar contenidas en un vector η_t . Si existen dos regímenes, entonces $N = 2$ y el vector de densidades puede ser representado por:

$$\eta_t = \begin{matrix} f(y_t | s_t = 1, x_t, Y_{t-1}, \theta) \\ f(y_t | s_t = 2, x_t, Y_{t-1}, \theta) \end{matrix} = \begin{matrix} \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} \exp \left[-\frac{(y_t - c_1 - \phi_1 y_{t-1})^2}{2\sigma^2} \right] \\ \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} \exp \left[-\frac{(y_t - c_2 - \phi_2 y_{t-1})^2}{2\sigma^2} \right] \end{matrix}$$

Hamilton (1989) señala que, en la estimación de los parámetros, es posible considerar que el régimen no observado s_t es generado por alguna distribución de probabilidad, en primera instancia no condicionada a ninguna variable más que su propio estado, la cual puede ser representada como:

$$P\{s_t = j | \theta\} = p_j \quad (\text{A.2})$$

Sin embargo, es necesario considerar que el régimen está también condicionado a y_t , por lo que la probabilidad conjunta puede expresarse como:

⁸ Se utiliza la expresión Y_t para representar el vector que contiene todos los rezagos de la variable endógena y para diferenciar de una observación individual y_t .

$$p(y_t | s_t = j; \theta) = f(y_t | s_t = j; \theta) * P\{s_t = j | \theta\} \quad (\text{A.3})$$

Una vez obtenidos los parámetros, es posible hacer inferencia sobre cual régimen produjo una observación y_t en cualquier momento t de la serie. La expresión obtenida se denomina «función de densidad conjunta condicional» (Hamilton 1989), tanto de la observación y_t como del estado no conocido s_t .

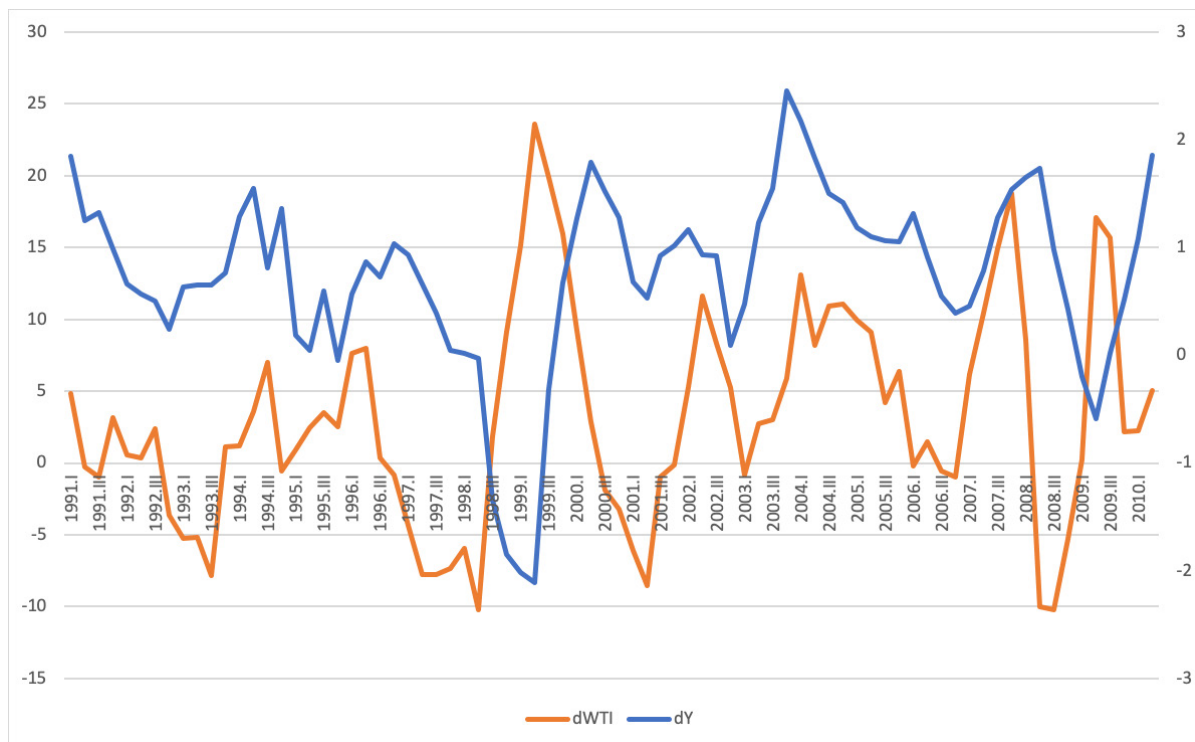
El proceso descrito hasta el momento fue construido considerando una estimación de los parámetros poblacionales para una única observación y_t en un régimen no conocido s_t ; al generalizar el proceso para todas las observaciones de una serie la función de verosimilitud, puede expresarse:

$$L(\theta) = \sum_{t=1}^T \log f(y_t | x_t, Y_{t-1}; \theta) \quad (\text{A.4})$$

Esta expresión representa la sumatoria para todas las observaciones de la serie de la función de verosimilitud expresada en logaritmo. La inferencia de los parámetros puede realizarse mediante la maximización de la función de verosimilitud respecto a los parámetros poblacionales (Goldfeld y Quandt 1973). La estimación de máxima verosimilitud puede resolverse mediante métodos numéricos aplicando el algoritmo EM desarrollado por Dempster, Laird y Rubin (1977), o también mediante el filtro desarrollado por Hamilton (1989) y Kim (1993).

Anexo 2.

Evolución del crecimiento del PIB real y el precio WTI real. Medias móviles t/t-4



Elaboración: autores



MODELO NOWCAST CON FACTORES DINÁMICOS PARA LA ESTIMACIÓN TRIMESTRAL DEL PIB REAL PARA EL ECUADOR

*Francisco López, Emanuel Yaselga y Francisco Espinosa**

Información

Recibido:

30 de marzo de 2021

Aceptado:

1 de junio de 2021

Palabras clave:

Nowcasting
Factores dinámicos
Producto interno bruto

Clasificación JEL:

C33, C53, E37

DOI:

[https://doi.org/10.47550/
RCE/31.1.2](https://doi.org/10.47550/RCE/31.1.2)

Resumen

La información oportuna con respecto al estado de la economía es crucial para el diseño y la implementación de políticas informadas. La publicación del producto interno bruto (PIB) en el Ecuador tiene un rezago aproximadamente de tres meses. Por este motivo, se propone la implementación de metodologías nowcasting mediante factores dinámicos, que permiten explotar información con menor periodicidad para estimar variables con mayor periodicidad. En este estudio, se presentan dos modelos nowcast (EMOE —31 variables, 5 factores y 5 rezagos— y ventas agregadas —25 variables, 4 factores y 5 rezagos—), debido a que la combinación o agregación de estimaciones conduce a mejoras en la precisión del pronóstico, por lo que representan un mejoramiento con respecto a contar con un único modelo. Adicionalmente, la coyuntura del COVID-19 ha representado un desafío adicional en la estimación de estos modelos en el corto plazo porque ha producido quiebres o cambios temporales en algunos indicadores económicos, por lo que se realizaron ajustes para contrarrestar los efectos temporales que podría tener la caída del PIB en las estimaciones subsecuentes.

*Banco Central del Ecuador. Los comentarios emitidos en el documento son criterios propios de los autores y no reflejan necesariamente las de la institución. Correo electrónico: francisco.lopez.luz@gmail.com.

Copyright © 2021 López et al. Los autores conservan los derechos de autor del artículo. El artículo se distribuye bajo la licencia Creative Commons Attribution 4.0 License.



A NOWCASTING MODEL USING DYNAMIC FACTORS TO ESTIMATE REAL QUARTERLY GDP IN ECUADOR

*Francisco López, Emanuel Yaselga and Francisco Espinosa**

Article Info

Received:

30th March 2021

Accepted:

1st June 2021

Keywords:

Nowcasting
Dynamic factor models
Gross domestic product

JEL:

C33, C53, E37

DOI:

[https://doi.org/10.47550/
RCE/31.1.2](https://doi.org/10.47550/RCE/31.1.2)

Abstract

Timely information with respect to the state of the economy is crucial for informed policy design and implementation. In Ecuador, the publication of the gross domestic product (GDP) lags approximately by three months. For this reason, we propose the implementation of nowcasting methodology using dynamic factors that use data published higher frequency to estimate variables with reduced frequency of publication. In this paper, two nowcast models are presented (EMOE—31 variables, 5 factors and 5 lags; and Aggregate Sales —25 variables, 4 factors and 5 lags) because the combination or aggregation of estimates leads to improvements in forecast accuracy and provides an improvement relative to a single model because it improves the forecasting accuracy. Additionally, the COVID-19 crisis represents a new challenge in the estimation capacity of these models in the short term because it produced breaks or temporary changes in some economic indicators. For this reason, adjustments were made to the model to counteract the temporary effects that the fall in GDP could have on subsequent estimates.

*Central Bank of Ecuador. The comments made in this document are the authors' own criteria and do not necessarily reflect the views of the institution. E-mail: francisco.lopez.luz@gmail.com.

Copyright © 2021 López et al. Authors retain the copyright of this article. This article is published under the terms of the Creative Commons Attribution Licence 4.0.

1. INTRODUCCIÓN

La información oportuna con respecto al estado de la economía es crucial para el diseño y la implementación de políticas informadas. El crecimiento del producto interno bruto (PIB), un indicador clave del estado de la economía, usualmente se publica con un rezago de más de un mes en la mayoría de los países y suele tener una periodicidad trimestral. Por este motivo, cualquier análisis relacionado con este indicador tiende a ser retrospectivo, lo que limita la acción a los hacedores de política y a los participantes de mercados financieros, cuyas decisiones dependen de la disponibilidad de información precisa y actualizada. Sin embargo, los bancos centrales disponen de información con más alta frecuencia que el PIB, entre las que se encuentran indicadores macroeconómicos y financieros. Por este motivo, es relevante el uso de metodologías que permitan explotar esta información, creando bases de datos en las que se incluyan variables que ayuden a predecir el comportamiento de la economía a tiempo real. La relevancia de obtener estos resultados es poder contar con un instrumento que permita a los hacedores de política pública tomar decisiones oportunas.

Una metodología relevante que aplica el uso de tal información de alta frecuencia para pronosticar el comportamiento de la economía actual se llama *nowcasting*. El término es una contracción de las palabras ahora (*now*) y pronóstico (*forecast*), es decir, se refiere a pronóstico en tiempo real. Esta metodología se ha usado usualmente para predicciones meteorológicas, aunque recientemente se lo utiliza en el campo económico (Giannone, Reichlin y Small, 2008). De hecho, se han detectado estudios en los cuales se utilizan modelos *nowcasting* para estimar el crecimiento del PIB en tiempo real de varios países como Estados Unidos (Bánbura, Giannone, Modugno y Reichlin, 2013), Brasil (Bragoli, Metelli y Modugno, 2014), México (Caruso, 2015), los BRIC¹ (Caruso, 2015, Dahlhaus, Guénette y Vasishtha, 2015), Turquía (Modugno, Soybilgen y Yazgan, 2016), Ecuador (Casares, 2017; González-Astudillo y Baquero, 2018; y, Yaselga, 2019), entre otros. Una característica general de estos estudios es que todos ellos utilizan modelos de factores dinámicos (DFM).

En el presente estudio, siguiendo la programación realizada por Solberger y Spanberg (2019), se utiliza la metodología *nowcasting*, implementada mediante factores dinámicos. El método resume y explota la información de indicadores o variables que tienen menor periodicidad que el PIB, sin incurrir en la maldición de la dimensión, y así estima el crecimiento de la economía. Para ello, se agrupan estas variables en pocos factores mediante el análisis de componentes principales (ACP), con lo que se garantiza que los mismos expliquen gran parte de la variabilidad de las variables (Forni, Hallin, Lippi y Reichlin, 2000). La relevancia de utilizar un modelo de factores dinámicos es que es una herramienta que permite explotar la dinámica

¹ Brasil, Rusia, India y China, e incluyen a México en este estudio.

inobservable de los componentes principales, generando estimaciones más precisas a través de la implementación del filtro de Kalman².

Según Clemen (1989), la combinación o agregación de pronósticos generalmente conduce a mejoras en la precisión del pronóstico, y la evidencia ha demostrado que un promedio simple de los pronósticos a menudo proporciona mejores resultados que el tener un solo resultado. En este contexto, el presente documento propone dos modelos *nowcasting* para estimar el PIB real anualizado ($t/t-4$) del Ecuador, que se diferencian por las características de ciertas variables que los componen. El primer modelo, EMOE, incluye las 31 variables, de las cuales se encuentran 7 variables de la Encuesta Mensual de Opinión Empresarial (EMOE), las cuales son consideradas como un componente subjetivo al contar con información de percepción y expectativas de 1000 grandes empresas de cuatro ramas de actividad económica: industria, comercio, construcción y servicios (BCE, 2020). De esta manera, al usar estas variables, siendo resultado de preguntas realizadas a empresas grandes, se corre con el riesgo de sesgo. El segundo modelo, Ventas Agregadas, se reemplaza el componente subjetivo del EMOE y se lo sustituye por un índice creado a partir de las ventas registradas en el formulario 104 del SRI, dando así un total de 25 variables para su implementación. En ambos modelos, las variables consideradas dentro del componente subjetivo y objetivo tienen cargas altas en los factores principales, por lo que se puede denotar sus efectos dentro de las estimaciones.

La implementación de estos modelos sería suficiente para estimar el crecimiento del PIB en un contexto normal. Sin embargo, la coyuntura del COVID-19 significó un desafío adicional, ya que, si bien la economía ecuatoriana se encontraba en un proceso contractivo desde finales de 2019, la caída de -12.4 % en el segundo trimestre del 2020 se considera un shock que podría sesgar las estimaciones en el corto plazo del PIB. Por este motivo, se realizaron ajustes en los modelos para mejorar su capacidad predictiva: se considera la caída puntual y específica del segundo trimestre, por lo que se incluye una *dummy* únicamente en ese trimestre (*dummy* aditiva). Además, se utiliza un filtro de suavizamiento (Hodrick-Prescott) en la serie del PIB real trimestral y se reestiman los modelos (EMOE y ventas agregadas) con su parte cíclica. Luego, mediante modelos de corrección de error (ECM), se ajustan los resultados obtenidos del ciclo a la tasa de crecimiento ($t/t-4$).

La principal contribución de este trabajo para la literatura se describe en los siguientes puntos: 1) generar un mecanismo que permita obtener la tasa de crecimiento del PIB de Ecuador en base a la metodología de *nowcasting*, estimando más de un modelo (con lo que se robustece al pronóstico); 2) detallar todo el proceso de construcción de la metodología, la selección de los factores y el número de rezagos, los cuales aportan para explicar la actividad económica; 3) evaluar el nivel de ajuste del pronóstico con información de los indicadores económicos hasta con 3 meses de

² Permite lidiar con series de tiempo incompletas, ya que la temporalidad de su publicación difiere en muchos casos.

anticipación frente a la publicación oficial, y 4) determinar la afección del COVID-19 al desarrollo de este tipo de modelos y los mecanismos de ajuste propuestos.

Por lo tanto, los siguientes acápite de este documento se estructuran de la siguiente manera: la segunda sección hace referencia a estudios previos relacionados a modelos *nowcasting*; la tercera parte detalla la metodología de construcción, estimación y desarrollo de los escenarios bajo una visión esquemática general. Por su parte, la cuarta sección presenta la implementación de la metodología. Posteriormente, se presentan los resultados que se obtienen para el modelo en la economía ecuatoriana. Finalmente, se exponen las principales conclusiones de esta investigación.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

Tener información oportuna respecto a la actividad económica permite conocer la situación coyuntural y direccionar de mejor manera la política pública. El PIB real es la medida más utilizada para medir la actividad económica de un país; sin embargo, su frecuencia de publicación es trimestral y tiene un rezago de más de un mes hasta su publicación oficial. De esta manera, es de interés para los tomadores de decisión tanto públicos como privados generar un modelo que permita usar información macroeconómica publicada a mayor frecuencia (mensual) que el PIB real (trimestral), utilizando técnicas econométricas. Por este motivo, en la presente sección, se detallan estudios enfocados a la implementación de modelos *nowcast* para estimar el crecimiento de la economía de diferentes países, incluyendo al Ecuador.

En el estudio realizado por Liu, Matheson y Romeu (2011) se utilizaron cinco³ modelos diferentes para estimar la tasa de crecimiento del PIB de diez economías latinoamericanas: Argentina, Brasil, Chile, Colombia, República Dominicana, Ecuador, México, Perú, Uruguay y Venezuela. El modelo que mejor se ajustó a los resultados reales de crecimiento de los países estudiados fue el que utiliza factores dinámicos con información mensual (categorizadas en encuestas de actividad económica, indicadores de actividad económica, comercio, condiciones financieras, empleo, precio e inflación) y con determinado número de factores y rezagos dependiendo el país.

El estudio de Bábura, Giannone, Modugno y Reichlin (2013) utiliza factores dinámicos para estimar el crecimiento del PIB de Estados Unidos. La particularidad de este ejercicio es la utilización de variables financieras con periodicidad diaria y semanal, en conjunto con las variables macroeconómicas mensuales. Se utilizaron un total de 24 series sintetizadas en un solo factor⁴ y se estimaron 3 modelos ajustados a los datos disponibles (diarios, semanales y mensuales). Cabe destacar el trabajo de Bragoli, Metelli y Modugno (2014), en el que se realiza la estimación del PIB

³ Los modelos utilizados fueron: 1) modelo AR(p); 2) ecuaciones puente agrupadas (BRIDGE); 3) Modelo bivariado agrupado (BIVAR); 4) dos especificaciones VAR bayesianas (BVAR y LBVAR); y 5) modelo de factores dinámicos (DFM).

⁴ Los resultados con los modelos con dos factores fueron similares a los obtenidos con un solo factor.

de Brasil a través del uso de factores dinámicos, y cuyos resultados se ajustaron con los datos del Sistema de Expectativas de Mercado, interfaz creada por el Banco Central de Brasil, en el que participan varias instituciones privadas y la academia, y que permite tener una idea de crecimiento de la economía con mayor frecuencia que otros bancos centrales.

De igual manera, Dahlhaus, Guénette y Vasishtha (2015) realizaron modelos *nowcast* con factores dinámicos para estimar el crecimiento de las economías emergentes de los países pertenecientes al grupo de los BRIC (Brasil, Rusia, India y China), incluyendo a México. Debido a la heterogeneidad de los datos, los autores estandarizaron las 132 variables utilizadas en total (categorizadas en índices gerenciales de compra, expectativas, producción, balanza comercial, financieros, mercado laboral, precios y variables globales, como precio del petróleo y el índice de precio de los *commodities*) a la periodicidad bimensual. Dichas variables se sintetizaron entre 1 a 3 factores y obtuvieron a través de modelos VAR el número entre 1 a 4 rezagos, dependiendo el país.

Adicionalmente, Caruso (2015) estima el crecimiento de la economía mexicana utilizando factores dinámicos con datos macroeconómicos y financieros de México y de Estados Unidos, debido a la estrecha relación comercial entre estos países. Este modelo utiliza 29 variables con periodicidad mensual y determina que su ajuste es mejor que las predicciones realizadas por el FMI y OCDE. Por otra parte, Modugno, Soybilgen y Yazgan (2016), utilizando la misma metodología, estiman el crecimiento del PIB de Turquía utilizando 15 variables (categorizadas en producción, encuestas financieras, mercado laboral, expectativas) que se sintetizan en 5 factores. Al igual al trabajo descrito previamente por Caruso (2015), los resultados de este modelo se ajustan mejor que los pronósticos realizados por organismos multilaterales.

A pesar de ser una metodología recientemente usada en temas económicos, se han realizado diversos ejercicios para estimar el crecimiento del PIB del Ecuador. El modelo de *nowcasting* de González-Astudillo y Baquero (2018) basa su implementación en la programación de Solberger y Spanberg (2017) y considera 29 indicadores macroeconómicos y financieros de frecuencia mensual desde el año 2003, los cuales se agrupan en cinco factores cuya dinámica se recoge en un VAR(5). Como se incluye a la tasa de crecimiento del PIB entre las variables de las cuales se obtiene los factores, es necesario mensualizar la tasa de crecimiento del PIB trimestral. Para imputar los valores, se realiza una interpolación cuadrática bajo la restricción que el promedio de las tasas de crecimiento mensuales dentro de un trimestre sea igual a la tasa de crecimiento $t/t-4$ del trimestre en cuestión, siguiendo a Bábura y Modugno (2014).

Por otra parte, Casares (2017) construye su modelo *nowcasting* con 9 indicadores sobre una base de 26 indicadores macroeconómicos y financieros agregados de manera trimestral desde el año 2003. Este modelo de factores dinámicos obtiene dos componentes con una dinámica explicada en un VAR(2). Para su implementación, se realiza una regresión múltiple a través de un MCO y un modelo ARIMAX entre el PIB real ($t/t-4$) y los factores obtenidos como variables exógenas. Es importante resaltar que, a diferencia de González-Astudillo y Baquero (2018), las series consideradas no

se desestacionalizaron para evitar que las pruebas de raíz unitarias resulten sesgadas, siguiendo a Maddala y Kim (1998).

Por último, el estudio de Yaselga (2019) construye el modelo de factores dinámicos propuesto por Stock y Watson (1991), con 11 indicadores parciales de actividad económica con frecuencia mensual desde el año 2007. Con base a los estudios de Camacho y Pérez-Quirós (2010 y 2011), las variables seleccionadas que recogen diferentes efectos que influyen en la economía son la actividad económica por el lado de la demanda, el nivel de renta en la economía por el lado de la oferta, las expectativas y componentes específicos que incorporan características propias de la economía ecuatoriana. Al ser un modelo con series de frecuencia mensual, se realiza la mensualización del PIB con base a la metodología Denton descrita en Bloem et al (2001).

Los modelos presentados terminan por ser un indicador coincidente de la actividad económica, dando información de la actividad en tiempo real. En tal razón, la construcción de un modelo factorial dinámico ofrece de forma eficiente la proyección de PIB trimestral, como lo han demostrado los estudios detallados. Por lo tanto, la presente investigación sigue a Solberger y Spanberg (2019), tomando en cuenta indicadores representativos de la actividad económica y haciendo diversas consideraciones de los efectos coyunturales producidos por el COVID-19, que generaron quiebres importantes en los indicadores. En la siguiente sección, se describe de manera general la metodología utilizada para la estimación del PIB real anualizado ($t/t-4$) del Ecuador.

3. METODOLOGÍA

El modelo *nowcast* permite predecir o estimar variables de menor frecuencia para el pasado reciente, el presente y el futuro cercano utilizando información con mayor periodicidad o frecuencia. Esta metodología es útil para determinar condiciones de la actividad económica en tiempo real. Para el caso del presente estudio y conforme a la revisión bibliográfica, se utiliza el modelo de factores dinámicos (DFM). Este modelo produce una buena representación de los datos y garantiza, al mismo tiempo, parsimonia. Explora el hecho de que existe co-movimientos entre las series de datos macroeconómicos, por lo que relativamente pocos factores pueden explicar la dinámica de muchas variables (véase Sargent y Sims, 1977; Giannone et al., 2005; Watson, 2004; y Stock y Watson, 2011).

En el caso de Ecuador, el indicador de las condiciones de actividad económica es el PIB, cuya frecuencia es trimestral y tiene un rezago de 3 meses, por lo que contar con las estimaciones de estos modelos permite tener información más frecuente para tomar decisiones de política económica y en el ámbito privado, con el uso de estadísticas oficiales con periodicidad mensual.

Para el presente estudio, se presenta el modelo *nowcast*, que utiliza un conjunto de indicadores macroeconómicos para obtener factores dinámicos y de estado-espacio

que expliquen la variabilidad de estas variables y permitan pronosticar el PIB real (t/t-4) en tiempo real.

3.1. Especificación del modelo

En el contexto de *nowcast*, los DFM se componen de dos partes, como se establece en las ecuaciones a continuación:

$$A_t = \Gamma P_t + E_t \quad (1)$$

Donde $E_t \sim \text{i.i.d. } N(0, \Sigma_E)$

$$E_t = \Psi E_t + U_t \quad (2)$$

Donde $U_t \sim \text{i.i.d. } N(0, \Sigma_U)$

1. Factores: se determinan mediante la representación estado-espacio con el uso de un análisis de componentes principales aplicado a un panel que incluye las variables A_t ⁵. Con esto dentro del modelo, se evita problemas de multicolinealidad, ya que los factores calculados (variables dependientes) no tienen correlación entre sí.
2. Las matrices Ψ y Σ_U se calculan mediante un modelo VAR (vectores autorregresivos) para capturar la dinámica en el contexto de series de tiempo con un número de rezagos (*lags*) determinados.

Después de este proceso, los factores se vuelven a estimar aplicando el filtro de Kalman, ya que permite trabajar con información incompleta en el conjunto de indicadores macroeconómicos (por ejemplo, posiblemente no todas las variables se encuentran actualizadas al mismo mes, pero con el uso de este filtro se pueden obtener los factores dinámicos hasta el mes que se tenga la información parcial).

Finalmente, el PIB real (t/t-4) se estima realizando una regresión del crecimiento del PIB (Y_t) contra los factores mensuales (transformados en sus equivalentes trimestrales P_t), mediante la siguiente ecuación:

$$y_t = \alpha + \beta P_t + \varepsilon_t \quad (3)$$

Donde $\varepsilon_t \sim \text{i.i.d. } N(0, \sigma_\varepsilon^2)$

⁵ A_t es un vector de n variables mensuales estandarizadas y Γ es una matriz de dimensión n x p que relaciona las variables macroeconómicas con los p factores mensuales estimados en el vector P_t , que sigue una estructura autoregresiva.

Al incluir al PIB real ($t/t-4$) dentro del grupo de las variables P_t , se puede obtener el *nowcast* sin la necesidad de especificar una relación entre el PIB con los factores. Para realizar todo el procedimiento descrito previamente, se toma como base el estudio realizado por Solberger y Spanberg (2017), ya que en su trabajo describe de manera detallada toda la programación para Eviews del modelo *nowcast* utilizando factores dinámicos.

4. IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO *NOWCAST* PARA EL ECUADOR

4.1. Identificación de las variables a ser consideradas dentro del modelo

Para la identificación inicial de las variables a ser consideradas dentro del modelo, se toma en cuenta el cumplimiento de dos condiciones primordiales: disponibilidad a una frecuencia y rezago menor al del PIB —para el caso del presente modelo se utilizan variables de frecuencia mensual— y que refleje la actividad económica, es decir, que deberían ser el resultado de acciones económicas que podrían determinar de mejor manera el comportamiento de la economía ecuatoriana.

Tomando en consideración las características principales descritas previamente y el diseño de los modelos *nowcast* utilizados para estimar el crecimiento de otras economías, las variables económicas que se han utilizado para el presente ejercicio se las agrupa en las siguientes categorías:

- **Comercio exterior:** incluye las variables de exportaciones no petroleras, importaciones de bienes de consumo, importaciones de materias primas e importaciones de bienes de capital.
- **Encuesta de hogares:** dentro de esta categoría, se incluye a la variable índice de situación presente⁶. Se aclara que, si bien las ENEMDU mayo/junio 2020

⁶ Debido a la coyuntura del COVID-19, en el año 2020, existieron cambios metodológicos en el levantamiento de la ENEMDU asociados al tamaño y distribución de la muestra y representatividad estadística; por tanto, las cifras no son estrictamente comparables con los periodos anteriores. Para los meses de mayo a noviembre de 2020, el índice de situación presentes (ISP) se construyó con base en 4 preguntas: 1) ¿Con relación al mes anterior, la situación económica de su hogar es?; 2) ¿Con relación al mes anterior, el valor monetario (dinero) empleado en el consumo de alimentos es?; 3) ¿Con relación al mes anterior, la situación económica del país es?; 4) ¿En los 3 meses anteriores considera usted que la situación en Ecuador para encontrar/mejorar un puesto de trabajo fue? Las opciones de respuesta habilitadas para las preguntas fueron: «Mejor» e «Igual o peor» o, en su defecto: «Mayor» e «Igual o menor». Desde diciembre de 2020, el INEC incluyó el cuestionario completo para el cálculo del ICC; por tanto, el ISP incluyó las siguientes 4 preguntas adicionales: 5) ¿Con relación al mes anterior, el consumo de su hogar en alimentos de menor calidad es? 6) ¿Con relación al mes anterior, el consumo de su hogar en entretenimiento es?; 7) ¿En relación con el mes anterior el consumo de su hogar en vestimenta es?; 8) ¿En relación con el mes anterior el consumo de su hogar en electrodomésticos es? Las opciones de respuesta habilitadas para las preguntas fueron: «Mayor», «Igual» o «Menor».

y septiembre 2020 no son metodológicamente comparables al resto de series, estas reflejan el comportamiento de la economía ecuatoriana, especialmente en el Q2 y Q3 2020, por su alta correlación con el comportamiento del PIB real, por lo que se decidió tomarla como una serie continua.

- **Financiero:** en este grupo se encuentra la cartera de créditos privados, depósitos privados a la vista, cuasidinero, M2, y el índice de volatilidad (VIX).
- **Gasto:** incluye la variable gasto del sector público no financiero (SPNF)⁷, ya que es uno de los componentes principales de la demanda agregada de una economía. Este rubro está compuesto por gastos corrientes, gastos de capital o de inversión y otras inversiones.
- **Índices de actividad económica:** en esta categoría se incluye al índice de actividad económica coyuntural (IDEAC), consumo de energía, índice de actividad empresarial no petrolera (IAEN), ciclo del PIB adelantado e índice de ventas agregadas (utiliza las ventas agregadas del formulario 104⁸ del SRI).
- **Industria y construcción:** se encuentran el volumen de producción industrial y el volumen de construcción, ambos indicadores provienen del Estudio Mensual de Opinión Empresarial (EMOE).
- **Ingreso:** forma parte de esta categoría el impuesto a la renta proveniente del SRI.
- **Mercado laboral:** Las variables que forman parte de este grupo son el personal ocupado del sector industrial, sector comercial, sector construcción y sector servicios, los cuales se obtiene a partir del EMOE.
- **Petróleo:** dentro de este grupo se encuentran las exportaciones petroleras, importaciones de combustibles y lubricantes, y el precio del petróleo Oriente (crudo más abundante y de mejor calidad entre los producidos en la Amazonía, con 24 grados API, lo cual le convierte en un crudo de densidad intermedia).
- **Precios:** en esta categoría se encuentran el índice de precios al consumidor (IPC), índice de precios de construcción e índice de precios al productor (IPP).
- **Ventas:** en este grupo se encuentran el impuesto al valor agregado (IVA) y el valor de ventas comercial calculado a partir del EMOE.

En la tabla 1, se describen todas las variables utilizadas, ordenadas por la categoría a la que pertenecen y sus unidades (para mayor detalle de las unidades, fuente, periodicidad y desde cuando se presenta la información revisar el anexo 1).

⁷ Cabe destacar que, al encontrarse en reproceso la metodología de cálculo de las series del gasto del SPNF anteriores a 2018, se utiliza como *proxy* a la serie de gasto del Presupuesto General del Estado (PGE), la cual representa en promedio el 68 % del gasto del SPNF, no ha sufrido cambios metodológicos y presenta un comportamiento similar al mismo.

⁸ Este instrumento sirve para que los agentes de retención —personas naturales obligadas a llevar contabilidad— presenten un reporte de retenciones del impuesto al valor agregado IVA.

Cabe indicar que en el presente estudio se estiman dos modelos *nowcast*, que difieren por las características de las variables utilizadas en cada uno. Por este motivo, las columnas «modelo Ventas» y «modelo EMOE» indican las variables utilizadas para el cálculo de cada uno de esos modelos, los cuales se describirán a detalle más adelante en el documento.

Tabla 1.
Lista de variables utilizadas en el modelo

Variable	Código	Modelo Ventas	Modelo EMOE	Categoría
Exportaciones no petroleras	EXP_NOPETRO	X	X	Comercio exterior
Importaciones de bienes de consumo	IMP_BCONS	X	X	Comercio exterior
Importaciones de materias primas	IMP_MATPRIM	X	X	Comercio exterior
Importaciones de bienes de capital	IMP_BCAP	X	X	Comercio exterior
Indicador de situación presente	SITUAC_PRESENTE	X	X	Encuestas de hogares
Carta créditos privados	CRED_PRIV	X	X	Financieras
Depósitos privados a la vista	DEPOV_PRIV	X	X	Financieras
Cuasidineró	CUASID	X	X	Financieras
M2	M2	X	X	Financieras
Volatility Index (VIX)	VIX	X	X	Financieras
Gasto público (SPNF)	GASTO_P	X	X	Gasto
Índice de actividad económica coyuntural (IDEAC)	IDEAC	X	X	Índices de actividad económica
Consumo de energía	CONS_ENERG	X	X	Índices de actividad económica
Índice de actividad empresarial no petrolera (IAEN)	IAEN	X	X	Índices de actividad económica
Ciclo del PIB adelantado	CICLO_PIB_ADEL	X	X	Índices de actividad económica
Índice de ventas agregadas	VENTAS_AGREGADAS	X		Índices de actividad económica
Volumen de producción industrial	PRODUCC_IND		X	Industria y construcción
Volumen de construcción	PRODUCC_CONSTRU		X	Industria y construcción
Impuesto a la renta	IMP_RENTA	X	X	Ingreso
Personal ocupado sector industrial	PERSO_IND		X	Mercado laboral

Variable	Código	Modelo Ventas	Modelo EMOE	Categoría
Personal ocupado sector comercial	PERSO_COMER		X	Mercado laboral
Personal ocupado sector construcción	PERSO_CONSTRUCC		X	Mercado laboral
Personal ocupado sector servicios	PERSO_SERV		X	Mercado laboral
Exportaciones petroleras	EXP_PETRO	X	X	Petróleo
Importaciones de combustibles y lubricantes	IMP_COMB	X	X	Petróleo
Precio petróleo Oriente	ORIENTE_PROM	X	X	Petróleo
Índice de precios al consumidor (IPC)	IPC	X	X	Precios
Índice de precios de construcción	IND_PCONSTRUC	X	X	Precios
Índice de precios al productor (IPP)	IPP	X	X	Precios
Impuesto al valor agregado (IVA)	IVA	X	X	Ventas
Valor de ventas comercial	VENTAS_COMER		X	Ventas
PIB real (t/t-4)	PIB_R	X	X	

Elaboración: autores

Conforme a la disponibilidad de información de las variables descritas previamente, el panel balanceado con periodicidad mensual empieza en enero de 2008, debido a que el índice de situación presente únicamente tiene información a partir de esa fecha. Posteriormente, mediante el análisis de componentes principales (ACP), se utiliza la información de este panel para obtener los factores estáticos de acuerdo con la metodología descrita en Solberger y Spanberg (2019). Sin embargo, se aclara que, para la mayoría del resto de variables, la información se encuentra disponible de manera mensual desde 2002, misma que se usará para obtener los factores dinámicos utilizando el filtro de Kalman⁹.

Los pasos realizados para el tratamiento de la información son los siguientes: 1) deflactar a las variables que se encuentran en millones o miles de USD dividiéndolas para el IPC, con lo que se pretende quitar la parte tendencial que los precios introducen en ellas, y 2) transformar a todas las variables a variaciones anuales

⁹ Algoritmo utilizado para la actualización secuencial de una proyección lineal para una representación estado-espacio. Permite trabajar con información incompleta de ciertas variables en determinados periodos.

$(t/t-12)^{10}$. Al tratarse de una estimación del crecimiento económico, se incluye a la tasa de crecimiento interanual del PIB dentro del ACP. Sin embargo, se aclara que, para esta variable, al ser la única con periodicidad trimestral, fue necesario realizar un procedimiento de interpolación cúbica para estimar los datos mensuales e incluirlas dentro del panel de datos.

Se escogió este método de interpolación debido a que suaviza la unión de los puntos mediante un polinomio cúbico y respeta un orden bajo, para que la función no oscile excesivamente entre dichos puntos. De hecho, no resulta recomendable utilizar polinomios de grado mayor a 3, porque se hacen cada vez más sensibles a los valores extremos, generando posibles distorsiones importantes en el resultado final. Sin embargo, los métodos de interpolación son una fuente de variación en la construcción de los modelos, por lo que en futuros ejercicios se podría validar la influencia de otros métodos como la interpolación cuadrática en las estimaciones.

4.2. Análisis de estacionariedad de las variables

El obtener factores respecto a un conjunto de variables no estacionarias, es decir, cuyas tendencias o variabilidad cambian en el tiempo, podría ser problemático, debido a que su estimación podría sesgarse porque las variables con mayor varianza dominarían al resto. Esta es la principal razón de haber deflactado y transformado a variaciones porcentuales anuales a las variables que componen el panel balanceado del cual se obtendrán los factores. Al buscar eliminar el problema de tener series no estacionarias, las tasas de crecimiento suelen revertir a su promedio incondicional relativamente rápido, porque se elimina la parte tendencial de las series.

Sin embargo, para asegurar no tener raíces unitarias en las series transformadas, se realizó el test de estacionariedad de Kwiatkowski, Phillips, Schmidt y Shin (KPSS) (Kwiatkowski et al, 1992) para todas las series utilizadas para obtener los factores dinámicos. El resultado de esta prueba para 31 de las 32 variables utilizadas es que la hipótesis nula (serie es estacionaria en tendencia) no se rechaza al 1 % de significancia; es decir, que no existe raíz unitaria en estas series. La única variable en la que se rechazó la hipótesis nula fue el índice de volatilidad (VIX). De esta manera, para contrastar los resultados obtenidos y descartar que el test KPSS cometa un error tipo I (rechazar la hipótesis nula cuando es verdadera), se realizó el test de raíz unitaria Phillips-Perron (Phillips y Perron, 1988) y el Dickey-Fuller Aumentado (Dickey y Fuller, 1979) sobre esta serie, considerando el componente tendencial y sin el mismo, con lo cual se descartó la presencia de raíz unitaria en el índice de volatilidad (VIX). Para ver el resumen de los resultados de las pruebas detalladas en esta sección, revisar los anexos 2 y 3. De esta manera, se cuenta con un panel completo con todas las series estacionarias.

¹⁰ Las variables obtenidas del Estudio Mensual de Opinión Empresarial (EMOE) al estar expresadas en variaciones porcentuales mensuales, se calcula su media móvil de los últimos 12 meses.

4.3. Establecimiento del número de factores y rezagos

Al tener el panel balanceado con datos de frecuencia mensual, el siguiente paso dentro del modelo es obtener los factores a través del uso del análisis de componentes principales (ACP). El cálculo de los componentes principales depende de las unidades de medida empleadas en las variables, es por tanto importante, antes de aplicar el ACP, el haber deflactado, transformado a variaciones interanuales y testeado la estacionariedad de todas las variables a ser utilizadas.

Cabe destacar que se estiman dos modelos diferentes como alternativa al uso de un único modelo *nowcast*, para resaltar los efectos de los principales factores (objetivo y subjetivo) sobre sus estimaciones. De igual manera, el uso de más modelos mejora el ajuste del pronóstico. Según Makridakis y Winkler (1983), la precisión de un pronóstico mejora por la disminución de variabilidad con respecto a la media, entre las diferentes combinaciones a raíz del incremento del número de métodos de estimación utilizados. Por este motivo, la combinación de pronósticos surge como una alternativa técnica a solo tener un único «mejor» modelo. Por este motivo, se generan dos paneles conforme a las columnas «modelo Ventas» y «modelo EMOE» de la tabla 1 para aplicar el ACP, ya que se realizan dos tipos de estimaciones que se diferencian por las variables escogidas:

- **Componente subjetivo:** incluye dentro del análisis a las variables provenientes del Estudio Mensual de Opinión Empresarial (EMOE) (revisar tabla 1, modelo EMOE) como son: 1) volumen de producción industrial; 2) volumen de construcción; 3) valor de ventas comercial; 4) personal ocupado sector industrial; 5) personal ocupado sector comercial; vi) personal ocupado sector construcción, y 6) personal ocupado sector servicios. Este estudio es realizado de manera mensual y abarca por lo general 1000 grandes empresas de cuatro ramas de actividad económica: industria, comercio, construcción y servicios (BCE, 2020). Por este motivo, las variables utilizadas de este estudio, si bien expresan el comportamiento de la actividad económica (requisito indispensable para el modelo Nowcast), al ser resultado de preguntas realizadas a empresas grandes, se corre con el riesgo de sesgo en las respuestas por la realidad que tienen estas empresas y su visión de futuro del país de acuerdo con la actividad económica que desempeñan. El número total de series consideradas dentro de este grupo con componente subjetivo —desde ahora modelo EMOE— son 31.
- **Componente objetivo:** el índice de ventas agregadas se lo utiliza para analizar el comportamiento de la economía conforme a las ventas registradas en el formulario 104 del SRI. Este índice, al cumplir con las condiciones requeridas para formar parte del grupo de variables a ser consideradas dentro del modelo *nowcast*, se lo incluye como reemplazo del componente subjetivo descrito en el punto previo, es decir, las variables provenientes del EMOE (revisar tabla 1, modelo Ventas). El número total de series consideradas dentro de este grupo con componente subjetivo —desde ahora modelo Ventas— son 25.

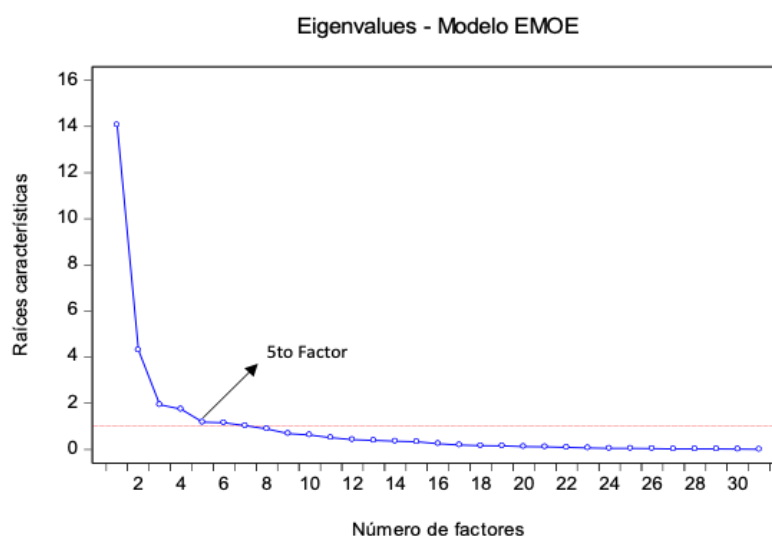
Los componentes principales son una combinación lineal normalizada de las variables originales de un grupo de datos. Al ser variables estacionarias, los componentes principales son autovectores que se toman de la matriz de correlaciones (elementos de la diagonal son igual a 1). Generalmente, se pueden obtener tantos componentes como variables disponibles (31 en el modelo EMOE y 25 en el modelo Ventas). El proceso de selección del número de componentes se realiza de manera que el primer componente sea el que mayor varianza recoja, el segundo que recoja la máxima variabilidad no recogida por el primero, y así sucesivamente, eligiendo un número que contenga un porcentaje suficiente de la varianza total. Dentro de este proceso, interesa revisar los *eigenvalues* (valores propios) y *eigenvectors* (vectores propios) resultantes de aplicar el ACP a la matriz de correlación asociada a los dos grupos de variables de interés que se describieron previamente.

El resultado de aplicar el ACP a ambos grupos de variables y al querer reducir su dimensionalidad¹¹, de acuerdo con los *eigenvalues*, es que el número de componentes no correlacionados entre sí que explican el 75 % de las variaciones en el total de variables es: 1) 5 factores para el grupo del modelo EMOE —31 variables—, y 2) 4 factores para el grupo del modelo Ventas —25 variables—.

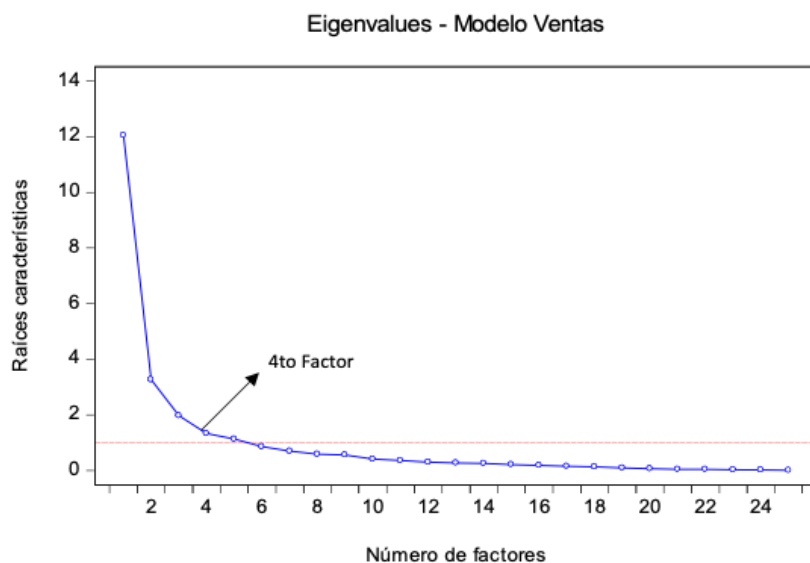
Para visualizar estos resultados de manera más clara, a continuación, se presentan las representaciones gráficas de los *eigenvalues* de cada grupo al que se aplicó el ACP. Dentro de este análisis, se utiliza el procedimiento de escoger el número de factores a partir del cual los valores propios no cambien sustancialmente (Cattell, 1966). Este procedimiento se lo puede realizar de manera visual tomando el número de factores donde se genera un «codo» (v. gráfico 1), con lo que se corrobora el número de factores determinado para cada grupo.

Gráfico 1.

Eigenvalues (valores propios) obtenidos del ACP en los modelos EMOE y Ventas Agregadas



¹¹ Proceso de reducción del número de variables aleatorias que se traten.



Elaboración: autores

Por otra parte, se analizan los *eigenvectors* asociados con los principales *eigenvalues* para determinar el peso o carga de las variables dentro de cada uno de los factores. De esta manera, las variables con cargas más altas en los factores determinados se muestran en las tablas 2 y 3. Para ver a mayor detalle las cargas de las variables en cada uno de los modelos, revisar los anexos 4 y 5.

Tabla 2.
Variables con cargas más altas en los cinco factores (modelo EMOE)

F1: Actividad económica no petrolera y financiera	F2: Expectativas	F3: Actividad económica	F4: Ingreso y petróleo	F5: Presiones inflacionarias
Índice de actividad empresarial no petrolera	IPC	Consumo energía	Impuesto a la renta	IPP
Cuasidinero	Volumen de construcción	Ciclo del PIB adelantado	Exportaciones petroleras	Personal ocupado sector comercial
M2	Personal ocupado sector construcción	Importaciones combustibles	Precio petróleo Oriente	Depósitos privados a la vista
IVA	Índice de volatilidad			Indicador de situación presente
Personal ocupado sector industrial	Personal ocupado sector servicios			
Valor de ventas comercial				

F1: Actividad económica no petrolera y financiera	F2: Expectativas	F3: Actividad económica	F4: Ingreso y petróleo	F5: Presiones inflacionarias
Volumen de producción industrial				
Cartera créditos privados				

*Las variables pintadas son las variables del EMOE (componente subjetivo)

Elaboración: autores

Con respecto al grupo de variables utilizadas para el modelo EMOE, se establece que el componente subjetivo es relevante en los dos primeros factores, que representan el 59 % de la variación de las 31 variables. El primer factor podría denominarse «actividad económica no petrolera y financiera», el segundo «expectativas», el tercero «actividad económica», el cuarto «ingresos y petróleo», y el quinto «presiones inflacionarias». Estas cinco agrupaciones macroeconómicas tienen el mayor impacto para explicar la evolución de la actividad económica de acuerdo con el modelo *nowcast* para este caso.

Tabla 3.

Variables con cargas más altas en los cuatro factores (modelo Ventas)

F1: actividad económica y financiera	F2: presiones inflacionarias	F3: ingreso	F4: liquidez estructural y gasto público
Índice de actividad empresarial no petrolera	IPC	Impuesto a la renta	Depósitos privados a la vista
M2	Índice de precios de construcción	Índice de volatilidad	Gasto público (SPNF)
Cuasidinerero	IPP		Consumo energía
IVA			
Índice de ventas agregadas			
Ciclo del PIB adelantado			
Cartera créditos privados			

*La variable pintada es el índice de ventas agregadas (componente objetivo)

Elaboración: autores

De manera similar, en el modelo Ventas, el índice de ventas agregadas (reemplazante de las variables del EMOE) es relevante en el primer factor (representa el 48 % de las variaciones de las 25 variables). Con esta información, se corrobora la necesidad de utilizar este modelo adicional, para tener un contrapeso de los resultados que se puedan obtener del modelo EMOE. El primer factor podría denominarse «actividad económica y financiera», el segundo «presiones inflacionarias», el tercero «ingreso», y el cuarto «liquidez estructural y gasto público». Estas cuatro

agrupaciones macroeconómicas tienen el mayor impacto para explicar la evolución de la actividad económica de acuerdo con el modelo *nowcast* para este caso.

Finalmente, para determinar el número de rezagos, se estima un modelo de vectores autorregresivos de los factores obtenidos en cada modelo. Para ello, se utilizaron principalmente los criterios de información de Akaike (AIC) (Akaike, 1974) y de Schwarz (SC) (Schwarz, 1978). En este contexto, Medel (2012) aclara que la mayoría de los estudios¹² que analizan y comparan distintos criterios (incluyendo el AIC) de información encuentran que el SC tiene el mejor rendimiento predictivo. Adicionalmente, el AIC no es consistente en modelos autorregresivos debido a que obtiene una parametrización diferente frente a distintos tamaños muestrales (Bhansali y Downham, 1977; Shibata, 1976; y Shibata, 1980). Por estos motivos, la especificación que se considera es la de SC¹³ y el resultado es un modelo VAR(5) para el modelo EMOE y un VAR(5) para el modelo Ventas. (Revisar los resultados del orden de rezagos seleccionados según criterio en los anexos 6 y 7).

5. RESULTADOS PARA LA ECONOMÍA ECUATORIANA

5.1. Resultados de la implementación del modelo *nowcast* del PIB real (t/t-4)

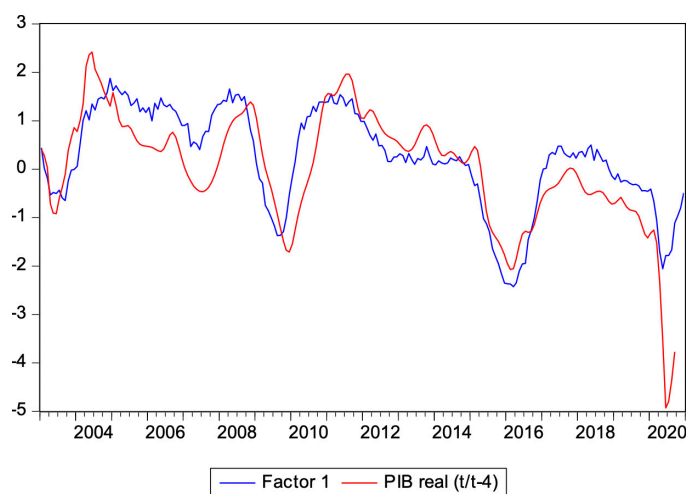
Una vez que se han construido los paneles de datos balanceados con 31 variables (modelo EMOE) y 25 variables (modelo Ventas), y se determinó el número de factores y rezagos en ambos casos, se estima el modelo de factores dinámicos (DFM) utilizando el procedimiento de Solberger y Spanberg (2019).

Tomando en consideración esta programación, se establece que para el modelo EMOE, el primer factor relacionado con la «actividad económica no petrolera y financiera» es el más importante para influir en la estimación, como se denota en el gráfico 2 (siguiente página), que muestra la evolución de este factor y su ajuste con respecto al PIB real (t/t-4).

¹² Revisar Nishi (1988), Granger, King y White (1995), y Sin y White (1996) relacionados a la determinación del orden autorregresivo o número de rezagos en los VAR.

¹³ Cabe indicar que también se revisaron otros criterios de información en los que se obtuvieron mayor número de rezagos para ambos modelos (modelo EMOE —AIC 8 rezagos, Hannan-Quinn 6 rezagos—; y modelo Ventas —AIC 6 rezagos, Hannan-Quinn 6 rezagos—).

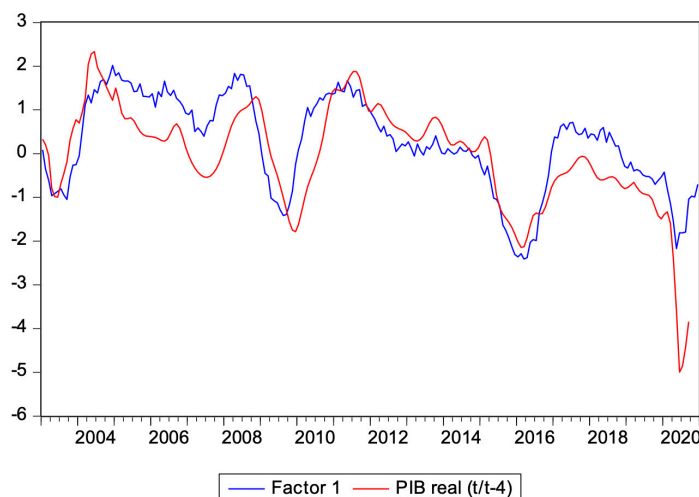
Gráfico 2.
Evolución factor 1 vs. PIB real (t/t-4) (modelo EMOE)



Elaboración: autores

Por otra parte, se establece que, para el modelo Ventas, el primer factor relacionado con la «actividad económica y financiera» es el más importante para influir en la estimación. El gráfico 3 muestra la evolución de este factor y su ajuste con respecto al PIB real (t/t-4).

Gráfico 3.
Evolución factor 1 vs. PIB real (t/t-4) (modelo Ventas)

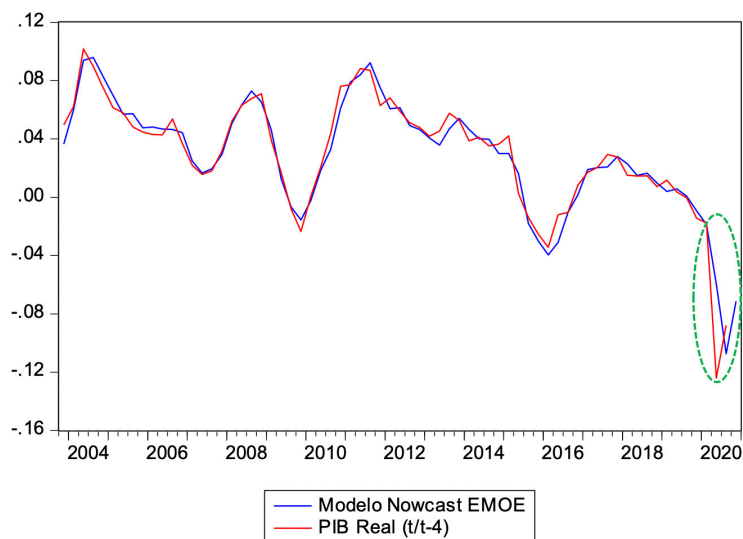


Elaboración: autores

Finalmente, al haber obtenido los factores dinámicos para ambos modelos, se los trimestraliza y se los utiliza como las variables dependientes dentro del modelo (revisar ecuación 3), con el cual se estima el PIB real (t/t-4).

En el gráfico 4, se muestra el *nowcast* del modelo EMOE, utilizando el modelo de factores dinámicos en conjunto con la serie observada del PIB real (t/t-4).

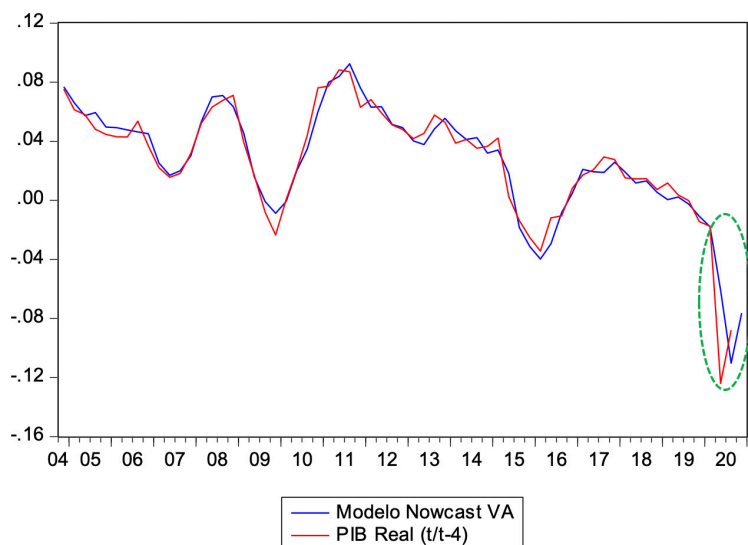
Gráfico 4.
Nowcast del PIB real (t/t-4) (modelo EMOE)



Elaboración: autores

De igual manera en el gráfico 5 se muestra el *nowcast* del modelo Ventas en conjunto con la serie observada del PIB real (t/t-4).

Gráfico 5.
Nowcast del PIB real (t/t-4) (modelo Ventas)



Elaboración: autores

Como se puede ver en los resultados de ambos modelos, el ajuste es bueno, pero se denota que existe una ruptura a partir del segundo trimestre de 2020 debido a la coyuntura relacionada a la pandemia mundial del COVID-19. Por este motivo, se ha visto la necesidad de realizar un ajuste adicional a los modelos *nowcast* que se detallan en la siguiente sección.

5.2. Ajuste del modelo Nowcast por la coyuntura del COVID-19

En esta sección se describen los motivos del ajuste requerido al modelo en conjunto con los resultados obtenidos del mismo.

5.2.1. Coyuntura del COVID-19 en Ecuador

En el mes de febrero de 2020, el Ministerio de Salud Pública (MSP) activó acciones para la contención y respuesta al COVID-19, con el acompañamiento de la Organización Panamericana de la Salud (OPS), y se confirmó el primer caso positivo en el país el 29 de febrero 2020. En este contexto, inició la elaboración de informes y directrices de variado orden y nivel técnico para el tratamiento médico de los casos, la vigilancia epidemiológica, el fortalecimiento de la capacidad de diagnóstico, las políticas de protección del personal de salud y la comunicación de riesgo a la comunidad.

El 11 de marzo de 2020, la OMS declara al COVID-19 como pandemia de nivel global y llama a los países a activar y ampliar los mecanismos de respuesta. El mismo día el MSP expide el Acuerdo Ministerial No. 00126-2020, que declara el Estado de Emergencia Sanitaria Nacional en el Sistema Nacional de Salud (SNS) ecuatoriano para «prevenir un posible contagio masivo de la población». Al día siguiente, se activa el Comité Nacional de Operaciones de Emergencia (COEN), conformado por las máximas autoridades del país, al igual que sus Mesas Técnicas de Trabajo.

El 16 de marzo de 2020, el gobierno nacional emite el Decreto Ejecutivo No. 1017 y declara el Estado de Excepción por calamidad pública en todo el territorio «a fin de controlar la situación de emergencia sanitaria para garantizar los derechos de las personas ante la inminente presencia del COVID-19» en Ecuador. La finalidad fue implementar una cuarentena comunitaria obligatoria «en todo el territorio nacional, para prevenir la generación de nuevos contagios en el desarrollo de actividades habituales». Este confinamiento se extendió hasta el agosto de 2020.

Los efectos de la coyuntura descrita previamente tanto a nivel económico como social se denotan en los quiebres o cambios temporales importantes en algunas series de indicadores económicos. Por este motivo, el ajuste de los modelos *nowcast* con el crecimiento del PIB (gráficos 4 y 5) se rompe a partir del segundo trimestre de 2020 (caída del PIB real (t/t-4) en -12.4 %), por lo que fue necesario realizar una serie de pruebas para corregir las series y controlar los modelos con el fin de ajustar y evitar que existan sesgos marcados en los resultados considerando el nivel de incertidumbre sobre el momento en que se pueda atenuar el efecto del COVID-19.

5.2.2. Ajustes propuestos para las estimaciones

Se realizaron diferentes especificaciones y, conforme se incrementó el número de periodos observados desde la publicación del crecimiento de la economía para el segundo trimestre de 2020, se considera como un primer ajuste incluir variables de control dicotómicas tipo *outlier* (para el Q2 de 2020) y de cambio de nivel (para el Q2 y Q3 de 2020) en el modelo *nowcast*. De esta manera, se pretende contrarrestar los efectos temporales que podría tener la caída de este trimestre en las estimaciones subsiguientes.

Adicionalmente, con el fin de obtener resultados que no se afecten de manera importante por los movimientos de muy corto plazo, se ha realizado una especificación adicional que considere al ciclo del PIB mediante la aplicación del filtro de Hodrick-Prescott¹⁴. Esta metodología se refiere a la descomposición de series macroeconómicas en sus dos componentes: tendencia y ciclo, con base al parámetro de suavización (λ , que depende de la periodicidad de las series) que sanciona la suma de las segundas diferencias del componente permanente (variabilidad de la tendencia). De esta manera, se reestiman los modelos de *nowcast* con los regresores respectivos sobre el ciclo del PIB (en lugar de la tasa de crecimiento interanual), lo cual atenúa los efectos de corto plazo y, junto con las *dummies* de control descritas previamente, se evita tener efectos sesgados en el comportamiento de la actividad económica.

Finalmente, para ajustar las estimaciones obtenidas de los modelos *nowcast* en términos de ciclo del PIB y convertirlas en las unidades del PIB real ($t/t-4$), se utiliza el criterio de cointegración desarrollado por Clive Granger y Robert Engle. Estos economistas observaron que para que dos variables estén cointegradas se requiere que su combinación lineal sea estacionaria. Ello significa que dos series cointegradas exhiben un equilibrio de largo plazo entre sí, dando lugar a la anulación de la tendencia común que presentan entre ellas. Considerando que, cuando se hace análisis del ciclo económico, se analiza los movimientos de la tasa de crecimiento económico anual con la tasa de crecimiento de la tendencia, se optó por utilizar este criterio para obtener el valor que exhibe la tasa de crecimiento ante los comovimientos del ciclo modelado con el *nowcast* como una señal adicional en el pronóstico (Erráez, 2014).

Esta consideración permite construir un modelo de corrección de error (ECM) entre la tasa de crecimiento del PIB y el ciclo económico. Existen algunas aplicaciones empíricas que construyen, con base al concepto de cointegración, relaciones que se explican en el PIB con base a otros indicadores, pues este tipo de técnica captura los efectos de corto y largo plazo, como en el caso del estudio de Tomić et al. (2020), en

¹⁴ De igual manera, se aplicó el filtro de suavizamiento de doble banda del Hodrick-Prescott (HP) utilizado por Gachet et al. (2010), cuyo funcionamiento es intuitivo y se basa en la remoción de las variaciones de menor frecuencia (*shocks* puntuales de corto plazo). Al final de este procedimiento, se retiene las fluctuaciones ubicadas entre una baja y alta frecuencia (mediano plazo). Sin embargo, una vez analizados sus resultados, se decidió no utilizarlos, puesto que las estimaciones se ajustaron de manera muy rápida a un comportamiento de recuperación. Esta técnica se podría utilizar en caso de que se tenga caídas puntuales en la economía con un horizonte de recuperación casi inmediato.

el que demuestran el vínculo causal estadísticamente significativo en el corto y largo plazo entre el *economic sentiment indicator* (ESI)¹⁵ y el PIB para un panel de datos de 28 países de la Unión Europea en el periodo comprendido entre 2000 y 2018. De igual manera, Castillo-Ponce et al. (2010) explican la sincronización entre los ciclos económicos de Estados Unidos y México a través del análisis de cointegración entre el PIB del sector de servicios y el consumo agregado.

De acuerdo con Granger y Lee (1989), estos modelos se especifican de la siguiente manera:

$$\Delta y_t = \beta_1 \Delta x_t + \beta_2 (y - x)_{t-1} + \varepsilon_t \quad (4)$$

Donde $\varepsilon_t \sim N(0, \delta^2)$

y_t y x_t son la tasa de crecimiento interanual (t/t-4) y el ciclo económico del PIB respectivamente. Al ser y_t y x_t procesos integrados $I(1)$, existe una relación de equilibrio entre ellas a largo plazo, la cual es capturada por el término de corrección de error $(y - x)_{t-1}$.

La forma general de un modelo ECM es:

$$\Delta y_t = \beta_0 + \beta_1 \Delta x_t + \gamma (y_{t-1} - \alpha x_t) \quad (5)$$

Sin embargo, esta se puede expresar como una función de mínimos cuadrados ordinarios (MCO), como se presenta a continuación:

$$\Delta y_t = \beta_0 + \beta_1 \Delta x_t + \gamma y_{t-1} + \gamma_1 x_t \quad (6)$$

Donde $\gamma_1 = -\gamma\alpha$

Cabe destacar que, en estos modelos, se incluyen de igual manera controles con *dummies*, asumiendo dos hipótesis: 1) *dummy* aditiva —considera que el efecto del COVID-19 fue puntual, es decir, que fue una única caída atípica en el tiempo lo sucedido en Q2—, y 2) *level shift* —considera que el efecto del COVID-19 podría producir un cambio de nivel en las series, es decir, mantenerse al menos en el mediano plazo, por lo que se considera como *dummy* tanto al Q2 como al Q3—.

De esta manera, a través de la utilización de esta metodología, se pueden convertir los datos estimados por los modelos *nowcast* para el ciclo económico a estimaciones comparables con la tasa de crecimiento interanual del PIB (t/t-4). Para revisar las especificaciones de los modelos ECM utilizados, revisar los anexos 8 y 9.

¹⁵ Indicador compuesto utilizado como *proxy* principal para estimar los ciclos económicos.

5.2.3. Resultados obtenidos de los ajustes propuestos

En esta sección, se detallan los resultados obtenidos una vez implementados los ajustes a los modelos *nowcast* para el Q3 del 2020, ya que permite contrastarlos con el dato oficial publicado por el BCE para ese trimestre (-8.8 %). De igual manera, se toman en cuenta las estimaciones realizadas por CORDES¹⁶ y Betamétrica¹⁷ por motivos de comparabilidad. Cabe destacar que cada uno de estos ejercicios, si bien utilizan la misma metodología (modelo *nowcast*), están compuestos por diferentes variables macroeconómicas. En la tabla 4 se presentan las características principales de los modelos *nowcast* disponibles para Ecuador.

Tabla 4.
Estimaciones *nowcast* del PIB real (t/t-4)

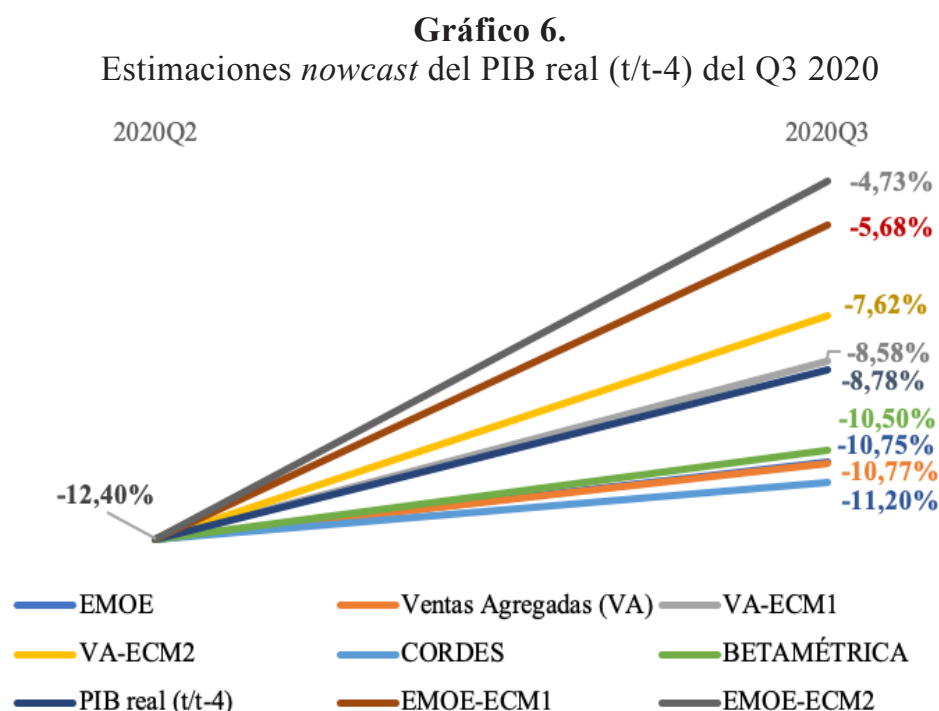
Características	CORDES	Betamétrica	Modelo EMOE	Modelo Ventas Agregadas
VARIABLES	29	9	31	28
Temporalidad	Mensual desde 2003	Trimestral desde 2003	Mensual desde 2002	Mensual desde 2002
Factores	5	2	5	4

Elaboración: autores

En el gráfico 6, se expresan todos los resultados de las estimaciones de los modelos *nowcast* propuestos en conjunto con los modelos con los ajustes realizados y los últimos resultados (cuarta corrida) de los modelos de CORDES y Betamétrica para el tercer trimestre de 2020.

¹⁶ Se refiere al estudio realizado por González-Astudillo y Baquero (2018); se publica mensualmente en la página web de CORDES. Los datos indicados en este punto se refieren a la cuarta estimación realizada, por lo que sería el modelo más ajustado.

¹⁷ Se refiere al estudio realizado por Casares (2017); se publica periódicamente en la página web de Betamétrica. De igual manera, el dato utilizado corresponde a la cuarta estimación realizada.



Como se puede ver, los resultados de los modelos ajustados únicamente con la *dummy* en el segundo trimestre del 2020 (EMOE -10.75 % y Ventas Agregadas -10.77 %) tienen un ajuste similar al de los modelos *nowcast* de CORDES (-11.20 %) y Betamétrica (-10.50 %). Sin embargo, estos resultados aún se encuentran distantes al PIB real (t/t-4) para el Q3 del 2020 publicado por el BCE (-8.8 %), por lo que se denota la relevancia de realizar el segundo ajuste propuesto, es decir, mediante el filtro Hodrick-Prescott, utilizar el componente cíclico del PIB, reestimar los modelos y luego transformar los resultados a la tasa de crecimiento interanual mediante el modelo ECM. En este sentido, los modelos de Ventas Agregadas, en los cuales se utilizó el modelo ECM (1: *level shift* -8.58 % y 2: *dummy* aditiva -7.62 %) para transformar las estimaciones del ciclo del PIB a la tasa de crecimiento interanual (t/t-4), se ajustaron aún más al valor publicado. El resultado publicado se encuentra incluido en el intervalo de confianza al 95 % de estos modelos.

Cabe destacar que los modelos EMOE en los que se utilizó el modelo ECM estimaron una tasa de crecimiento interanual del PIB de -5.68 % (ECM1: *level shift*) y -4.73 % (ECM2: *dummy* aditiva). Se denota con estos resultados la relevancia de estimar dos modelos que difieren por las variables utilizadas: 1) con componente subjetivo (EMOE), y 2) con componente objetivo (Ventas Agregadas). De esta manera, se pueden contrastar sus resultados y establecer que las expectativas de crecimiento por parte de las empresas que participan en el EMOE eran mejores que lo que en realidad sucedió.

Finalmente, tomando en cuenta el criterio de Clemen (1989), se realiza el promedio de las estimaciones para el tercer trimestre del 2020 de todos los modelos *nowcast* según sus características, obteniendo los siguientes resultados: 1) -8.99 % según Ventas Agregadas, y, 2) -7.05 % según EMOE.

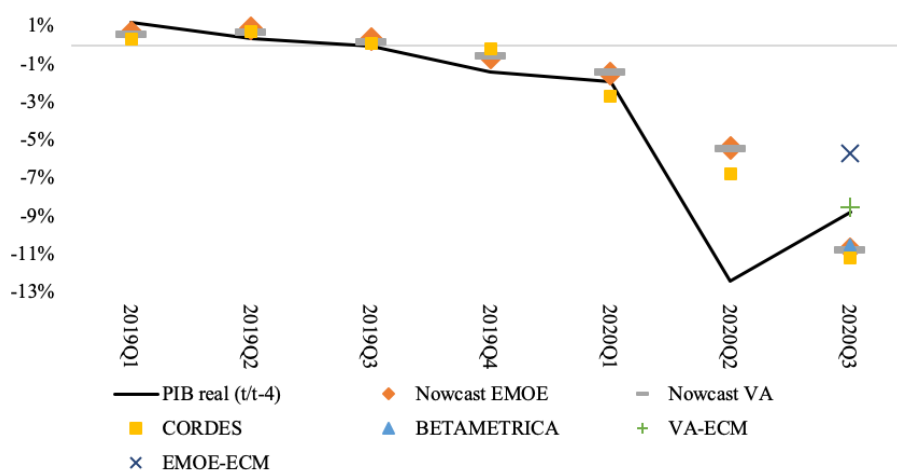
5.3. Periodo de cálculo y presentación de las estimaciones del PIB real (t/t-4)

En vista de que los modelos *nowcast* descritos se alimentan con información de periodicidad mensual, se puede contar con al menos 4 estimaciones (una cada mes), siendo la última estimación un *backcast*. Los resultados obtenidos reflejarían un mejor ajuste conforme se cuente con información más actualizada.

5.4. Análisis de robustez

Con el fin de evaluar el desempeño de los modelos *nowcast* propuestos, en la presente sección se compara su capacidad predictiva, para lo cual se realizan varios ejercicios comparativos, como el desempeño de los modelos¹⁸ al pronosticar el PIB real (t/t-4) desde marzo 2019, utilizando información disponible hasta diciembre de 2018; es decir, se realizan *nowcasts* desde el primer trimestre de 2019 hasta el tercer trimestre de 2020¹⁹. En el gráfico 7, se presenta la evolución histórica de los *nowcast* desarrollados en la investigación (EMOE y Ventas Agregadas), el *nowcast* de CORDES, y en el último periodo se presenta la estimación de Betamétrica²⁰ y de los modelos con filtros suavizados propuestos (VA-ECM y EMOE-ECM).

Gráfico 7.
Estimaciones *nowcast* del PIB real (t/t-4) del Q1 2019 al Q3 2020



Elaboración: autores

¹⁸ Se toma en cuenta únicamente la cuarta estimación de cada uno de los modelos, puesto que esta es la que cuenta con información más completa (cuatro meses de información).

¹⁹ Último corte con información completa al momento de realizar la investigación disponible en el Boletín de Cuentas Nacionales Trimestrales No. 114, valores constantes USD 2007 y corrientes, periodo: 2000.I-2020.IIIT. Disponible en: <https://contenido.bce.fin.ec/home1/estadisticas/cntrimestral/CNTrimestral.jsp>

²⁰ Se toma en cuenta únicamente la cuarta estimación realizada por Betamétrica para el tercer trimestre de 2020, debido a que la información para el resto de periodos requería pago para su disponibilidad.

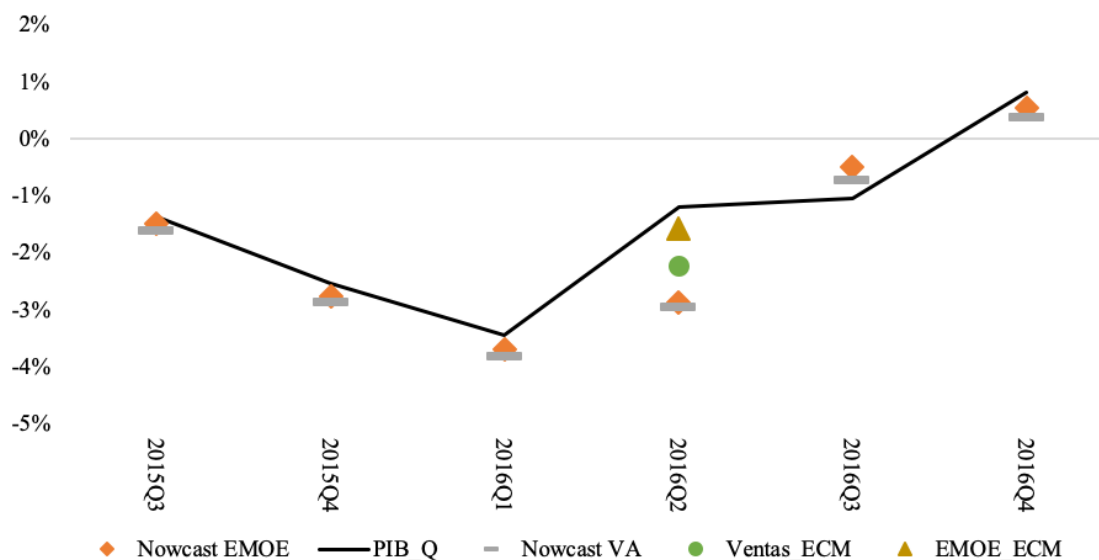
Se denota que los modelos propuestos (EMOE y Ventas Agregadas) presentan buen desempeño; sin embargo, la pandemia del COVID-19 generó un desafío importante para futuras estimaciones, puesto que en este lapso (a partir del segundo trimestre de 2020), la economía presenta la mayor caída histórica desde el 2000. Sin embargo, en el tercer trimestre de 2020, la economía empieza a tomar un comportamiento de recuperación (aunque aún muy negativo), por lo que las estimaciones de los modelos se ven afectadas perdiendo así capacidad de predicción.

Por este motivo, se ajustaron los modelos para mejorar su capacidad predictiva en momentos puntuales, como son los de recuperación después de una caída importante en la economía. Como se puede observar, los modelos con componente objetivo (Ventas Agregadas) ajustados con los filtros de suavizamiento en el PIB real ($t/t-4$), que toman su componente cíclico y luego sus resultados se reestiman con un modelo ECM para hacerlos comparativos a la tasa de crecimiento interanual, son los que mejor se ajustan al valor real en el tercer trimestre de 2020. Por otra parte, en el modelo con componente subjetivo (EMOE), el suavizamiento exagera las expectativas de crecimiento por parte de las empresas.

Para analizar la validez externa del uso de la técnica de suavizamiento tanto en el modelo objetivo (Ventas Agregadas) y subjetivo (EMOE), se realizaron las estimaciones para el periodo 2015-2016 para analizar su capacidad predictiva con respecto a un periodo de crisis en el cual la economía haya presentado una caída significativa. Se escoge este periodo de tiempo debido a que se produjo una caída drástica de la economía ecuatoriana (llegando a su punto más bajo en el primer trimestre de 2016 con -3.43 %) por la baja de los precios del petróleo, la pérdida de competitividad de las exportaciones nacionales, por la apreciación del dólar y el terremoto de abril 2016.

El gráfico 8 nuevamente denota que los modelos propuestos (EMOE y Ventas Agregadas) presentan buen desempeño predictivo; sin embargo, la caída producida en el primer trimestre de 2016 generó un desafío para la estimación del segundo trimestre. Al utilizar el ajuste a través de los filtros de suavizamiento, se establece que dichos modelos (al igual que en el ejercicio con el COVID-19) tienen un mejor desempeño predictivo en el segundo trimestre de 2016, y se concluye que el ajuste al modelo propuesto resulta aplicable para situaciones en el corto plazo, en las cuales la economía empieza un proceso de recuperación después de una caída abrupta. De igual manera, con este análisis se detecta que a los modelos *nowcast* (EMOE y Ventas Agregadas) les tomó un trimestre ajustarse al cambio de tendencia, producto de un fuerte *shock* exógeno.

Gráfico 8.
Estimaciones *nowcast* del PIB real (t/t-4) del Q3 2015 al Q4 2016



Elaboración: autores

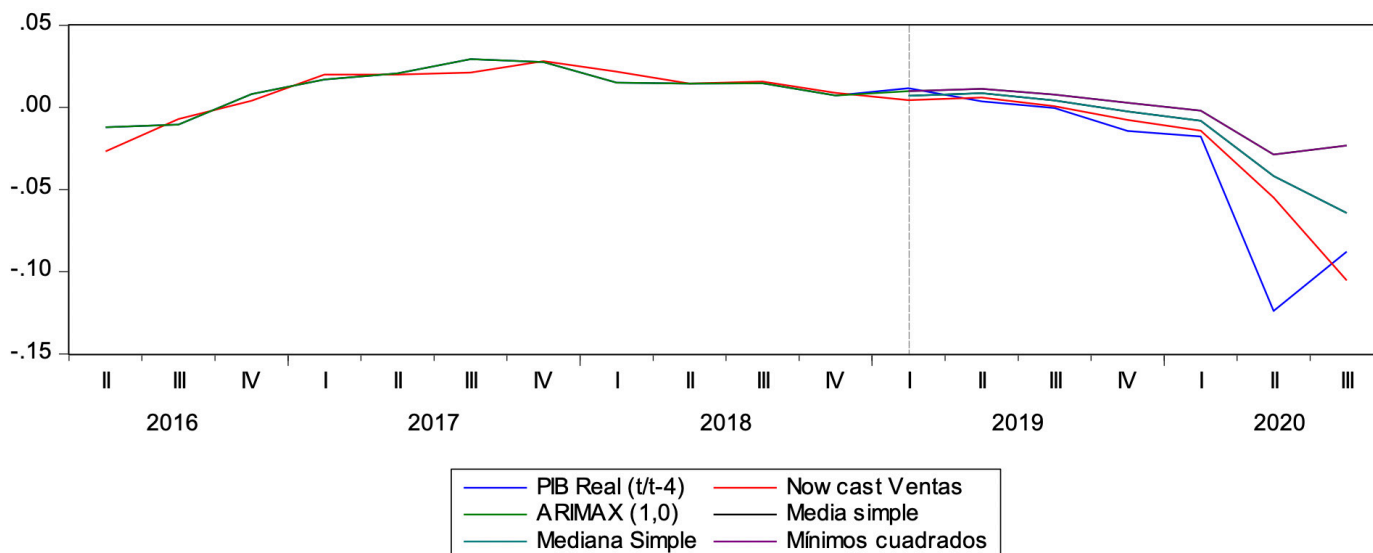
En segunda instancia, con el fin de evaluar el desempeño de los modelos *nowcast* propuestos, se considera comparar los resultados con modelos ARIMAX que incluyen los factores. Para la implementación de la evaluación del pronóstico, se estiman ambos modelos hasta diciembre de 2018, y luego se evalúa su desempeño al pronosticar la tasa crecimiento desde el primer trimestre de 2019 hasta el tercer trimestre del 2020.

En el primer caso, para comparar la capacidad predictiva para el PIB real (t/t-4), se realiza el contraste del modelo *nowcast* objetivo (Ventas Agregadas) frente a un modelo ARIMAX(1,0) con los factores, seleccionado con base al criterio de información bayesiano (BIC)²¹. En el gráfico 9 se muestra que el modelo *nowcast* es el que presenta el mejor comportamiento predictivo²².

²¹ Criterio de información para seleccionar el mejor modelo en niveles de ajuste fuera de la muestra.

²² La capacidad predictiva del modelo *nowcast* de Ventas Agregadas mejora aún más en el periodo COVID-19 (a partir del segundo trimestre de 2020) si se consideran los ajustes propuestos en el presente estudio (modelos ECM).

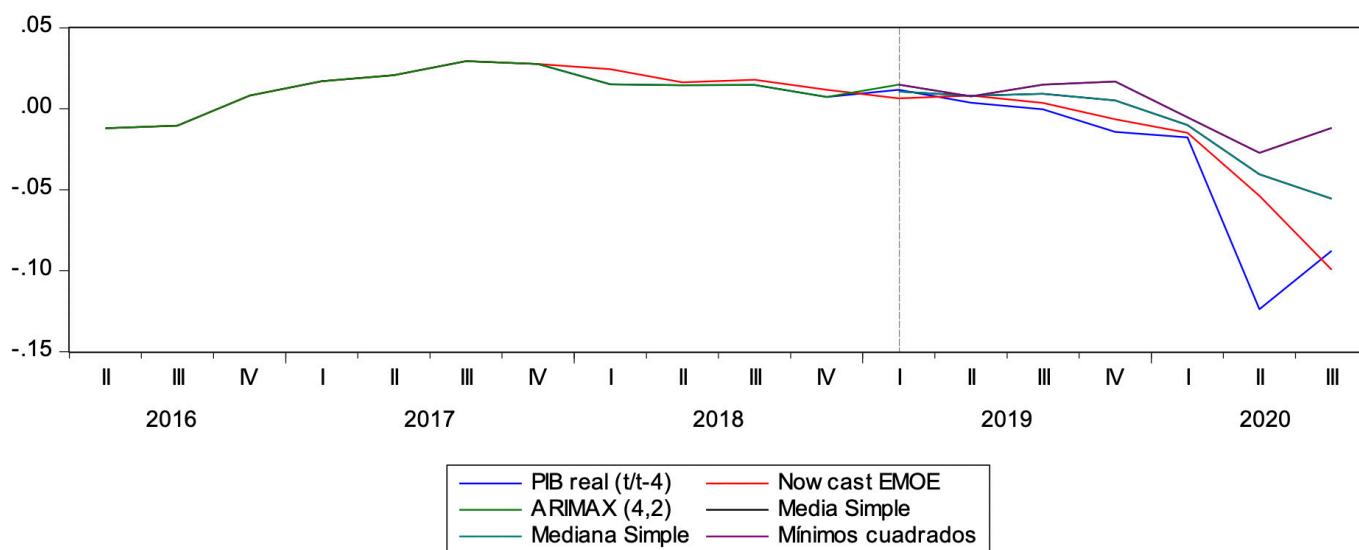
Gráfico 9.
Evaluación del pronóstico del modelo *nowcast* de Ventas Agregadas



Elaboración: autores

En la misma línea, al modelo *nowcast* subjetivo (EMOE) se lo contrasta con un modelo ARIMAX(4,2) que toma en cuenta los factores dinámicos seleccionado con base al criterio BIC. En el gráfico 10 (siguiente página), se denota que el modelo EMOE es el que tiene un mejor desempeño predictivo.

Gráfico 10.
Evaluación del pronóstico del modelo *nowcast* EMOE



Elaboración: autores

Los resultados de los estadísticos de validación del pronóstico de los diferentes modelos se muestran en los anexos 10 y 11, en donde se establece que el modelo *nowcast* de Ventas Agregadas produce una raíz del error cuadrático medio (RMSE) de predicción menor (2.7 %) que el producido por el modelo ARIMAX(1,0) (4.2 %). De manera similar, en el caso del modelo *nowcast* EMOE, el RMSE fue del 2.7 % y ARIMAX(4,2) tuvo un 4.5 %, reflejando un mejor ajuste. De igual manera, se realiza la prueba de Chong y Hendry (1986) mejorado por Timmermann (2006). La idea subyacente a esta prueba es considerar si un solo pronóstico contiene toda la información contenida en otro pronóstico, siendo este mejor que sus predecesores. En el caso de los modelos *nowcast* EMOE y Ventas Agregadas, se evidencia con este test que los modelos propuestos capturan la información contenida en un modelo ARIMAX, con lo que se corrobora nuevamente que tienen mejor desempeño predictivo considerando una muestra de entrenamiento desde 2019 Q1 al 2020 Q3.

Cabe destacar que se realizaron los contrastes con otros modelos ARIMA univariados. Estos no fueron incorporados debido a que los resultados de sus pronósticos eran muy deficientes frente a los ARIMAX que se presentaron previamente. De hecho, el proceso de desaceleración de la economía iniciado en 2019 no fue capturado por ningún modelo univariado.

6. CONCLUSIONES

Conforme a la revisión bibliográfica, el modelo *nowcast* que utiliza factores dinámicos es la metodología seleccionada para estimar el PIB real anualizado ($t/t-4$) para el presente ejercicio. El DFM es una técnica que proporciona resultados consistentes de crecimiento económico de los países medidos por el PIB, utilizando variables macroeconómicas y financieras (estacionarias) con menor periodicidad que se agrupan en factores estáticos (número menor que el de variables para evitar la maldición de la dimensión) obtenidos mediante el análisis de componentes principales (ACP), que no tienen correlación entre sí y que representan gran parte de la variabilidad de las series. Posteriormente, mediante un modelo VAR, se estiman los factores dinámicos y mediante el filtro de Kalman se reestiman los parámetros dinámicos. Finalmente, se incorporan los factores (trimestralizados) a un modelo de regresión de la tasa del crecimiento del PIB trimestral.

Para realizar la presente investigación se utilizó la programación desarrollada por Solberger y Spanberg (2019). En este sentido, y como valor añadido a la literatura, se estimaron dos modelos *nowcast* con el fin de contrastar los resultados obtenidos tomando en cuenta que uno de los modelos utiliza variables con un componente subjetivo (modelo EMOE) y el otro reemplaza este componente por uno objetivo (modelo Ventas Agregadas). A medida que los modelos incorporan información actualizada mes a mes, el ajuste de su estimación mejora. Además, la combinación o agregación de estimaciones conduce a mejoras en la precisión del pronóstico, ya que disminuye

la variabilidad con respecto a la media, por lo que representan una alternativa válida y técnica a solo contar con un único modelo.

Si bien la economía ecuatoriana presentaba un comportamiento de contracción desde finales de 2019, la coyuntura del COVID-19 produjo quiebres o cambios temporales importantes en algunas series de indicadores económicos, entre ellos el PIB. Por este motivo, el nivel de ajuste de los dos modelos *nowcast* cae a partir del segundo trimestre de 2020 (caída del PIB real (t/t-4) en -12.4 %). De esta manera, fue necesario realizar las siguientes correcciones: primero, incluir variables de control dicotómicas tipo *outlier* (para el Q2 de 2020) en los modelos para contrarrestar los efectos temporales que podría tener la caída de este trimestre en las estimaciones subsecuentes; segundo, se utilizó el filtro Hodrick-Prescott en la series del PIB real (t/t-4) trimestral para estimar los modelos (EMOE y Ventas Agregadas) con su parte cíclica y luego, mediante modelos de corrección de error (ECM), se ajustan los resultados obtenidos del ciclo a la tasa de crecimiento (t/t-4). Sin embargo, se aclara que los ajustes realizados podrían cambiar una vez que el crecimiento de la economía vuelva a recuperar su dinámica o comportamiento previo a la pandemia, así como los modelos pueden ser susceptibles a cambios a medida que se vayan actualizando las series. De hecho, podría utilizarse ajustes que permitan mejorar la precisión en la construcción de modelos, como el uso de otros filtros de suavizamiento (doble banda del HP o Baxter-King), dependiendo del tipo de shock que se presente (corto, mediano o largo plazo) o la incorporación o exclusión de indicadores en el panel de datos del *nowcast*.

Los resultados de las estimaciones sugieren que la capacidad predictiva de los modelos juntos, EMOE y Ventas Agregadas, tiene un ajuste más cercano al valor del PIB real (t/t-4). De hecho, se corrobora la relevancia de realizar dos o más modelos, ya que, al contrastar sus resultados, se establece que la parte objetiva (modelo de Ventas Agregadas) se acerca más al valor real que las expectativas de crecimiento por parte de las empresas (modelo EMOE). De igual manera, los modelos propuestos en este estudio (en especial los que incluyen los ajustes de suavizamiento) presentan estimaciones más precisas del crecimiento económico. Estas mejoran aún más si se toma el criterio de Clemen (1989), realizando el promedio de las estimaciones de todos los modelos *nowcast* según sus características. Para corroborar esta conclusión, se analizó el nivel de ajuste de los modelos fuera de la muestra para el periodo 2019 Q1 a 2020 Q3 en comparación a modelos ARIMAX, con lo que se establece que efectivamente los modelos propuestos tienen mejor desempeño predictivo, pues capturan la información contenida en los ARIMAX.

Los fuertes descalabros de una economía, así como el inicio de su proceso de recuperación, representan desafíos para la capacidad predictiva de los modelos *nowcast*. Por este motivo, se recomienda utilizar los modelos ajustados con el filtro de suavizamiento (Hodrick-Prescott) y reestimados mediante modelos ECM. Esta recomendación surge porque estos modelos tienen un mejor desempeño predictivo en situaciones en el corto plazo, en las cuales la economía empieza un proceso de recuperación después de una caída abrupta.

Para futuras investigaciones, se propone explotar la información proveniente de algoritmos de *machine-learning*, con lo que se podría actualizar con mayor periodicidad las estimaciones de crecimiento. De hecho, en el estudio de Richardson et al. (2019), el uso de esta técnica mejora significativamente el ajuste de los modelos *nowcast* utilizados para estimar el crecimiento del PIB de Nueva Zelanda. De igual manera, se podría utilizar información de alta frecuencia proveniente de otras fuentes como Google Trends (Vosen y Schmidt, 2011). Finalmente, se propone para futuros ejercicios el incluir, en caso de considerarlo pertinente, indicadores financieros y macroeconómicos de otra u otras economías que se encuentren estrechamente relacionadas con la economía ecuatoriana, como lo realizó Caruso (2015) en su modelo *nowcast* para estimar el crecimiento de México, incluyendo indicadores de la economía norteamericana.

BIBLIOGRAFÍA

- Akaike, H. (1974). *A new look at the statistical model identification*. IEEE Transactions on Automatic Control 19 (6): 716-723, MR 0423716.
- Bánbura, M. et al (2013). *Nowcasting and the Real-Time Data Flow*. Working Paper Series No. 1564. European Central Bank – Eurosystem. ISSN: 1725-2806 (online). Recuperado de: <https://www.ecb.europa.eu/pub/pdf/scpwps/ecbwp1564.pdf>
- Bánbura, M. y Modugno, M. (2014). *Maximum likelihood estimation of factor models on data sets with arbitrary pattern of missing data*. Journal of Applied Econometrics, 29, 133-160.
- BCE (2020). *Estudio Mensual de Opinión Empresarial—Resultados a octubre de 2020*. Recuperado de: <https://contenido.bce.fin.ec/documentos/PublicacionesNotas/Catalogo/Encuestas/EOE/eoe202010.pdf>
- Bhansali, R. y Downham, D. (1977). *Some Properties of the Order of an Autoregressive Model Selected by a Generalization of Akaike's EPF Criterion*. Biometrika 64(3): 547-551.
- Bloem, A., Dippelsman, R., y Maehle, N. (2001). *Quarterly National Accounts Manual-Concepts, Data Sources, and Compilation*. International Monetary Fund.
- Bragoli, D. et al (2014). *The Importance of Updating: Evidence from a Brazilian Nowcasting Model*. FEDS Working Paper No. 2014-94. Recuperado de: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2529168
- Camacho, M., y Pérez-Quirós, G. (2010). *Introducing the euro-sting: short term indicator of euro area growth*. Journal of Applied Econometrics, 25, 663-694.
- Camacho, M., y Pérez-Quirós, G. (2011). *Latin STINGS: indicadores de crecimiento a corto plazo de los países de América Latina*. Serie Macroeconomía del Desarrollo No., 108.
- Caruso, A. (2015). *Nowcasting Mexican GDP*. ECARES working paper 2015-40, Université libre de Bruxelles.
- Casares, F. (2017). *Nowcasting: Modelos de Factores Dinámicos y Ecuaciones Puente para la Proyección del PIB del Ecuador*. Revista Compendium: Cuadernos de Economía y Administración, 25-46.
- Castillo-Ponce, R., Llamas, R., y Hernandez, J. (2010). *Synchronization of Economic Activity between Mexico and the US: What are the Causes?* Revista de Análisis Económico/ Economic Analysis Review, Vol. 25, No. 1, pp. 15-48, junio 2010. Recuperado de: <https://ssrn.com/abstract=1725956>
- Cattell, R. (1966). *The Screen Test for The Number of Factors*. Multivariate Behavioral Research, 1, 245-276, PMID: 26828106.
- Chong, Y. y Hendry, D. (1986). *Econometric evaluation of linear macro-economic models*. Review of Economic Studies, 53(4):671-690.
- Clemen, R. T. (1989). *Combining forecasts: A review and annotated bibliography*. International Journal of Forecasting, 5, 559-583.
- Dahlhaus, T. et al (2015). *Nowcasting BRIC+M in Real Time*. Working Paper 2015-38. Bank of Canada. Recuperado de: <https://www.bankofcanada.ca/wp-content/uploads/2015/10/wp-2015-38.pdf>
- Dickey, D. y Fuller, W. (1979). *Distribution of the estimators for autoregressive time series with a unit root*. Journal of the American Statistical Association 74 427-431.
- Engle, R. y Granger, C. (1987). *Cointegration and Error Correction: Representation, Estimation and Testing*. Econometrica, 55 (No.2), 251-276.

- Erráez, J. (2014). *Sistema de indicadores del ciclo de crecimiento económico*. Nota técnica No. 77. Quito: Dirección de Estadística Económica, Banco Central del Ecuador.
- Forni, M., Hallin, M., Lippi, M. y Reichlin, L. (2000). *The generalized dynamic-factor model: Identification and estimation*. *Review of Economics and statistics* 82(4), 540-554.
- Gachet, I., Maldonado, D., Oliva, N., y Ramirez J. (2013). *Hechos estilizados de la economía ecuatoriana: El ciclo económico 1965-2008*. *Revista Fiscalidad* 6, pp. 59-122.
- Giannone, D., Reichlin, L. y Sala, L. (2005). *Monetary Policy in Real Time*. In M. Gertler and K. Rogo (Eds.), *NBER Macroeconomic Annual*, pp. 161-200. MIT Press, Cambridge.
- Giannone, D., Reichlin, L. y Small, D. (2008). *Nowcasting: The real-time informational content of macroeconomic data*. *Journal of Monetary Economics*, 55(4), 665-676.
- González-Astudillo, M. y Baquero, D. (2018). *A Nowcasting Model for the Growth Rate of Real GDP of Ecuador: Implementing a Time-Varying Intercept*. Finance and Economics Discussion Series 2018-044. Washington: Board of Governors of the Federal Reserve System. Recuperado de: <https://doi.org/10.17016/FEDS.2018.044>
- González-Astudillo, M. (2017). *Un modelo de nowcasting para la tasa de crecimiento del PIB real de Ecuador*. Recuperado de: <https://es.slideshare.net/economiaenjeep/un-modelo-de-nowcasting-para-la-tasa-de-crecimiento-del-PIB-real-de-ecuador>
- Granger, C., King, M. y White, H. (1995). *Comments on Testing Economic Theories and the use of Model Selection Criteria*. *Journal of Econometrics* 67(1): 173-187.
- Granger, C. y Lee, T. (1989). *Investigation of production sales and inventory relationships, using multicointegration and nonsymmetric error correction models*. *Journal of Applied Econometrics*, 4, Suppl. 145-159.
- Hodrick, R. y Prescott, E. (1980). *Post-War U.S. business cycles: an empirical investigation*. Carnegie-Mellon University Discussion Paper No. 451, 12.
- Kwiatkowski et. al (1992). *Testing the null hypothesis of stationarity against the alternative of a unit root*. *Journal of Econometrics* 54 159-178. Recuperado de: <https://debis.deu.edu.tr/userweb/onder.hanedar/dosyalar/kpss.pdf>
- Liu, P. et al (2011). *Real-time Forecasts of Economic Activity for Latin American Economies*. IMF Working Paper No. 11/98. ISBN/ISSN: 9781455254293/1018-5941. Recuperado de: <https://www.imf.org/en/Publications/WP/Issues/2016/12/31/Real-time-Forecasts-of-Economic-Activity-for-Latin-American-Economies-24819>
- Maddala, G. y Kim, I. (1998). *Unit Roots, Cointegration, and Structural Change*. United Kingdom: Cambridge University Press.
- Makridakis S. y Winkler R. (1983). *Averages of Forecasts: Some Empirical Results*. *Management Science*. Vol. 29, No. 9.
- Medel, C. (2012). *Akaike or Schwarz? Which one is a better predictor of Chilean GDP?* Central Bank of Chile. Munich Personal RePEc Archive (MPRA) Paper No. 35950. Recuperado de: <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/35950/>
- Modugno, M. et al (2016). *Nowcasting Turkish GDP and news decomposition*. *International Journal of Forecasting*. Volume 32, Issue 4, October–December 2016, Pages 1369-1384. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0169207016300693>
- Nishi, R. (1988). *Maximum Likelihood Principle and Model Selection when the True Model is Unspecified*. *Journal Multivariate Analysis* 27: 392-403.

- Phillips, P. y Perron, P. (1988). *Testing for a Unit Root in Time Series Regression*. *Biometrika*, 75, 335-346.
- Sargent, T. y Sims, C. (1977). *Business cycle modeling without pretending to have too much a priori economic theory*. Working Paper No. 55. Federal Reserve Bank of Minneapolis.
- Schwarz, G. (1978). *Estimating the Dimension of a Model*. *Annals of Statistics* 6(2): 461-464.
- Shibata, R. (1976). *Selection of the Order of and Autoregressive Model by Akaike Information Criterion*. *Biometrika* 63(1): 117-126.
- Shibata, R. (1980). *Asymptotically Efficient Selection of the Order of the Model for Estimating Parameters of a Linear Process*. *Annals of Statistics* 8(1): 147-164.
- Sin, C. y White, H. (1996). *Information Criteria for Selecting Possibly Mis-specified Parametric Models*. *Journal of Econometrics* 71: 207-223.
- Solberger, M. y Spanberg, E. (2017). *Estimating a dynamic factor model in EViews using the Kalman Filter and smoother*. Working Paper. Department of Statistics – Uppsala University. Sweden.
- Solberger, M. y Spanberg, E. (2019). *Estimating a Dynamic Factor Model in EViews Using the Kalman Filter and Smoother*. *Comput Econ* 55, 875-900 (2020). <https://doi.org/10.1007/s10614-019-09912-z>
- Stock, J. y Watson, M. (1991). *A probability model of the coincident economic indicators*. *Leading Economic Indicators, New Approaches and Forecasting Records*, (2772).
- Stock, J. y Watson, M. (2011). *Dynamic Factor Models*. *Oxford Handbook on Economic Forecasting*, ed. by M. P. Clements, and D. F. Hendry. Oxford University Press.
- Timmermann, A. (2006). *Forecast Combinations*. *Handbook of Economic Forecasting*, in: G. Elliott & C. Granger & A. Timmermann (ed.), *Handbook of Economic Forecasting*, edition 1, volume 1, chapter 4, pages 135-196, Elsevier.
- Tomić, D., Simurina, J., y Jovanov, L. (2020). *The Nexus between Economic Sentiment Indicator and Gross Domestic Product; a Panel Cointegration Analysis*. *Zagreb International Review of Economics & Business*, Vol. 23, No. 1, pp. 121-140, 2020. ISSN 1331-5609; UDC: 33+65.
- Vosen, S., y Schmidt, T. (2011). *Forecasting private consumption: survey-based indicators vs. Google trends*. *Journal of Forecasting*, 30(6), 565-578.
- Watson, M. (2004). *Comment on Giannone, Reichlin, and Sala*. *NBER Macroeconomics Annual*, ed. by M. Gertler, and K. Rogoff, pp. 216–221. MIT Press.
- Yaselga, E. (2019). *Un Indicador de Factores Dinámicos para la Evolución del PIB a Corto Plazo para el Ecuador*. *Cuestiones Económicas* Vol. 29, No. 1, 2019.

ANEXOS

Anexo 1.

Descripción de las variables seleccionadas para los modelos

Variable	Categoría	Unidad	Fuente	Periodicidad	Desde
Exportaciones no petroleras	Comercio exterior	Miles de USD	BCE	Mensual	1/1/2002
Importaciones de bienes de consumo	Comercio exterior	Miles de USD	BCE	Mensual	1/1/2002
Importaciones de materias primas	Comercio exterior	Miles de USD	BCE	Mensual	1/1/2002
Importaciones de bienes de capital	Comercio exterior	Miles de USD	BCE	Mensual	1/1/2002
Indicador de situación presente	Encuestas de hogares	Índice	INEC	Mensual	1/1/2008
Cartera créditos privados	Financieras	Miles de USD	BCE	Mensual	1/1/2002
Depósitos privados a la vista	Financieras	Miles de USD	BCE	Mensual	1/1/2002
Cuasidinero	Financieras	Miles de USD	BCE	Mensual	1/1/2002
M2	Financieras	Miles de USD	BCE	Mensual	1/1/2002
Volatility Index (VIX)	Financieras	Índice	Bloomberg	Mensual	1/1/2002
Gasto público (SPNF)	Gasto	Millones USD	BCE	Mensual	1/1/2002
Índice de actividad económica coyuntural (IDEAC)	Índices de actividad económica	Índice	BCE	Mensual	1/1/2002
Consumo de energía	Índices de actividad económica	Energía generada bruta en el SNI: kWh	CENACE	Mensual	1/1/2002
Índice de actividad empresarial no petrolera (IAEN)	Índices de actividad económica	Índice	SRI	Mensual	1/1/2003
Ciclo del PIB adelantado	Índices de actividad económica	Índice	BCE	Mensual	1/1/2002
Índice de ventas agregadas	Índices de actividad económica	Índice	BCE	Mensual	1/1/2010
Volumen de producción industrial	Industria y construcción	Índice	BCE	Mensual	1/6/2007
Volumen de construcción	Industria y construcción	Índice	BCE	Mensual	1/6/2007
Impuesto a la renta	Ingreso	Miles de USD	SRI	Mensual	1/1/2002
Personal ocupado sector industrial	Mercado laboral	Índice	BCE	Mensual	1/6/2007

Variable	Categoría	Unidad	Fuente	Periodicidad	Desde
Personal ocupado sector comercial	Mercado laboral	Índice	BCE	Mensual	1/6/2007
Personal ocupado sector construcción	Mercado laboral	Índice	BCE	Mensual	1/6/2007
Personal ocupado sector servicios	Mercado laboral	Índice	BCE	Mensual	1/6/2007
Exportaciones petroleras	Petróleo	Miles de USD	BCE	Mensual	1/1/2002
Importaciones de combustibles y lubricantes	Petróleo	Miles de USD	BCE	Mensual	1/1/2002
Precio petróleo Oriente	Petróleo	USD por barril	Bloomberg	Mensual	1/1/2002
Índice de precios al consumidor (IPC)	Precios	Índice	INEC	Mensual	1/1/2002
Índice de precios de construcción	Precios	Índice	INEC	Mensual	1/1/2002
Índice de precios al productor (IPP)	Precios	Índice	BCE	Mensual	1/1/2002
Impuesto al valor agregado (IVA)	Ventas	Miles de USD	SRI	Mensual	1/1/2002
Valor de ventas comercial	Ventas	Índice	BCE	Mensual	1/6/2007
PIB real (t/t-4)		Variación interanual	BCE	Trimestral	1/1/2002

Elaboración: autores

Anexo 2.
Test KPSS a todas las variables seleccionadas para los modelos

Variable	Intercept and Trend			Trend			Model Analysis			Intercept			Constant			Model Analysis			Stationary Variable?
	LM-Statistic	Asymptotic critical values 1 % level	Trend	p-value Trend	Intercept and trend (stationary)	Trend (significant)	LM-Statistic	Asymptotic critical values 1 % level	Constant	p-value Constant	Intercept (stationary)	Constant (significant)	LM-Statistic	Asymptotic critical values 1 % level	Constant	p-value Constant	Intercept (stationary)	Constant (significant)	
IPC	0.119011	0.216	-17.44468	0	Yes	Yes	1.170548	0.739	15.52532	0	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes
EXP_PETRO	0.094177	0.216	-0.597358	0.5513	Yes	No	0.10407	0.739	0.700426	0.4849	Yes	No	Yes	Yes	No	Yes	Yes	No	Yes
EXP_NOPETRO	0.100744	0.216	-0.010536	0.9916	Yes	No	0.100976	0.739	4.973881	0	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
IMP_BCONS	0.076851	0.216	0.070762	0.9437	Yes	No	0.076703	0.739	0.745918	0.457	Yes	No	Yes	Yes	No	Yes	Yes	No	Yes
IMP_MATPRIM	0.070829	0.216	-0.704949	0.4821	Yes	No	0.08377	0.739	0.262062	0.7937	Yes	No	Yes	Yes	No	Yes	Yes	No	Yes
IMP_BCAP	0.092566	0.216	-1.175855	0.2417	Yes	No	0.121987	0.739	0.342185	0.7327	Yes	No	Yes	Yes	No	Yes	Yes	No	Yes
IMP_COMB	0.102178	0.216	-1.67329	0.0966	Yes	No	0.169119	0.739	1.971183	0.0507	Yes	No	Yes	Yes	No	Yes	Yes	No	Yes
IMP_RENTA	0.171741	0.216	1.409543	0.161	Yes	No	0.199387	0.739	3.200431	0.0017	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
IVA	0.078157	0.216	-3.107105	0.0023	Yes	Yes	0.261763	0.739	3.415937	0.0008	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
CRED_PRIV	0.12618	0.216	0.650158	0.5167	Yes	No	0.124181	0.739	13.3595	0	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
DEPOV_PRIV	0.051819	0.216	-2.291275	0.0235	Yes	Yes	0.129063	0.739	5.137189	0	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
CUASID	0.110637	0.216	-2.206802	0.029	Yes	Yes	0.197641	0.739	17.40845	0	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
M2	0.082143	0.216	-2.201345	0.0294	Yes	Yes	0.166661	0.739	22.85557	0	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
PERSO_IND	0.111742	0.216	-2.80611	0.0058	Yes	Yes	0.251558	0.739	-5.226314	0	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
PERSO_COMER	0.123577	0.216	-4.923103	0	Yes	Yes	0.417041	0.739	2.68951	0.0081	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
PERSO_CONSTRUCC	0.159156	0.216	-10.03541	0	Yes	Yes	0.812291	0.739	-11.63215	0	Yes	No	Yes	Yes	No	Yes	Yes	No	Yes
PERSO_SERV	0.19898	0.216	-8.62032	0	Yes	Yes	0.743359	0.739	-8.248453	0	Yes	No	Yes	Yes	No	Yes	Yes	No	Yes
PRODUCC_IND	0.089113	0.216	-0.554158	0.5804	Yes	No	0.097299	0.739	15.44293	0	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
VENTAS_COMER	0.074482	0.216	-1.507222	0.1341	Yes	No	0.125805	0.739	15.77204	0	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
PRODUCC_CONSTRU	0.143117	0.216	-10.11665	0	Yes	Yes	0.834305	0.739	0.951082	0.3433	Yes	No	Yes	Yes	No	Yes	No	No	Yes

Variable	Intercept and Trend			Trend			Model Analysis			Intercept			Constant			Model Analysis			Stationary Variable?
	L.M-Statistic	Asymptotic critical values 1 % level	Trend	p-value Trend	Intercept and trend (stationary)	Trend (significant)	L.M-Statistic	Asymptotic critical values 1 % level	Intercept	Constant	p-value Constant	Intercept (stationary)	Constant (significant)	Stationary Variable?					
ORIENTE_P PROM	0.104969	0.216	-0.465306	0.6425	Yes	No	0.109724	0.739	0.179493	0.8578	Yes	No	No	Yes					
IND_P PCONSTRUC	0.094179	0.216	-1.26798	0.207	Yes	No	0.140805	0.739	4.361273	0	Yes	Yes	Yes	Yes					
GASTO_P	0.114363	0.216	-1.851204	0.0663	Yes	No	0.28671	0.739	2.495607	0.0138	Yes	Yes	Yes	Yes					
IPP	0.066178	0.216	-5.490583	0	Yes	Yes	0.501667	0.739	8.045961	0	Yes	Yes	Yes	Yes					
PIB_R	0.117223	0.216	-6.449219	0	Yes	Yes	0.539734	0.739	9.49772	0	Yes	Yes	Yes	Yes					
SITUAC_P PRESENTE	0.078691	0.216	-4.084505	0.0001	Yes	Yes	0.326398	0.739	2.116608	0.0361	Yes	Yes	Yes	Yes					
IAEN	0.103499	0.216	-9.851311	0	Yes	Yes	0.770627	0.739	5.26085	0	No	No	Yes	Yes					
CONS_ENERG	0.092421	0.216	-1.614726	0.1087	Yes	No	0.180469	0.739	12.48544	0	Yes	Yes	Yes	Yes					
CICLO_PIB_P ADEL	0.07854	0.216	2.030132	0.0443	Yes	Yes	0.10861	0.739	845.183	0	Yes	Yes	Yes	Yes					
VIX	0.269245	0.216	-5.077925	0	No	Yes	0.687056	0.739	27.25281	0	Yes	Yes	Yes	No					
IDEAC	0.080826	0.216	-6.09517	0	Yes	Yes	0.665547	0.739	5.089103	0	Yes	Yes	Yes	Yes					
VENTAS_P AGREGADAS	0.117609	0.216	-8.117708	0	Yes	Yes	0.779277	0.739	5.620395	0	No	No	Yes	Yes					

Elaboración: autores

Anexo 3.
Test de raíz unitaria - Índice de volatilidad (VIX)

VIX	Phillips-Perron (PP)	Augmented Dickey- Fuller (ADF)	
Intercept and Trend	Adj. t-Statistic	-3.720069	-4.047665
	p-value	0.0242	0.0094
	Critical values 1 % level	-4.026942	-4.026942
	Trend	-0.365393	-0.365393
	p-value Trend	0.7154	0.7154
	Intercept and trend (stationnary)	No	Yes
	Trend (significant)	No	No
Intercept	Adj. t-Statistic	-4.204801	-4.417988
	p-value	0.0009	0.0004
	Critical values 1 % level	-3.478911	-3.478911
	Constant	3.967524	3.967524
	p-value Constant	0.0001	0.0001
	Intercept (stationnary)	Yes	Yes
	Constant (significant)	Yes	Yes
None	Adj. t-Statistic	-1.700795	-1.854531
	p-value	0.0842	0.0609
	Critical values 1 % level	-2.582076	-2.582076
	Stationnary	No	No
Stationnary Variable?	Yes	Yes	

Elaboración: autores

Anexo 4.

Cargas de las variables dentro de cada factor medida por eigenvalues (vectores propios), modelo EMOE

Variable	PC 1	PC 2	PC 3	PC 4	PC 5
CICLO_PIB_ADEL	3.55 %	0.69 %	7.45 %	4.89 %	1.95 %
CONS_ENERG	1.74 %	1.47 %	13.81 %	3.59 %	4.63 %
CRED_PRIV	4.53 %	0.02 %	1.13 %	7.77 %	4.94 %
CUASID	5.49 %	0.21 %	0.83 %	1.53 %	0.58 %
DEPOV_PRIV	3.91 %	3.21 %	1.12 %	0.44 %	6.98 %
EXP_NOPETRO	2.44 %	1.47 %	0.54 %	1.00 %	4.26 %
EXP_PETRO	2.06 %	6.55 %	5.70 %	7.06 %	0.02 %
GASTO_P	1.59 %	0.04 %	0.10 %	0.35 %	0.15 %
IAEN	5.52 %	1.09 %	1.99 %	0.60 %	0.18 %
IDEAC	3.88 %	0.09 %	0.36 %	5.85 %	3.30 %
IMP_BCAP	4.38 %	1.00 %	0.37 %	2.61 %	0.24 %
IMP_BCONS	3.80 %	4.06 %	0.07 %	1.81 %	0.49 %
IMP_COMB	2.78 %	2.43 %	6.75 %	1.73 %	0.16 %
IMP_MATPRIM	4.43 %	2.68 %	0.43 %	1.23 %	0.55 %
IMP_RENTA	0.03 %	0.04 %	12.96 %	29.52 %	3.80 %
IND_PCONSTRUC	1.57 %	4.14 %	1.79 %	3.90 %	2.67 %
IPC	0.16 %	15.13 %	0.60 %	3.25 %	13.85 %
IPP	2.74 %	2.48 %	0.00 %	0.54 %	18.34 %
IVA	5.10 %	0.37 %	0.05 %	0.51 %	0.00 %
M2	5.34 %	0.50 %	0.00 %	2.50 %	3.10 %
ORIENTE_PROM	1.95 %	7.00 %	6.49 %	6.33 %	0.00 %
PERSO_COMER	3.23 %	4.16 %	0.01 %	0.00 %	9.56 %
PERSO_CONSTRUCC	3.11 %	8.40 %	2.48 %	1.09 %	5.85 %
PERSO_IND	5.03 %	0.43 %	0.73 %	2.17 %	0.14 %
PERSO_SERV	2.36 %	7.91 %	4.58 %	0.72 %	5.32 %
PIB_R	4.63 %	3.38 %	3.05 %	0.05 %	0.14 %
PRODUCC_CONSTRU	2.72 %	11.06 %	0.01 %	1.91 %	0.27 %
PRODUCC_IND	4.53 %	1.44 %	4.77 %	0.35 %	0.35 %
SITUAC_PRESENTE	2.63 %	0.00 %	2.95 %	0.97 %	6.40 %
VENTAS_COMER	4.75 %	0.36 %	9.08 %	1.99 %	0.00 %
VIX	0.01 %	8.20 %	9.82 %	3.78 %	1.78 %

Elaboración: autores

Anexo 5.

Cargas de las variables dentro de cada factor medida por eigenvalues (vectores propios), modelo Ventas

Variable	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4
CICLO_PIB_ADEL	5.53 %	0.43 %	0.28 %	0.26 %
CONS_ENERG	2.83 %	6.06 %	6.08 %	6.83 %
CRED_PRIV	5.53 %	0.16 %	4.07 %	11.28 %
CUASID	6.31 %	0.30 %	3.57 %	0.74 %
DEPOV_PRIV	4.57 %	2.71 %	0.14 %	13.94 %
EXP_NOPETRO	3.29 %	0.48 %	0.07 %	1.40 %
EXP_PETRO	4.00 %	5.25 %	0.64 %	1.15 %
GASTO_P	1.99 %	0.01 %	0.02 %	11.90 %
IAEN	6.89 %	1.87 %	0.06 %	0.06 %
IDEAC	4.74 %	1.04 %	4.25 %	0.77 %
IMP_BCAP	4.98 %	1.74 %	0.01 %	5.04 %
IMP_BCONS	4.39 %	4.51 %	0.00 %	3.83 %
IMP_COMB	4.43 %	2.58 %	0.06 %	0.94 %
IMP_MATPRIM	5.31 %	1.55 %	1.10 %	0.53 %
IMP_RENTA	0.00 %	0.01 %	42.51 %	0.88 %
IND_PCONSTRUC	0.85 %	14.54 %	1.69 %	15.64 %
IPC	0.13 %	23.55 %	0.85 %	5.62 %
IPP	1.78 %	12.74 %	0.01 %	3.58 %
IVA	5.95 %	0.01 %	0.42 %	1.21 %
M2	6.47 %	0.02 %	1.68 %	7.81 %
ORIENTE_PROM	4.17 %	5.82 %	0.22 %	0.26 %
PIB_R	5.62 %	6.12 %	0.12 %	1.39 %
SITUAC_PRESENTE	4.43 %	0.01 %	0.73 %	4.09 %
VENTAS_AGREGADAS	5.74 %	2.40 %	8.26 %	0.56 %
VIX	0.07 %	6.08 %	23.15 %	0.29 %

Elaboración: autores

Anexo 6.
VAR Lag Order Selection Criteria, modelo EMOE

Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	-1450.632	NA	0.824542	13.99646	14.07669	14.0289
1	162.8547	3133.887	1.92E-07	-1.277449	-0.796073	-1.082805
2	281.6545	225.0342	7.79E-08	-2.17937	-1.296848	-1.822523
3	323.3747	77.02203	6.64E-08	-2.340142	-1.056473	-1.821092
4	441.8051	212.9469	2.71E-08	-3.23851	-1.553695	-2.557258
5	572.2311	228.2456	9.86E-09	-4.252223	-2.166261*	-3.408767
6	637.8495	111.6775	6.70E-09	-4.642784	-2.155676	-3.637125*
7	676.9457	64.65897	5.89E-09	-4.778324	-1.890069	-3.610462
8	705.3215	45.56507*	5.75e-09*	-4.810784*	-1.521383	-3.480719

* indicates lag order selected by the criterion

Elaboración: autores

Anexo 7.
VAR Lag Order Selection Criteria, modelo Ventas

Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	-1228.1	NA	1.641488	11.84711	11.91129	11.87306
1	-132.3336	2138.851	5.08E-05	1.464746	1.785663	1.594509
2	-45.38591	166.3711	2.57E-05	0.782557	1.360208	1.016129
3	-26.22178	35.93275	2.49E-05	0.752132	1.586517	1.089515
4	30.1186	103.4713	1.69E-05	0.364244	1.455362	0.805436
5	96.94567	120.1602	1.04E-05	-0.124478	1.223374*	0.420525
6	130.8819	59.71478	8.77e-06*	-0.296942*	1.307644	0.351870*
7	146.2347	26.42445*	8.85E-06	-0.290718	1.570601	0.461904
8	154.8639	14.52037	9.54E-06	-0.219846	1.898207	0.636586

* indicates lag order selected by the criterion

Elaboración: autores

Anexo 8.

Resultados del modelo de corrección de error para la variable de respuesta (Δ TC del PIB) con control de COVID-19, level shift

Variable	Estimado	Std. Error	P-Value
Intercepto	-0.010	0.17	0.95
Δ Ciclo PIB ($\lambda=1600$)	0.92	0.12	0.00***
Lag1 Ciclo PIB ($\lambda=1600$)	-0.15	0.07	0.05*
Lag1 TC del PIB	-0.03	0.04	0.42
Control COVID-19 IIT y IIIT	-0.49	1.62	0.76

Nota: Códigos de significancia: 0.01 ‘***’ 0.05 ‘**’ 0.1 ‘*’

El control de COVID-19 considera level shift o cambio de nivel en las series en Q2 y Q3

Elaboración: autores

Anexo 9.

Resultados del modelo de corrección de error para la variable de respuesta (Δ TC del PIB) con control de COVID19, outlier aditivo

Variable	Estimado	Std. Error	P-Value
Intercepto	-0.10	0.17	0.55
Δ Ciclo PIB ($\lambda=1600$)	1.19	0.11	0.00***
Lag1 Ciclo PIB ($\lambda=1600$)	-0.15	0.07	0.03**
Lag1 TC del PIB	-0.06	0.04	0.42
Control COVID-19 IIT	3.37	1.10	0.003**

Nota: Códigos de significancia: 0.01 ‘***’ 0.05 ‘**’ 0.1 ‘*’

El control de COVID-19 considera dummy aditiva en Q2

Elaboración: autores

Anexo 10.

Evaluación de nowcast EMOE con muestra de entrenamiento desde 2019Q1-2020Q3

Forecast Evaluation						
Sample: 2019Q1 2020Q3						
Included observations: 7						
Evaluation sample: 2019Q1 2020Q3						
Training sample: 2003Q1 2018Q4						
Number of forecasts: 5						
Combination tests						
Null hypothesis: Forecast i includes all information contained in others						
Forecast	F-stat	F-prob				
Modelo nowcast EMOE	3.447059	0.1225				
ARIMAX(4,2)	13.71910	0.0139				
Evaluation statistics						
Forecast	RMSE	MAE	MAPE	SMAPE	Theil U1	Theil U2
Modelo Nowcast EMOE	0.027229	0.015121	222.1990	73.84532	0.267974	0.554118
ARIMAX(4,2)	0.048560	0.034046	797.3123	125.7111	0.658009	2.202671
Simple mean	0.034940	0.022482	504.0442	97.56273	0.409591	1.377246
Simple median	0.034940	0.022482	504.0442	97.56273	0.409591	1.377246
Least-squares	0.048560	0.034046	797.3123	125.7111	0.658009	2.202671

*Trimmed mean could not be calculated due to insufficient data

Nota: se encuentran subrayados los mejores desempeños comparando a cada uno de los modelos.

Elaboración: autores

Anexo 11.Evaluación de *nowcast* Ventas con muestra de entrenamiento desde 2019Q1-2020Q3

Forecast Evaluation						
Sample: 2019Q1 2020Q3						
Included observations: 7						
Evaluation sample: 2019Q1 2020Q3						
Training sample: 2003Q1 2018Q4						
Number of forecasts: 5						
Combination tests						
Null hypothesis: Forecast i includes all information contained in others						
Forecast	F-stat	F-prob				
Modelo nowcast VA	1.854911	0.2314				
ARIMAX(1,0)	9.951709	0.0252				
Evaluation statistics						
Forecast	RMSE	MAE	MAPE	SMAPE	Theil U1	Theil U2
Modelo Nowcast VA	0.027260	0.015345	89.65421	73.66272	0.263114	0.481709
ARIMAX(1,0)	0.044630	0.030060	467.6710	131.3225	0.606330	1.216101
Simple mean	0.032999	0.020213	275.8288	96.50707	0.376222	0.848275
Simple median	0.032999	0.020213	275.8288	96.50707	0.376222	0.848275
Least-squares	0.044630	0.030060	467.6710	131.3225	0.606330	1.216101

Nota: Se encuentran subrayados los mejores desempeños comparando a cada uno de los modelos.

Elaboración: autores



PREFERENCIAS EN EL USO DE PAGOS ELECTRÓNICOS EN EL ECUADOR

*Jeniffer Rubio, Bryan Pérez, Dayana Acosta y John Arroyo**

Información

Recibido:

23 de marzo de 2021

Aceptado:

10 de mayo de 2021

Palabras clave:

Dinero

Demanda de dinero

Logit

Medios de pago
electrónicos

Resumen

A lo largo de los años, se ha evidenciado a nivel mundial la importancia de la adopción de medios de pago electrónicos en beneficio de las personas y actividad económica de los países. En este trabajo, haciendo uso de la Encuesta Nacional de Empleo, Subempleo y Desempleo (ENEMDU), mediante un modelo logístico, se identificó los principales determinantes que influyen en los ecuatorianos para el uso de los medios de pago electrónicos. Las características como la edad, educación, ingresos, zona territorial, educación financiera y región influyen sobre la probabilidad de utilizar medios de pago electrónicos en los hogares del Ecuador. Los resultados obtenidos reflejan la importancia de la implementación de políticas de inclusión financiera e impulso en el uso de medios de pago electrónicos.

Clasificación JEL:

E41, E5, E58, C53

DOI:

<https://doi.org/10.47550/RCE/31.1.3>

*Banco Central del Ecuador. Los comentarios emitidos en el documento son criterios propios de los autores y no reflejan necesariamente las de la institución. Correo electrónico: jrubio@bce.ec.

Copyright © 2021 Rubio et al. Los autores conservan los derechos de autor del artículo. El artículo se distribuye bajo la licencia Creative Commons Attribution 4.0 License.



PREFERENCES IN THE USE OF ELECTRONIC PAYMENT SYSTEMS IN ECUADOR

*Jeniffer Rubio, Bryan Pérez, Dayana Acosta and John Arroyo**

Article Info

Received:

23th March 2021

Accepted:

10th May 2021

Keywords:

Money
Money demand
Logit
Electronic means of
payment

JEL:

E41, E5, E58, C53

DOI:

<https://doi.org/10.47550/RCE/31.1.3>

Abstract

Over the years, the importance of adopting electronic means of payment for the benefit of individuals and the economic activity of the countries has become evident worldwide. In this paper, using the National Survey of Employment, Underemployment and Unemployment (ENEMDU), through a logistic model, the main factors that influence Ecuadorians in the use of electronic means of payment are identified. Characteristics such as age, education, income, area, financial education and region determine the probability of using electronic means of payment in Ecuadorian households. The results obtained reflect the importance of implementing financial inclusion policies and promoting the use of electronic means of payment.

*Central Bank of Ecuador. The comments made in this document are the authors' own criteria and do not necessarily reflect the views of the institution. E-mail: jrubio@bce.ec

Copyright © 2021 Rubio et al. Authors retain the copyright of this article. This article is published under the terms of the Creative Commons Attribution Licence 4.0.

1. INTRODUCCIÓN

Los medios de pago son activos que utilizan los agentes económicos para cumplir con obligaciones derivadas de una transacción. Existen medios de pago físicos, como el dinero en efectivo y los cheques, y medios de pago electrónicos, como las transferencias por medios electrónicos o digitales, las tarjetas de crédito y débito y otros de similar naturaleza. A nivel mundial, las políticas se encaminan a la reducción del uso de efectivo y al desarrollo de los medios de pago electrónicos, considerando que estos últimos ofrecen mayor eficiencia, seguridad, trazabilidad, menores costos y seguridad en relación con los medios de pago físicos (Arango-Arango et al., 2020). Sin embargo, el cumplimiento de estos objetivos dependerá de las preferencias de los individuos y niveles de acceso de las personas a los productos y servicios financieros en el país. Así como de las características socioeconómicas de los hogares.

La población ecuatoriana ha sido altamente demandante de dinero en efectivo: los billetes y monedas en circulación representaron en 2019 alrededor del 25 % de la liquidez total del país (BCE, 2020). De esta manera, al ser una economía dolarizada, el Banco Central del Ecuador (BCE) debe gestionar la provisión de dinero físico de forma adecuada (importación y exportación de dólares) para cubrir la demanda de dinero en efectivo acorde a las preferencias de los agentes y al crecimiento progresivo de la liquidez de la economía nacional. Esto a su vez resulta en una presión sobre las reservas internacionales, ya que el BCE acude a sus cuentas en el exterior para realizar los respectivos retiros que permiten cubrir esta cadena de demandas de efectivo (Tello y Dillón, 2017¹). A esta problemática se suma los bajos niveles de bancarización en el país: la mitad de la población en Ecuador (49 %) no tiene una cuenta bancaria, por lo que solo puede utilizar dinero en efectivo para sus transacciones (Banco Mundial, 2017). Cabe indicar que, si bien estos factores macroeconómicos son sumamente importantes, quedan fuera del alcance de este estudio.

Por su parte, en lo que respecta a los medios de pago electrónicos, han presentado una gran acogida por parte de los agentes económicos en Ecuador. A través de estos, se canalizó un monto equivalente al 1.2 veces el PIB del país en el 2019, mientras que en el 2010 representaban apenas 0.46 veces el PIB. El principal medio de pago electrónico en el país es el Sistema de Pagos Interbancarios (SPI), el mismo que es administrado por el Banco Central del Ecuador; durante el 2019, canalizó transferencias electrónicas por alrededor de \$113,000 millones (BCE, 2020).

Por lo tanto, para impulsar el uso de medios de pago alternativos al efectivo en beneficio del país y para un correcto diseño e implementación de políticas, es fundamental el conocimiento de los determinantes microeconómicos que influyen sobre el uso de medios de pago electrónicos por parte de los agentes económicos en el Ecuador.

¹ Para mayor profundización en el uso de efectivo en Ecuador: Tello y Dillón. (2017), *Determinantes de la demanda de dinero físico en el Ecuador: Una perspectiva microeconómica*.

Este estudio, mediante la estimación de un modelo logístico, identifica las principales características que influyen en el uso de medios de pago electrónico por parte de la población ecuatoriana, donde la fuente de información es la Encuesta Nacional de Empleo, Subempleo y Desempleo (ENEMDU) del año 2018. Este estudio contribuye a llenar un vacío de la literatura en este tema en el país.

Este artículo consta de cinco partes. En la segunda, se realiza una revisión a la bibliografía relacionada a nivel mundial para conocer los factores que influyen en la preferencia de un medio de pago físico y electrónico. En la tercera, se detallan los datos utilizados en este estudio, mediante la descripción de la Encuesta Nacional de Empleo, Subempleo y Desempleo (ENEMDU). Posteriormente, en la cuarta parte, se presenta un modelo logístico que permite precisar algunos de los principales determinantes en la elección de los consumidores para el uso de medios de pago electrónicos. Finalmente, se presentan las conclusiones del estudio.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

A nivel mundial, se ha dado gran importancia al estudio de los factores que influyen en el uso de un medio de pago por parte de los consumidores para realizar sus transacciones. Es por ello por lo que se analiza la preferencia del uso del efectivo y los medios de pagos electrónicos.

La literatura coincide que el determinante principal para el uso de medios de pago electrónicos es el nivel de acceso al sistema financiero en el país —aquellas personas que tienen una cuenta bancaria—; por otro lado, los que no tienen acceso a este servicio solo pueden utilizar como medio de pago al dinero en efectivo (Arango-Arango et al., 2017; Roa, 2013).

Cabezas y Jara (2018) estudian los factores que afectan la demanda por circulante en 18 economías emergentes y avanzadas; identifican que el acceso al sistema financiero y el uso de teléfonos inteligentes como medio de pago incrementan la sustitución del efectivo por medios de pagos electrónicos en los países emergentes.

Según los hallazgos para varios países en desarrollo y desarrollados, se ha identificado que las personas que tienen una cuenta bancaria son las que tienen mayores niveles de ingreso y educación, viven en zonas urbanas, se encuentran afiliadas al seguro social, son de estado civil casados y tienen educación financiera (Murcia, 2007; Tuesta et al., 2015; Beck et al., 2008; Cano et al., 2014; Klawitter y Fletschner, 2006). Para el caso de Colombia, otro factor importante para tener una cuenta bancaria es ser beneficiario de un subsidio del gobierno, estar empleado, contar al menos con un seguro y mayor confianza en el sistema financiero (Gómez-González et al., 2016). Además, se encontró que las mujeres y hombres tienen igual posibilidad de poseer cuentas. Por otro lado, según Solo y Manroth (2006), la población no bancarizada normalmente está conformada por las personas u hogares más pobres con niveles de educación baja, que pertenecen al sector informal y que se encuentran en zonas apartadas. Roa (2013) evidenció que los determinantes principales de la

población no bancarizada en América Latina y el Caribe (ALC) son la desconfianza en el sistema financiero, los altos costos de acceder a los servicios financieros que ofrecen las entidades financieras y las barreras geográficas.

En relación con el uso de efectivo, se ha evidenciado que, a mayor edad, menor nivel de ingresos y educación utilizan más efectivo (Jonker, 2007; Arango-Arango et al., 2018, Gamba Bustos et al., 2021); lo utilizan porque es un medio de pago aceptable (Cabezas y Jara, 2018; Bagnall et al. 2016) y pueden controlar su presupuesto (Kalckreuth et al., 2014; Kosse y Jansen, 2013; Hernandez et al., 2017). Consideran que es menos costoso que el uso de medios de pago electrónicos (Arango-Arango et al. 2018; Alvarez y Lippi, 2009). Córdoba (2019) evidenció que los consumidores colombianos perciben que los costos de operar con instrumentos de pago electrónicos son altos, comparados con el uso del efectivo. El dinero en efectivo es utilizado para transacciones de menor monto (Gómez-González et al. 2016; Bennett et al., 2014; Cabezas y Jara, 2018; Greene y Stavins, 2019), y es un medio de pago que facilita las actividades ilícitas, delitos, corrupción y pago de inmigración ilegal (Rogoff, 2016; Sands et al. 2016; Sarin y Summers 2016).

Al contrario, la población que normalmente utiliza los medios de pago electrónicos es aquella que tiene mayores ingresos y nivel educativo, personas entre 25 a 45 años, que poseen dispositivos móviles inteligentes y, principalmente, los que tienen acceso a los servicios financieros (Arango-Arango et al., 2017; Tuesta et al., 2015; Gamba Bustos, et al., 2021; Sarkar, 2019; Rahman et al., 2020). Según Murcia (2007), las personas que poseen una tarjeta de crédito normalmente tienen afiliación al seguro social y viven en zonas urbanas. Por otra parte, la experiencia de uso, facilidad de uso, seguridad tecnológica, eficacia y rapidez estimulan los pagos electrónicos según hallazgos de Bermeo-Giraldo et al. (2019); Teo, et al. (2015), y Rahman et al. (2020). Castellanos et al. (2010) encontraron que, en los hogares en México, la adquisición de activos colaterales (vehículos), la escolaridad del jefe del hogar, el mayor ingreso, estar empleado y el acceso a sucursales y terminales punto de venta influyen en el uso de medios de pago electrónicos. Adicionalmente, otro factor importante es la influencia social que puede ejercer en el comportamiento: mientras más personas lo utilicen, se incrementa la probabilidad de uso de un nuevo usuario (San Martín y Prodanova, 2014; Merhi et al., 2019; Sair y Danish, 2018). Otro factor es la conciencia percibida: cuando los consumidores conocen los temas financieros e investigan sobre los mecanismos que utilizan los entes de control para regular a las instituciones bancarias y conocen la nueva innovación tecnológica (Bermeo-Giraldo et al., 2019; Fonchamnyo, 2013). Los medios de pago electrónicos son utilizados normalmente para transacciones de montos medios y altos (Greene y Stavins, 2019; Wang y Wolman, 2016; Arango-Arango et al., 2018; Gómez-González et al., 2016). Castro Romero (2014), para el caso de Perú, identificó que la limitada educación y cultura financiera tiene una repercusión negativa sobre el uso de medios de pago electrónicos; en el caso de tarjetas de crédito, se consume por sobre su nivel de presupuesto e incumplen con los pagos.

Las limitaciones de uso de medios de pago electrónicos que a la vez contribuyen al incremento en el uso de efectivo son los costos financieros, falta de aceptación

de pago, problemas de seguridad, desconfianza en el sistema financiero, inclinación por poseer liquidez (autoexclusión) (Gómez-González et al., 2016; Kalckreuth et al., 2014; Kosse y Jansen, 2013, Medrano y Díez, 2010). Además, otros factores que influyen son el uso de aplicativos (pago móvil) y la información que entrega el consumidor (Trojanowski y Kułak, 2018; Ahamad y Pathan, 2019). Pareyra Morales (2011) en Uruguay determinó que los hogares con menor ingreso tienen mayor dificultad de acceder a medios de pago electrónicos, y, además, identificó que uno de los obstáculos que enfrenta la expansión de este medio de pago es el desconocimiento sobre los productos financieros (tarjetas de crédito o débito).

3. DATOS

En este estudio se utiliza la Encuesta Nacional de Empleo, Subempleo y Desempleo (ENEMDU) para el año 2018, realizada por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC)². El número de hogares encuestados fue de 17,066 y el número de personas encuestadas con una edad igual o mayor a 5 años fue de 59,350. El formulario de encuesta consta de cinco secciones: 1) Información de los miembros del hogar; 2) Características ocupacionales; 3) Ingresos; 4) Aspectos generales de los desempleados, y 5) Acceso, uso de servicios y productos financieros.

Para esta investigación se utiliza la sección 5, donde se analiza el comportamiento de los encuestados con respecto a la preferencia del medio de pago utilizado para sus transacciones, influenciadas por sus características sociodemográficas como edad, años de escolaridad, estado civil, género, niveles de ingreso y área o región en la que reside. También se analiza su percepción sobre la facilidad, seguridad, ahorro en tiempo y costos al usar medios de pagos electrónicos, además de su oposición al uso de efectivo³. Esto último en línea con la literatura existente (Chen y Nath, 2008; Kyrmizoglou y Daoultzoglou, 2019; Almuraqab, 2019; Kang, et al., 2012; Liéba-na-Cabanillas et al., 2021)⁴.

La muestra para la estimación del modelo es de 10,319 personas con edad igual o mayor a 18 años⁵. La fracción que utiliza medios de pago digitales para sus

² Esta ronda carece de información sobre acceso y tiempo de uso en internet, computador y teléfono móvil.

³ Dentro de los servicios contemplados en la ENEMDU, se encuentran el pago de servicios básicos, pago de cuentas (tarjetas de crédito, educación, etc.), pagos de casa, alquileres, pago de vehículos o giros a terceros (familia y amigos).

⁴ Estos estudios enfocan las características de los medios digitales como determinantes en el uso de efectivo, pero en la selección de muestras para obtener datos consideran la edad, nivel educativo y sexo de los encuestados, de modo que influyeron en el uso de medios de pago digitales.

⁵ Al efectuar la homologación de secciones entre la sección de servicios financieros y sociodemográficas y características ocupacionales el número de personas y hogares encuestados y de restringir la edad de las personas entre los 18 y 65 años, y descartar los datos perdidos en las variables de ingreso y referentes al uso de medios de pago.

transacciones en servicios es del 6.32 % (652 personas), mientras que el 93.68 % (9667 personas) prefiere el dinero en efectivo. El desbalance entre los dos casos de la variable objetivo afecta a las métricas de ajuste del modelo. Para obtener una muestra más balanceada, de este último grupo se extrajo una muestra aleatoria de 1000 personas y se redujo la muestra a aquellas que forman parte del sistema financiero⁶. Es decir, la muestra se redujo a 1268 observaciones, donde el 51.95 % forman parte del sistema financiero, pero siguen utilizando dinero en efectivo para sus transacciones; mientras que el 49.05 % restante usan medios alternos como tarjetas de débito, crédito, transferencias electrónicas y transferencias desde el celular.

En la tabla 1, se indican todas las variables utilizadas en el modelo, su tipo, descripción y signo esperado. Se esperaría que se incremente el uso de medios de pago electrónicos a medida que sientan que es de fácil uso, rápido y seguro, conforme lo indican Lei-da y Revi, 2008; Kyrnizoglou y Daoultzoglou, 2019, 2019; Almu-raqab, 2019; Kang, et al., 2012; Liébana-Cabanillas et al., 2021. Sin embargo, en características sociodemográficas como pertenecer al género masculino, con niveles de ingresos y educación bajos, se esperaría que la probabilidad de uso de medios de pago electrónicos disminuya (Jonker, 2007; Arango-Arango et al., 2018, Gamba Bustos et al., 2021). Por otra parte, la probabilidad de uso de medios de pago electrónicos aumenta en personas con mayores niveles de educación, con conocimiento de educación financiera y que residen en el área urbana (Gamba Bustos, et al., 2021; Sarkar, 2019; Rahman et al., 2020; Murcia, 2007).

Tabla 1.
Variables del modelo logístico⁷

Variables	Tipo	Descripción	Signo Esperado
Medio de pago	Dicotómica: 1 si usa medios de pago digitales; 0 si usa dinero en efectivo.	¿Qué medio de pago utiliza para el pago de servicios, cuentas o préstamos a terceros? Entre los medios de pago se encuentran tarjetas de crédito, débito, transferencias electrónicas o transferencias desde el celular.	Variable Dependiente

⁶ Los encuestados que registren una cuenta bancaria, una tarjeta de débito o crédito forman parte del sistema financiero.

⁷ De las once variables analizadas, diez son dicotómicas y una es numérica; por tal razón, se excluye un análisis de correlación. En el anexo A6, se incluye las tablas de frecuencia respecto a la preferencia de medios de pago y las variables de facilidad en el uso de medios de pago, la renuencia al uso de efectivo en transacciones, el ahorro de tiempo y costos al utilizar medios de pago digitales y la seguridad en las transacciones con estos. Los resultados indican que en la población bancarizada muy pocos son quienes utilizan medios de pagos digitales por los atributos mencionados.

Variables	Tipo	Descripción	Signo Esperado
Edad mayor a 50 años	Dicotómica: 1 si la edad es mayor a 50 años; caso contrario, 0.	Representa a las personas con edad mayor a 50 años. Las interpretaciones son con respecto a las personas entre 18 y 50 años.	-
Quintil de ingreso 1	Dicotómica: 1 si el ingreso se encuentra en el quintil 1; caso contrario, 0.	El ingreso en el quintil 1 es mayor igual que 0 y menor o igual a \$155.	-
Quintil de ingreso 2	Dicotómica: 1 si el ingreso se ubica en el quintil 2; caso contrario, 0.	El ingreso en el quintil 2 es mayor que \$155 y menor o igual a \$300.	-
Quintil de ingreso 3	Dicotómica: 1 si el ingreso se ubica en el quintil 3; caso contrario, 0.	El ingreso en el quintil 3 es mayor que \$300 y menor o igual a \$430.	-
Quintil de ingreso 4	Dicotómica: 1 si el ingreso se ubica en el quintil 4; caso contrario, 0.	El ingreso en el quintil 4 es mayor que \$430 y menor o igual a \$650.	-
Quintil de ingreso 5	Dicotómica: 1 si el ingreso se ubica en el quintil 5; caso contrario, 0.	El ingreso en el quintil 5 es mayor que \$650. Las interpretaciones de los quintiles 1 a 4 serán referentes al quintil 5, ya que no será incluido en la ecuación.	+
Urbana	Dicotómica: 1 si la persona reside en el área urbana; caso contrario, 0.	Las interpretaciones son con base a las personas que se ubican en el área rural.	+
Masculino	Dicotómica: 1 si la persona pertenece al género; caso contrario, 0.	Las interpretaciones son respecto al género femenino.	-
Escolaridad	Continua	Recoge los años de escolaridad en los encuestados. Representará a las personas con menor escolaridad.	-
Escolaridad ²	Continua	Son los años de escolaridad al cuadrado. Representará a las personas con mayor escolaridad.	+
Educación Financiera	Dicotómica: 1 si recibió educación financiera; caso contrario, 0.	Las interpretaciones son respecto a las personas que no recibieron educación financiera en el último trimestre.	+
Facilidad en el uso (percepción)	Dicotómica: 1 si considera que es más fácil el uso de medios de pago digitales que el dinero en efectivo; caso contrario, 0.	Las interpretaciones son con base a las personas que no consideran el uso de medios de pago digitales, más fácil que el dinero en efectivo.	+

VARIABLES	Tipo	Descripción	Signo Esperado
No usan efectivo	Dicotómica: 1 si no usa efectivo; caso contrario, 0.	La variable refleja a las personas que no usan efectivo para sus transacciones porque no les gusta.	NRL
Ahorro en tiempo y costos (percepción)	Dicotómica: 1 si el uso de medios de pago digitales genera un ahorro en tiempo y costos; caso contrario, 0.	Las personas que usan medios de pago digitales reportan que tuvieron un ahorro en tiempo y costos. Las interpretaciones son respecto a las personas que manifestaron que no.	+
Seguridad en las Transacciones (percepción)	Dicotómica: 1 si el uso de medios de pago genera seguridad; caso contrario, 0.	Las personas que usan medios de pago digitales reportan que sienten más seguridad respecto al uso del dinero en efectivo.	+
Sierra	Dicotómica: 1 si la región es la Sierra; caso contrario, 0.	Recoge la ubicación regional de los encuestados que residan en la Sierra.	NRL
Costa	Dicotómica: 1 si la región es la Costa; caso contrario, 0.	Recoge la ubicación regional de los encuestados que residen en la Costa.	NRL
Amazonía	Dicotómica: 1 si la región es la Amazonía; caso contrario, 0.	Recoge la ubicación regional de los encuestados que residan en la Amazonía	NRL

Nota: NRL significa que el signo no ha sido reportado por la literatura, ya que no la ha analizado.

Fuente: INEC

Elaboración: Los autores

4. METODOLOGÍA

Los modelos de elección discreta binaria son aquellos en que la variable dependiente toma los valores de 0 y 1. En el caso de este estudio, se busca identificar a las personas que utilizan medios de pago electrónicos (1), en relación con los que utilizan dinero en efectivo (0). En este sentido, la metodología de clasificación de regresión logística (v. gráfico 1b) es de mayor utilidad que una regresión lineal (v. gráfico 1a), ya que calcula la probabilidad de que la condición de la variable binaria se produzca ante variaciones de un evento independiente (Igual y Seguí, 2017)⁸, mientras que la

⁸ En los anexos A3, A4 y A5, se incluyen las estimaciones de la metodología probit, donde se observa que se mantiene el signo y significancia de las variables explicativas para estimar la probabilidad de uso de medios de pago. No existe un consenso del uso de una metodología probit o logit; una trabaja con una distribución logística tipificada y la otra con una distribución normal estándar. Sin embargo, para conjuntos de datos de 500 y 1000 observaciones, Cakmakyapan y Goktas (2013) señalan que es preferible trabajar con una metodología logit.

regresión lineal determina la relación proporcional entre un evento independiente hacia la variable de decisión binaria.

La variable dicotómica de estudio será dependiente de otras variables, siendo estas últimas independientes entre ellas. De modo que las alteraciones en estas determinan si un evento nuevo cumple con la condición o no en la variable binaria dependiente. Tal como lo resume la ecuación 1:

$$h(x) = Y = \sum_{i=1}^k \beta_i X_i \quad (1)$$

$$\text{Con } Y = \begin{cases} 1 & \text{si utiliza medios de pago electrónicos} \\ 0 & \text{caso contrario (efectivo)} \end{cases}$$

No obstante, la estimación de Y a partir del conjunto de variables X_i y sus coeficientes asociados, β_i , se realizarán en la función logística (v. ecuación 2).

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-h(x)}} \quad (2)$$

Es decir, tenemos una composición de funciones $f(h(x))$ como la ecuación 3:

$$f(h(x)) = \frac{1}{1 + e^{-\sum_{i=1}^k \beta_i X_i}} \quad (3)$$

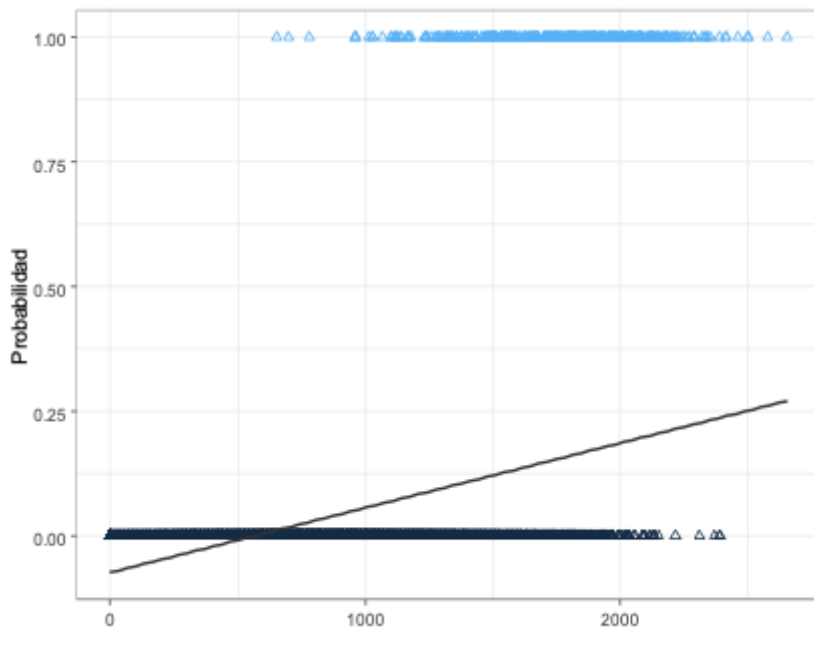
Donde $f(h(x))$ puede tomar valores de $-\infty$ a $+\infty$, pero sus resultados son acotados entre 0 y 1. Es decir, son la probabilidad p_i de que la condición en la variable dicotómica se cumpla.

Los parámetros β_i , que representan las variables de los eventos independientes sobre la variable dicotómica dependiente Y , serán estimados por el método de máxima verosimilitud. Lo que permite que los coeficientes estimados sean insesgados, asintóticamente normales y eficientes. Es decir, son estimadores MELI, tal como se obtiene de un modelo de mínimos cuadrados ordinarios.

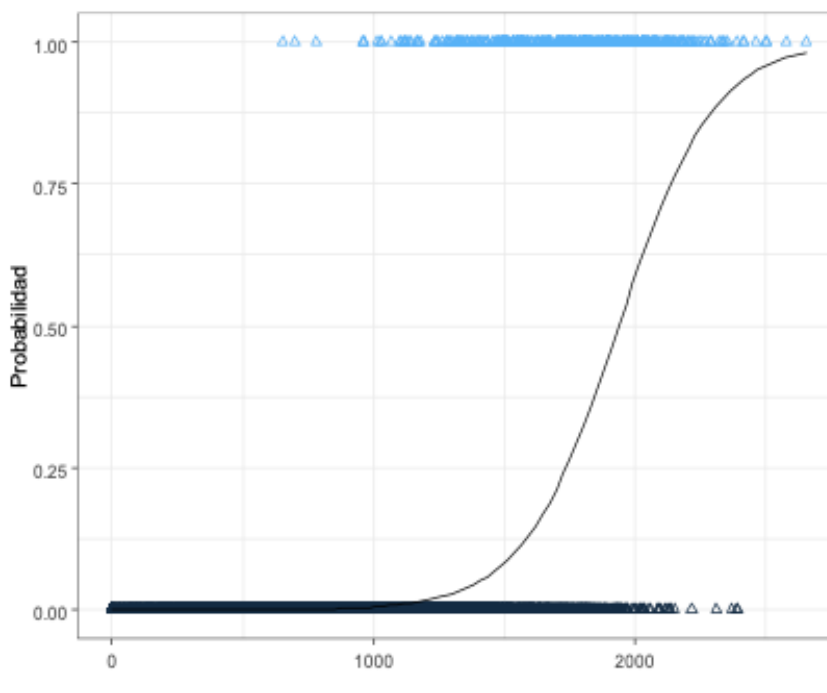
En el objetivo de estudio, la variable dicotómica dependiente tomará el valor de 1 cuando se cumpla la condición de que un encuestado en el último trimestre haya utilizado una tarjeta de crédito, tarjeta de débito, transferencia electrónica o transferencia desde el celular para el pago de servicios, cuentas y préstamos a terceros. Sin embargo, será igual a 0 cuando haya utilizado dinero en efectivo.

Gráfico 1.
Regresión lineal vs. logística en caso de clasificación

(a)



(b)



Fuente: Datos simulados en software para ilustrar ajuste entre métodos de estimación
Elaboración: Los autores

La ecuación 1 puede reescribirse de la siguiente manera (v. ecuación 4):

$$Y_{\left\{\begin{array}{l} 1=\text{Medio de pago electrónico} \\ 0=\text{Efectivo} \end{array}\right\}} = \beta_E \text{Edad mayor a 50 años} + \beta_{Q_k} \text{Quintil}_k + \beta_C \text{Casado} + \beta_U \text{Urbana} + \beta_H \text{Masculino} + \beta_E \text{Escolaridad} + \beta_{E2} \text{Escolaridad}^2 + \beta_{FU} \text{Fácil Uso} + \beta_{EF} \text{Educación Financiera} + \beta_{NUE} \text{No Usa Efectivo} + \beta_{ATC} \text{Ahorro Tiempo y Costos} + \beta_S \text{Seguridad} + \beta_R \text{Región} \quad (4)$$

Los resultados de la estimación no serán 0 y 1 como la variable original, se los asumirá como tal cuando excedan o se encuentren por debajo de un umbral de 0.5. No obstante, la clasificación que efectúe el modelo debe ser contrastada con los datos reales en la matriz de confusión, donde se buscará maximizar la tasa de predicción —casos positivos que realmente lo eran— (sensibilidad), así como la tasa de predicción —falsos en los datos originales— (especificidad), y la proporción de ambos respecto al total (precisión). Si alguna de estas medidas fuese menor al 70 %, se considera que el ajuste del modelo es deficiente.

Tabla 2.
Matriz de confusión teórica

Real	Pronóstico	
	False	True
False	TN	FN
True	FP	TP

Elaboración: Los autores

$$\text{Sensibilidad} = \frac{TP}{TP + FN} \quad (5)$$

$$\text{Especificidad} = \frac{TN}{TN + FP} \quad (6)$$

$$\text{Precisión} = \frac{TP + TN}{TP + FN + TN + FP} \quad (7)$$

5. RESULTADOS

El modelo planteado analiza a las personas que forman parte del sistema financiero, los cuales podrían usar para sus transacciones dinero en efectivo o medios de pago electrónicos según sus preferencias. Los resultados del modelo indican que

la probabilidad de utilizar medios de pago electrónicos en las personas en Ecuador aumenta si son estas son 1) menores a 50 años; 2) viven en una zona urbana; 3) tienen un mayor nivel de educación; 4) tienen un mayor nivel ingresos, y 5) si viven en la región Sierra respecto a las personas de la Costa. Estas variables son estadísticamente significativas. Adicionalmente, es más probable que utilicen este medio de pago las personas que recibieron educación financiera durante el último trimestre previo a ser encuestados y las personas que perciben que los medios de pago electrónicos son fáciles de utilizar. De igual manera, estas variables son estadísticamente significativas.

En la tabla a continuación, se presentan los efectos marginales del modelo; los hallazgos son consistentes con la literatura analizada.

Tabla 3.
Determinantes del uso de medios de pago digitales

Variables	Efecto marginal	Error estándar	Nivel de significancia
Edad mayor a 50	-0.0160	0.1725	*
Quintil 1	-0.0531	0.2596	***
Quintil 2	-0.0887	0.2461	***
Quintil 3	-0.0530	0.2223	***
Quintil 4	-0.0437	0.2034	***
Casado	0.0040	0.1545	
Urbana	0.0720	0.2154	***
Masculino	-0.0014	0.1550	
Escolaridad	-0.0342	0.0498	***
Escolaridad ²	0.0015	0.0025	***
Educación Financiera	0.0288	0.3433	**
Percepción de Facilidad en el Uso	0.0551	1.0227	***
Percepción de Seguridad en las Transacciones	0.1613	863.18	
Preferencia al no Uso de Efectivo	0.0812	651.77	
Percepción de Ahorro en Tiempo y Costos	0.1386	607.31	
Sierra	0.0228	0.1614	***
Amazonía	-0.0507	0.4079	*
Pseudo R ²	0.3863		
AIC	1112.4		
Observaciones	1268		

Elaboración: Los autores

Los resultados señalados corresponden al mejor modelo de acuerdo con la significancia de las variables, el pseudo R², la sensibilidad, especificidad, precisión y área bajo la curva (v. anexo 1).

Según los resultados obtenidos en el Ecuador, las personas mayores a 50 años tienen una menor probabilidad (1.6 %) de usar medios de pago electrónicos en relación con las personas de menor edad. Esto se podría explicar por su uso más limitado de la tecnología (internet, computador, celular) y por las menores transacciones de consumo —menores cargas familiares, preferencia por dinero en efectivo por movilidad, y, en el caso de la tercera edad, por haberse retirado del mercado laboral, entre otros factores—.

En el Ecuador, a menor ingreso de una persona, menor probabilidad de usar medios de pago electrónicos. Al realizar un análisis según la distribución del ingreso por quintiles, las personas que tienen un nivel de ingresos más bajo (quintil 1 y quintil 2) tienen 5.7 % y 8.9 % menos probabilidad de usar medios de pago electrónicos, respectivamente, en relación con las personas más ricas en el Ecuador (quintil 5). Las personas de clase media (quintil 3) tienen 5.3 % menos probabilidad de usar medios de pago electrónicos en relación con las personas del quintil 5. Las personas con ingresos medio-alto (quintil 4) tienen 4.4 % menos probabilidad de usar medios de pago electrónicos en relación con el grupo de referencia. Esto es consistente, pues, por una parte, los hogares en el Ecuador con ingresos bajos podrían no tener acceso a internet o dispositivos electrónicos que les permitan realizar transacciones; de la misma manera, la distancia para acceder a una entidad financiera podría ser más extensa; la preferencia y aceptación del dinero en efectivo en locales comerciales cercanos (tiendas de barrio) puede ser mayor, al igual que su propensión por transacciones de montos bajos, entre otros. En el país, casi la mitad de la población no tiene acceso a internet, alrededor del 54.5 % según la Encuesta Multipropósitos de Tecnología del INEC en 2019.

Las personas que residen en el sector urbano tienen un 7.2 % más probabilidad de usar medios de pago electrónicos que aquellos que viven zonas rurales. Uno de los factores que podría explicar esto es que en las zonas rurales solo tienen acceso a internet alrededor del 21 % de la población y un 28.8 % tiene un teléfono inteligente; es decir, alrededor del 70 % de la población no podría acceder al uso de medios de pago electrónicos debido a estos limitantes. Esto adicionado con el analfabetismo digital, que en personas de 15 a 49 años alcanzó el 11.4 % en 2019, 7.8 % en el área urbana y 20 % en el área rural (INEC, 2019). Esta situación también obedece en mayor medida a las condiciones y actividad económica que presenta la zona urbana que la rural. Complementariamente, la población rural, principalmente por las distancias a los centros económicos, realizan sus compras durante el fin de semana y dedican el resto de los días a sus actividades productivas.

Mientras más educación (años de escolaridad), mayor probabilidad de utilizar medios de pago electrónicos: a medida que aumenta un año de escolaridad en las personas, la probabilidad de usar medios de pago electrónicos es de 0.15 %. Otro determinante importante que incrementa la probabilidad de uso de medios de pago electrónicos en un 2.88 % es cuando las personas han recibido educación financiera en el último trimestre. Las personas con mayor nivel de educación conocerán estas herramientas que facilite sus transacciones diarias y optimice sus tiempos.

Las diferencias regionales entre la probabilidad de que una persona residente en la Sierra o Amazonía respecto al Costa se encuentran explicadas por asimetrías estructurales como pueden ser el nivel de pobreza por ingreso, profundización financiera y años de escolaridad. En la Sierra, la escolaridad promedio es de 10.34 años, mientras que en la Costa es de 10.2 años; sin embargo, en la Amazonía la media es de 9.55 años. Asimismo, la pobreza por ingresos es mayor en la Amazonía, alcanzando al 44 % de la población, mientras que en la Costa es del 22 % y en la Sierra del 24 %. La profundización financiera en la Costa alcanza un 30 %, mientras que la Amazonía apenas el 9 %; ambas regiones son superadas por la profundización del 65 % de la región Sierra (BCE, 2019). Estas asimetrías regionales declinan la balanza para que las personas residentes de la Sierra sean más propensas a usar medios de pago electrónicos respecto a la Costa, pero las personas residentes en esta última región son más propensas que las establecidas en la Amazonía.

A continuación, con la finalidad de probar la robustez de las estimaciones obtenidas en el modelo, la tabla 4 cuenta con dos medidas de ajuste global. En la primera, la prueba de verosimilitud, se evalúa si el modelo con todas las variables ofrece mayor precisión respecto al modelo sin variables. Los resultados reflejan que el modelo con todas las variables es más preciso (ya que el p-valor obtenido es inferior a 0.05). Lo que a su vez es confirmado por la prueba de Hoslem-Lemeshow, que infiere sobre qué tan efectiva es la bondad de ajuste del modelo; si el p-valor fuese inferior a 0.05, tendríamos un deficiente ajuste entre los valores reales y pronosticados, pero no es el caso del modelo actual.

Tabla 4.
Medidas de ajuste en el modelo estimado

Medida	p-valor
Test de verosimilitud	0.0000
Test de Hoslem-Lemeshow	0.6202

Elaboración: Los autores

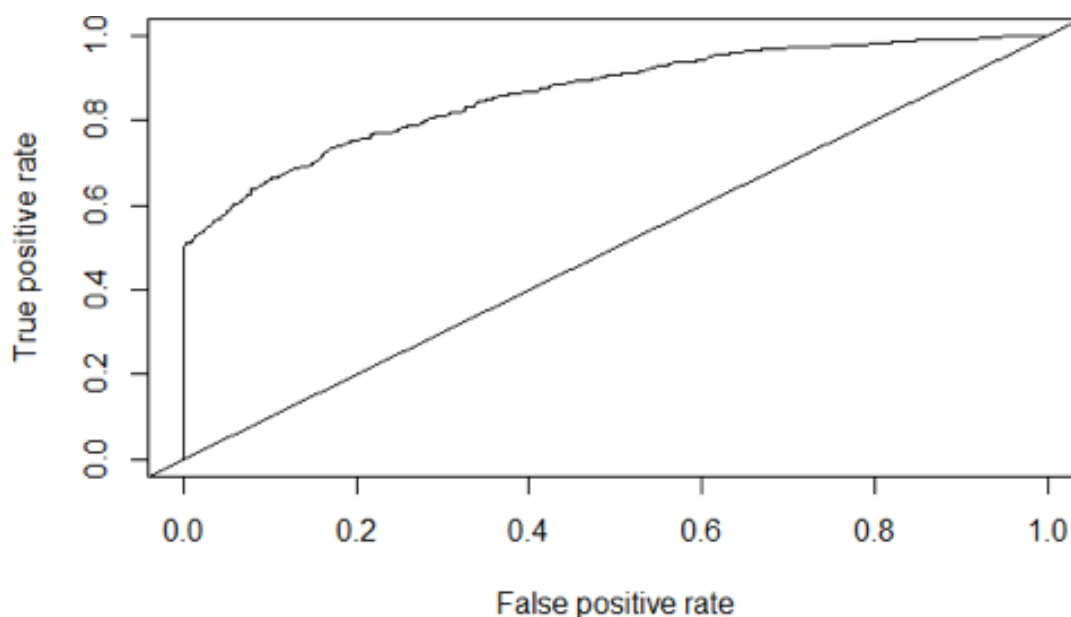
Si bien la prueba de verosimilitud y Hoslem-Lemeshow señalan satisfactoria precisión y bondad de ajuste, a continuación, se verificará la calidad de la clasificación realizada por el modelo estimado mediante la matriz de confusión (v. tabla 5). Donde la especificidad es de aproximadamente el 86 %; es decir, de cada 10 personas que usan efectivo, 9 son identificadas correctamente por el modelo. La sensibilidad alcanza un valor de 69 %. La precisión del modelo es del 78 %: de cada 10 personas que utiliza medios de pago electrónicos o efectivo para sus transacciones, 8 son pronosticadas correctamente. Finalmente, la curva ROC muestra una cercanía hacia los ejes de positivos y falsos correctamente predichos; en este modelo el área bajo la curva (AUC) es de 0.8645, lo que corrobora su robustez.

Tabla 5.
Matriz de confusión y medidas de clasificación

Real	Pronóstico	
	Usa Efectivo	Usa Medios de Pagos Digitales
Usa Efectivo	555	91
Usa Medios de Pagos Digitales	193	429
Sensibilidad = 0.690		
Especificidad = 0.859		
Precisión = 0.7760		

Elaboración: Los autores

Gráfico 2.
Curva ROC y área bajo la curva



Elaboración: Los autores

6. CONCLUSIONES

Los medios de pago electrónicos son más rápidos, seguros y eficientes en su uso respecto a los medios de pagos físicos (dinero en efectivo), por tal motivo las políticas mundiales se encaminan a impulsar estos medios de pagos (Arango-Arango et al., 2020).

En el Ecuador, si bien el uso de medios de pago electrónicos se ha incrementado en los últimos años (BCE, 2020), existe una alta preferencia por dinero

en efectivo por parte del público y el sistema financiero, lo que repercute sobre las reservas internacionales del país y costos logísticos de importación y exportación de dólares (Tello y Dillón, 2018).

Es por ello por lo que conocer los factores que influyen sobre el uso de medios de pago en las personas ecuatorianas es un insumo importante para la elaboración de políticas enfocadas al impulso de los medios de pago electrónicos. Según los resultados obtenidos, el uso de medios de pago electrónicos se ven influenciados por las divergencias de edad, ingresos, escolaridad, lugar de residencia (zona y región). La evidencia señala que es más probable que las personas más jóvenes, de mayores niveles de ingresos, así como las personas con altos niveles de escolaridad, que residen en zonas urbanas en la región Sierra del Ecuador, utilicen medios de pago electrónicos para sus transacciones. Esto evidencia que problemas estructurales del país como las asimetrías en ingreso y educación son limitantes para el impulso en el uso de medios de pago electrónicos; junto con el bajo nivel de bancarización y brechas tecnológicas en el país, deben ser criterios básicos de trabajo para fomentar una reducción de la preferencia del dinero en efectivo e impulsar los medios de pago electrónicos.

Se recomienda para futuras investigaciones complementar con factores como las limitaciones en el internet y afectaciones macroeconómicas del uso de efectivo en el país.

Adicionalmente, el estudio fue realizado con datos previos a la pandemia, por lo que es importante completar este trabajo con el comportamiento de la población ecuatoriana durante este periodo, debido a que el confinamiento y distanciamiento social podrían haber modificado las variables que determinan el uso de medios de pago electrónico.

BIBLIOGRAFÍA

- Ahamad, Shaik Shakeel y Pathan, Al-Sakib Kha. (2019). Trusted service manager (TSM) based privacy preserving and secure mobile commerce framework with formal verification. *Complex Adaptive Systems Modeling*, 7(1): 1-18. Doi:10.1186/s40294-019-0064-z.
- Almuraqab, N. A. S. (2019). Predicting determinants of the intention to use digital currency in the UAE: an empirical study. *Electronic Journal of Information Systems in Developing Countries*. Advance online publication. doi, 10.
- Alvarez, F. y F. Lippi. (2009). Financial innovation and the transactions demand for cash. *Econometrica*, 77(2): 363–402.
- Arango-Arango, C. A., Arias-Rodríguez, F., Rodríguez-Niño, N., Suárez-Ariza, N. F., Zárate-Solano, H. M., Arango-Arango, C. A., ... & Zárate-Solano, H. M. (2020). Efectivo y Pagos Electrónicos. *Revista Ensayos Sobre Política Económica*; No. 93, febrero 2020. Pág.: 1-76.
- Arango, C., Zarate-Solano, H., & Suárez-Ariza, N. F. (2017). *Determinantes del acceso, uso y aceptación de pagos electrónicos en Colombia*. Banco de la Republica de Colombia.
- Arango-Arango, C. A., Bouhdaoui, Y., Bounie, D., Eschelbach, M., y L. Hernandez, (2018). Cash remains top-of-wallet! International evidence from payment diaries. *Economic Modelling*, 69: 38-48.
- Banco Central del Ecuador. (2020). Documento estadístico de medios de pago en el Ecuador.
- Banco Mundial. (2017). La base de datos Global Findex.
- Bagnall, J., Bounie, D., Huynh, K., Kosse, A., Schmidt, T., Schuh, S. y H. Stix. (2016). Consumer Cash Usage: A Cross-Country Comparison with Payment Diary Survey Data. *International Journal of Central Banking*, 12(4).
- Beck, T., Demirgüç-Kunt, A., & Martínez Peria, M. S. (2008). Banking services for everyone? Barriers to bank access and use around the world. *The World Bank Economic Review*, 22(3), 397-430.
- Bennett, B., Conover, D., O'Brien, S., & Advincula, R. (2014). Cash continues to play a key role in consumer spending: Evidence from the diary of consumer payment choice. In Federal Reserve Bank of San Francisco.
- Bermeo-Giraldo, M. C., Valencia-Arias, A., Duque García, B., Fernando Garcés-Giraldo, L., y T. Luna-Ramírez. (2019). Factores de uso de los medios de pago móviles en millennials y centennials. *Semestre Económico*, 23(53).
- Cabezas, L., y A., Jara. (2018). Demanda por circulante: hechos estilizados y sustitución por medios de pago electrónicos.
- Cakmakyapan, S., y A. Goktas. (2013). A comparison of binary logit and probit models with a simulation study. *Journal of Social and Economic Statistics*, 2(1):1-17.
- Cano, C. G., Esguerra, M. D., García, N., Rueda, L., & Velasco, A. (2014). Inclusión financiera en Colombia. Banco de la República, 50.
- Castro Romero, P. J. H. (2014). Influencia de la cultura financiera en los clientes del Banco de Crédito del Perú de la ciudad de Chiclayo, en el uso de tarjetas de crédito, en el periodo enero-julio del 2013.
- Chen, L. D., y Nath, R. (2008). Determinants of mobile payments: an empirical analysis. *Journal of International Technology and Information Management*, 17(1), 2.
- Cordoba Cordoba, K. J. (2019). Determinantes del uso de medios de pago electrónicos en Bogotá DC.

- Fonchamnyo, D. C. (2013). Customers' perception of e-banking adoption in Cameroon: an empirical assessment of an extended TAM. *International journal of economics and finance*, 5(1), 166-176.
- Gamba Bustos, J. C., Modesto Aguirre, D., & Forero Rodríguez, A. M. (2021). *Factores para incrementar el uso de medios de pago digitales en Bogotá* (Bachelor's thesis, Especialización en Gerencia de Proyectos).
- Gómez-González, J. E., Jaramillo-Echeverri, J., & Meisel-Roca, A. (2016). El uso de efectivo y tarjetas débito y crédito en Colombia. *Borradores de Economía*; No. 950.
- Greene, C., y Stavins, J. (2020). The 2019 Diary of Consumer Payment Choice. Federal Reserve Bank of Atlanta, Research Data Report no. 20-4.
- Hernandez, L., Jonker, N., & Kosse, A. (2017). Cash versus debit card: The role of budget control. *Journal of Consumer Affairs*, 51(1), 91-112.
- Jonker, N. (2007). Payment instruments as perceived by consumers: results from a household survey. *The Economist*, 155(3), 271–303.
- Kang, H., Lee, M. J., y Lee, J. K. (2012). Are you still with us? A study of the post-adoption determinants of sustained use of mobile-banking services. *Journal of Organizational Computing and Electronic Commerce*, 22(2), 132-159.
- Kalckreuth, U. V., Schmidt, T., & Stix, H. (2014). Using cash to monitor liquidity: implications for payments, currency demand, and withdrawal behavior. *Journal of Money, Credit and Banking*, 46(8), 1753-1786.
- Klawitter, M., y Fletschner, D. (2006). Banked or Unbanked? Individual and family access to savings and checking accounts. Daniel J. Evans School of Public Affairs Working Paper, 16.
- Kosse, A., y Jansen, D. J. (2013). Choosing how to pay: The influence of foreign backgrounds. *Journal of Banking & Finance*, 37(3), 989-998.
- Liébana-Cabanillas, F., Molinillo, S., y Japutra, A. (2021). Exploring the determinants of intention to use P2P mobile payment in Spain. *Information Systems Management*, 38(2), 165-180.
- Medrano, M. L., & de Castro, L. T. D. (2010). 10. El comercio y las finanzas de la juventud medios. *Juventud y nuevos medios de comunicación*, 165.
- Merhi, M., Hone, K., y A., Tarhini. (2019). A cross-cultural study of the intention to use mobile banking between Lebanese and British consumers: Extending UTAUT2 with security, privacy and trust. *Technology in Society*, 59, 101151.
- Murcia, Andrés. (2007). Determinantes del acceso al crédito de los hogares colombianos. *Borradores de Economía*, No. 449. Banco de la República.
- Kyrmizoglou, P., & Daoutzoglou, A. (2019). Evolution of payment methods in Greece—Determinants of their use. *Central European Review of Economics & Finance*, 31(3), 5-16.
- Pereyra Morales, G. M. (2011). Desarrollo de los medios de pagos electrónicos: el caso particular de las tarjetas de pago, de débito y crédito.
- Sands, P. (2016). Making it harder for the bad guys: the case for eliminating high denomination notes (p. 3). Harvard Kennedy School, Mossavar-Rahmani Center for Business and Government.
- Rahman, M., Ismail, I., y S., Bahri, (2020). Analysing consumer adoption of cashless payment in Malaysia. *Digital Business*, 1(1), 100004
- Roa, M. J. (2013). Inclusión financiera en América Latina y el Caribe: acceso, uso y calidad. *Boletín del CEMLA*, 59(3), 121-148.
- Rogoff, K. S. (2016). The sinister side of cash. *The Wall Street Journal*, 25.

- Sair, S. A., y Danish, R. Q. (2018). Effect of performance expectancy and effort expectancy on the mobile commerce adoption intention through personal innovativeness among Pakistani consumers. *Pakistan Journal of Commerce and Social Sciences (PJCSS)*, 12(2), 501-520.
- Sarin, N., y Summers, L. (2016). Most sweeping change in currency policy in the world in decades. *Larry Summers' Blog*, 21.
- Sarkar, M. P. (2019). Literature Review on Adoption of Digital Payment System. *Global Journal of Enterprise Information System*, 11(3), 62-67.
- San Martín, S., & Prodanova, J. (2014). ¿Qué factores fomentan la compra por impulso en el comercio móvil? *Revista Española de Investigación de Marketing ESIC*, 18(1), 32-42.
- Solo, T. M., y Manroth, A. (2006). Access to financial services in Colombia: the «unbanked» in Bogotá (Vol. 3834). World Bank Publications.
- Teo, A. C., Tan, G. W., Ooi, K. B., Hew, T. S., y K. T., Yew. (2015). The effects of convenience and speed in m-payment. *Industrial Management and Data Systems*, 115(2), 311–331.
- Tello, M. A., & Ávila, A. D. (2017). Determinantes de la demanda de dinero físico en el Ecuador: Una perspectiva microeconómica. *Cuestiones Económicas*, 77.
- Trojanowski, M., & Kułak, J. (2018). Understanding mobile purchase intentions in Poland: Extension of the technology acceptance model. In *International Conference on Information Systems Architecture and Technology* (pp. 334-344). Springer, Cham.
- Tuesta, D., Sorensen, G., Haring, A., y Cámara, N. (2015). Inclusión financiera y sus determinantes: el caso argentino. Documento de Trabajo, (15/04).
- Wang, Z., & Wolman, A. L. (2016). Payment choice and currency use: Insights from two billion retail transactions. *Journal of Monetary Economics*, 84, 94-115.

ANEXOS

Tabla A1.
Variantes del modelo

VARIABLES	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4	Modelo 5	Modelo 6	Modelo 7	Modelo 8
Constante	-	-	-	-0.5156***	-0.3073***	-0.3173***	-	-0.5355***
Edad mayor a 50	-0.0147*	-0.0170*	-0.0675	-0.0055	-0.081	-0.0300	-0.016*	-0.0063
Quintil 1	-0.0605***	-0.0872***	-0.3514***	-0.0443***	-0.0416**	-0.2549***	-0.0531***	-0.0362*
Quintil 2	-0.0790***	-0.1116***	-0.3662***	-0.0652***	-0.0550***	-0.2594***	-0.0887***	-0.0637***
Quintil 3	-0.0492***	-0.0715***	-0.344***	-0.0414***	-0.0373**	-0.2595***	-0.053***	-0.0446***
Quintil 4	-0.0408***	-0.0571***	-0.2847***	0.0305**	-0.0292**	0.2007***	-0.0437***	-0.0329**
Casado	0.0090	0.0050	0.0581	0.0172	0.0154*	0.1028***	0.004	0.012
Urbana	0.0700***	0.0524***	0.2128***	0.0883***	0.0890***	-0.2695***	0.072***	0.0933***
Masculino	-0.0015	-0.0002	-0.0092	-0.0040	-0.0036	-0.0282	-0.0014	0.0012
Escolaridad	-0.0300***	-0.0060***	0.0002	0.0423***	0.0051*	0.0118***	-0.0342***	0.0397*
Escolaridad ²	0.0013***	-	-	-0.0016**	-	-	0.0015***	-0.0015*
Educación Financiera	0.0286**	0.0266**	0.2436***	0.0316***	0.0311**	0.2620***	0.0288**	0.032**
Percepción de Facilidad en el Uso	0.0552***	0.0526***	0.5040***	0.0594***	0.0585***	0.5301***	0.0551***	0.0597***
Percepción al no uso de Efectivo	0.1616	0.0774	-	0.0870	0.0857	-	0.1613	0.0878
Percepción de ahorro en Tiempo y Costos	0.1389	0.1330	-	0.1476	0.1459	-	0.0812	0.148
Percepción de seguridad en las transacciones	0.0810	0.1551	-	0.1706	0.1690	-	0.1386	0.1711
Sierra	-	-	-	-	-	-	0.0228***	0.0286***
Amazonía	-	-	-	-	-	-	-0.0507*	-0.0469
Pseudo R²	0.3737	0.3654	0.1833	0.3893	0.3861	0.2000	0.3863	0.4035
AIC	1131	1143	1457	1105	1108	1430	1112	1084.1
Sensibilidad	0.703	0.690	0.606	0.89	0.662	0.653	0.69	0.669
Especificidad	0.842	0.834	0.834	0.651	0.878	0.763	0.859	0.895
Precisión	0.7736	0.7634	0.744	0.7728	0.7721	0.7089	0.776	0.7366
AUC	0.8505	0.8484	0.7673	0.8633	0.8597	0.7779	0.8645	0.8744
Test Verosimilitud	0	0	0	0	0	0	0	0
Test Hoslem-Lemeshow	0.4874	0.05218	0.3224	0.9396	0.9177	0.6596	0.6202	0.967
Observaciones	1268	1268	1268	1268	1268	1268	1268	1268

Elaboración: Los autores

Tabla A2.
Implementación de variables

Variab les	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4
Edad mayor a 50	-0.0277	-0.0501	-0.0598	-0.0160*
Quintil 1	-0.3485***	-0.3488***	-0.3003***	-0.0531***
Quintil 2	-0.3490***	-0.3436***	-0.3155***	-0.0887***
Quintil 3	-0.3085***	-0.3015***	-0.3987***	-0.0530***
Quintil 4	-0.2691***	-0.2674***	-0.2428***	-0.0437***
Casado	-	0.0793**	0.0724*	0.0040
Urbana	-	-	0.2437***	0.072***
Masculino	-	-	-	-0.0014
Escolaridad	0.0120***	0.0092***	-0.0213**	-0.0342***
Escolaridad^2	-	-	0.0012**	0.0015***
Educación Financiera	-	0.2498***	0.2544***	0.0288**
Percepción de Facilidad en el Uso	-	-	0.5149***	0.0551***
Percepción al no uso de Efectivo	-	-	-	0.161
Percepción de ahorro en Tiempo y Costos	-	-	-	0.0812
Percepción de seguridad en las transacciones	-	-	-	0.1386
Sierra				0.0228***
Amazonía				-0.0507*
Pseudo R²	0.1119	0.1252	0.1885	0.3863
AIC	1572	1553	1448	1112
Sensibilidad	0.564	0.619	0.638	0.690
Especificidad	0.768	0.735	0.780	0.859
Precisión	0.719	0.6782	0.7106	0.7760
AUC	0.7148	0.7333	0.7685	0.8645
Test Verosimilitud	0	0	0	0
Test Hoslem-Lemeshow	0.5432	0.5784	0.0205	0.6202
Observaciones	1268	1268	1268	1268

Elaboración: Los autores

Tabla A3.
Resultados modelo probit

Variables	Efecto marginal	Error estándar	Nivel de significancia
Edad mayor a 50	-0.0563	0.1020	*
Quintil 1	-0.1713	0.1530	***
Quintil 2	-0.2563	0.1427	***
Quintil 3	-0.1704	0.1328	***
Quintil 4	-0.1496	0.1221	***
Casado	0.0170	0.0922	
Urbana	0.2170	0.1209	***
Masculino	-0.0043	0.0922	
Escolaridad	-0.0334	0.0284	***
Escolaridad ²	0.0014	0.0014	***
Educación Financiera	0.1165	0.2034	**
Percepción de Facilidad en el Uso	0.2059	0.4123	***
Percepción de Seguridad en las Transacciones	0.2343	135.78	
Preferencia al no Uso de Efectivo	0.2980	194.41	
Percepción de Ahorro en Tiempo y Costos	0.3244	149.14	
Sierra	0.0777	0.0957	**
Amazonía	-0.1516	0.2259	*
Pseudo R ²		0.3861	
AIC		1112.7	
Observaciones	1268	1268	

Elaboración: Los autores

Tabla A4.
Bondad de ajuste modelo probit

Medida	p-valor
Test de verosimilitud	0.0000
Test de Hoslem-Lemeshow	0.7965

Elaboración: Los autores

Tabla A5.
Matriz de confusión modelo probit

Real	Pronóstico	
	Usa Efectivo	Usa Medios de Pagos Digitales
Usa Efectivo	556	90
Usa Medios de Pagos Digitales	193	429
Sensibilidad = 0.690		
Especificidad = 0.861		
Precisión = 0.7768		

Elaboración: Los autores

Tabla A6.
Tablas de frecuencia entre Medios de Pago y sus características

		Preferencia por medios de pago	
		No	Si
Fácil uso de medios de pago	No	645	546
	Sí	1	76

Elaboración: Los autores

		Preferencia por medios de pago	
		No	Si
Seguridad en el uso de medios de pago	No	645	523
	Sí	0	99

Elaboración: Los autores

		Preferencia por medios de pago	
		No	Si
Ahorro en tiempo y costos del uso de medios de pago	No	646	535
	Sí	0	87

Elaboración: Los autores

		Preferencia por medios de pago	
		No	Si
Preferencia de no usar efectivo en sus transacciones	No	646	576
	Sí	0	46

Elaboración: Los autores



LA CURVA DE PHILLIPS PARA LA ECONOMÍA DOLARIZADA DE ECUADOR¹

*Daniel Covri Rivera**

Información

Recibido:

31 de marzo de 2021

Aceptado:

3 de junio de 2021

Palabras clave:

Curva de Phillips
Filtro de Hodrick y Prescott
Variables instrumentales
DSGE

Clasificación JEL:

C22, C26, E24, E31

DOI:

<https://doi.org/10.47550/RCE/31.1.4>

Resumen

Una cuestión importante para los responsables de la política macroeconómica es la existencia y la magnitud de la disyuntiva entre inflación y actividad económica. La curva de Phillips es el fenómeno que captura esta compensación y su estimación es pertinente para comprender los costos macroeconómicos de la implementación de políticas económicas. Este trabajo de análisis consiste en aplicar la curva de Phillips para Ecuador en el periodo de la dolarización. Los datos fueron ajustados por un quiebre estructural presente al principio de la muestra y abarcan un horizonte temporal que va desde el primer trimestre 2003 hasta el cuarto trimestre 2015. Se contextualizaron las variables a la realidad ecuatoriana, pero el núcleo central está constituido por la estimación econométrica. La primera parte prevé regresiones MCO con expectativas adaptativas, y las brechas del desempleo y del producto se obtuvieron mediante un filtro de Hodrick y Prescott. Después, se repitió el proceso mediante variables instrumentales con expectativas racionales y al final se estimaron también tres modelos DSGE neokeynesianos. Se encontró que la curva de Phillips se valida únicamente con la brecha del desempleo, mientras que las expectativas de inflación resultan significativas únicamente en los modelos multiecuacionales que involucran la brecha del producto. En conclusión, políticas que quieran estimular el empleo tienen un efecto de alza en los precios, por lo que la situación puede justificarse en periodos recesivos para evitar una eventual deflación.

¹ Este artículo representa uno de los tres que conformaron la disertación doctoral. Se agradece al tutor Dr. Javier García-Cicco y a las aportaciones de los miembros del jurado, compuesto por el Dr. Danilo Trupkin, la Dra. María Lorena Garegnani y el Dr. Pedro Elosegui.

*Universidad Católica de Cuenca. Correo electrónico: daniele.covri@ucacue.edu.ec.

Copyright © 2021 Covri. El autor conserva los derechos de autor del artículo. El artículo se distribuye bajo la licencia Creative Commons Attribution 4.0 License.



THE PHILLIPS CURVE FOR THE DOLLARIZED ECONOMY OF ECUADOR¹

*Daniel Covri Rivera**

Article Info

Received:

31st March 2021

Accepted:

3th June 2021

Keywords:

Phillips Curve
Hodrick and Prescott
filter
Instrumental Variables
DSGE

JEL:

C22, C26, E24, E31

DOI:

[https://doi.org/10.47550/
RCE/31.1.4](https://doi.org/10.47550/RCE/31.1.4)

Abstract

An important question for macroeconomic policy makers is the existence and magnitude of the tradeoff between inflation and economic activity. The Phillips Curve is the phenomenon that captures this tradeoff, and its estimation is pertinent to understanding macroeconomic costs of economic policy implementation. This paper consists of applying the Phillips curve for Ecuador in the period of dollarization. The data were adjusted for a structural break present at the beginning of the sample and cover a time horizon that goes from the first quarter of 2003 to the fourth quarter of 2015. The variables were selected to represent the Ecuadorian reality, and the core focus of the paper is based on the econometric interpretation of the estimation in this context. The first part analyzes OLS regressions with adaptive expectations, and the unemployment and output gaps were obtained using a Hodrick and Prescott filter. The process was then repeated using instrumental variables with rational expectations and finally three New Keynesian DSGE models were also estimated. It was found that the Phillips curve is valid only with respect to the unemployment gap, while inflation expectations are significant only in the multi-equation models that involve the output gap. In conclusion, policies that aim to stimulate employment result in inflation, so this policy is best justified in recessive periods to avoid a possible deflation.

¹ This article represents one of the three that conform the doctoral dissertation. Thanks are due to the tutor Dr. Javier García-Cicco and to the contributions of the members of the jury, composed by Dr. Danilo Trupkin, Dr. María Lorena Garegnani and Dr. Pedro Elosegui.

*Catholic University of Cuenca. E-mail: daniele.covri@ucacue.edu.ec.

Copyright © 2021 Covri. Author retains the copyright of this article. This article is published under the terms of the Creative Commons Attribution Licence 4.0.

1. INTRODUCCIÓN

Una cuestión importante para los responsables de la política macroeconómica es la existencia y la magnitud de la disyuntiva entre inflación y actividad económica. Entender la dinámica de corto plazo entre dos variables tan importantes para la macroeconomía como la inflación y la actividad económica representa un desafío para la mayoría de estudios empíricos tanto a nivel académico como también de bancos centrales e instituciones dedicadas al análisis económico. Para este fin, la curva de Phillips sigue siendo la mejor manera de poder estimar esta relación. La pregunta que deriva es si las políticas e intervenciones gubernamentales expansivas tienen efectos sobre el alza de los precios en una economía dolarizada como la ecuatoriana.

Hasta ahora, la mayoría de estudios al respecto pertenecen a casos aplicados a Norteamérica y Europa (Blanchard, 2016; Hossain y Mitra, 2017; Mustafa y Rahman, 2017; Roberts, 2017; Rusticelli, Turner y Cavalleri, 2015). Granger y Jeon (2011), por ejemplo, dan cuenta de las distintas metodologías de aplicación de la curva de Phillips para EE. UU. y Reino Unido a lo largo del tiempo. Gordon (2011) se enfocó en la diversidad de resultados entre los estudios inerciales que miran al pasado y sus rivales racionales que se basan en expectativas futuras. La publicación de Qin (2011) provee un buen resumen de los estudios que se han sucedido a lo largo del tiempo. Por lo que se refiere al área latinoamericana, se destaca la aportación de D'Amato y Garegnani (2009) y también de Chelala (2014) sobre el caso argentino; el estudio de Pincheira Brown y Rubio Hurtado (2015), que analiza el caso chileno; el trabajo de Portal Boza, Feitó Madrigal y Valdés Paserón (2015), que propone un estudio empírico para el caso cubano; y Machado y Humberto (2015) que investigan el caso colombiano.

Por lo que se refiere a las investigaciones aplicadas al caso ecuatoriano, se puede afirmar que algunos estudios pudieron actualizarse mediante la incorporación de nuevos datos (Criollo Nole, 2013; Flores y Stephany, 2014; Gualotuña y Alberto, 2015). Otros más recientes, como por ejemplo el de Alexander y Montalvo (2017), se pueden complementar ampliando el análisis del tema con técnicas econométricas alternativas respecto a la de vectores autorregresivos (VAR). Finalmente, otros estudios como el de Campoverde, Ortiz y Sánchez (2016) se han manejado con muestras pequeñas, lo cual puede sustituirse por un mayor número de observaciones con la finalidad de obtener mejores propiedades para los estimadores y en general contar con inferencias estadísticas un poco más robustas. En el estudio actual, se emplean datos más actualizados y una muestra más amplia (de 50 valores) que resulta en estimadores más robustos.

Los resultados indican que el componente cíclico del desempleo, al contrario de la brecha del producto, resulta estadísticamente significativo para explicar la inflación en la regresión MCO, en donde su respectivo coeficiente resulta cercano a -1.37. En lo que se refiere a las regresiones con variables instrumentales y mínimos cuadrados en dos etapas, estas evidencian que los resultados con respecto a la magnitud del componente cíclico del desempleo son notablemente mayores con respecto a la regresión estimada con mínimos cuadrados ordinarios. Las expectativas de

inflación merecen una nota aparte, puesto que adquieren importancia únicamente en las regresiones que involucran la brecha del producto en los modelos DSGE, cuando se registran coeficientes poco superiores a la unidad. Por otro lado, las materias primas que se insertan como variable de control resultan estadísticamente significativas en muchos casos, aunque por lo general con coeficientes relativamente pequeños. Al aplicar específicamente los modelos multiecuacionales, no se encuentra una curva de Phillips mediante la brecha del producto.

En la segunda sección de este artículo se realizará una revisión del estado de la literatura con respecto a las estimaciones de la curva de Phillips. En la tercera, se contextualizarán las variables claves de este estudio como la inflación, el desempleo y el producto. En la cuarta, se detallarán los datos empleados y los modelos utilizados en la investigación del fenómeno para Ecuador. En la quinta, se realizarán las estimaciones y los análisis respectivos. Finalmente, en la sexta, se presentarán las conclusiones del estudio.

2. ESTADO DE LA CUESTIÓN

De acuerdo a Chacón (2012), en los estudios iniciales sobre el tema se consideraban únicamente la inflación y el desempleo como variables de interés. Después, en los años 70, se empezó a afirmar el modelo neoclásico o modelo de Friedman y Phelps aumentado por expectativas, aplicado esencialmente a los EE. UU. Todo empezó por la ecuación resultante de la interacción de las dos curvas pertenecientes a los precios de las firmas y de los salarios de los trabajadores:

$$\pi_t = \pi_t^e + (m + z) - \alpha u_t \quad (1)$$

En donde π_t es la inflación actual; π_t^e son las expectativas de inflación; m es el margen de precios que aplican las empresas; z son los demás factores que afectan la fijación de los salarios; α el parámetro que refleja la fuerza del efecto que produce el desempleo en los salarios, y u_t es la tasa de desempleo. Explicando con un poco más de detalle estas variables, la inflación por lo general es calculada a partir del índice de precios al consumidor (IPC), aplicando a este una diferencia logarítmica, mientras que las expectativas de inflación representan lo que los agentes económicos prevén sobre el futuro de los precios. En este caso, entre otras, existen dos teorías dominantes. Primero, la teoría de las expectativas adaptativas, en donde los agentes miran al nivel de la inflación en el pasado más reciente y lo toman como indicador de inflación para el próximo periodo. Segundo, las expectativas racionales, en donde el agente no asume como racional tomar únicamente información del pasado para estimar la inflación futura, sino que toma en cuenta toda la información disponible hasta el presente y basa su estimación de inflación en esa información. Por otra parte, el margen de precios representa la brecha que existe entre precios y costos marginales de los productos de las empresas (Syverson, 2019). La variable z considera factores

como el seguro de desempleo y, de manera más amplia, la protección del empleo que puede resultar en costos de contratación de empleados más altos (Blanchard, 2017). Así, a medida que z aumenta, *ceteris paribus*, también lo hace la tasa de desempleo. Esta representa el cociente entre número de desempleados y población económicamente activa (empleados más desempleados).

Después de algunos ajustes algebraicos, Blanchard (2017) muestra que, cuando la tasa de inflación efectiva es igual a la esperada, se obtiene la tasa natural de desempleo, u_n , que se expresa de la siguiente forma:

$$u_n = \frac{m + z}{\alpha} \quad (2)$$

Recordando además que la expresión original puede arreglarse como se muestra a continuación:

$$\pi_t - \pi_t^e = -\alpha \left(u_t - \frac{m + z}{\alpha} \right) \quad (3)$$

Entonces, por sustitución se obtuvo la ecuación final de la curva de Phillips que actualmente manejamos:

$$\pi_t - \pi_t^e = -\alpha(u_t - u_n) \quad (4)$$

Después, la literatura señala cómo, de manera aproximada, en un periodo anterior, se puede predecir correctamente las expectativas de inflación, por lo que la fórmula resulta:

$$\pi_t - \pi_{t-1} = -\alpha(u_t - u_n) \quad (5)$$

Resumiendo, la curva está ahora caracterizada por las variables de la variación de la inflación (parte izquierda) y la brecha del desempleo (parte derecha), debido a que los agentes económicos, en particular los trabajadores y empresarios, toman en cuenta las expectativas futuras de inflación para la determinación de los salarios, pues están interesados en mantener intacto su poder adquisitivo en términos reales.

Por esa estrecha relación que existe entre el desempleo y el producto (a tal propósito se puede recordar la ley de Okun), muchos economistas deciden estimar usando el diferencial entre PIB potencial y real en lugar de la tasa de desempleo. En este caso, la ecuación es la siguiente:

$$\pi_t - \pi_{t-1} = \beta(PIBp_t - PIBr_t) \quad (6)$$

3. CONTEXTO

En esta sección se presentan los datos clave de este estudio: inflación, desempleo y la producción total en Ecuador.

3.1. Inflación

La tabla 1 muestra cómo fue medida la inflación. Básicamente, se efectuó una comparación entre los años base 2004 y 2014. Para la muestra considerada (trimestres 2000 hasta el 2015) el IPC presenta 3 años base: 1995, 2004 y 2014. No se registraron problemas operativos, ya que el empalme o ajuste ha sido efectuado por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), y, por lo tanto, la serie del IPC con la cual se ha realizado la investigación revisa únicamente como año base el 2014, donde el índice toma valor igual a 100. Cada artículo de la canasta es clasificado según un orden jerárquico que empieza por el grupo y después se divide en clase, subclase y producto. Se puede observar que, en los dos períodos de la muestra, han surgido cambios fundamentales: 1) aumentaron los artículos considerados: pasaron de 299 a 359; 2) el grupo de mayor cambio fue el de bienes y servicios diversos, que pasó de 1 a 6, y 3) la división de bebidas alcohólicas y las comunicaciones han permanecido igual o han variado muy poco, aunque no se excluyen cambios cualitativos en sus componentes.

La tabla 2 muestra el peso relativo de cada división dentro del IPC. Lo que se aprecia al respecto es que el mayor porcentaje de ponderación está constituido por los alimentos y bebidas no alcohólicas, segmento que ha visto reducir su peso en la canasta, pero en el 2014 su valor sigue siendo más del 22 %. La segunda categoría por importancia dentro del IPC está constituida por el transporte, que alcanza casi un 15 %, y, si sumamos estas dos divisiones, obtenemos un valor superior a un tercio de la canasta. De nuevo, la categoría bienes y servicios diversos ha pasado de la décima a la tercera posición.

Tabla 1.

Inventario de las estructuras de las canastas del IPC(04) (Base: 2004=100) e IPC(14) (Base: 2014=100)

División	IPC	IPC	IPC	IPC	IPC	IPC	IPC	IPC
	(04)	(14)	(04)	(14)	(04)	(14)	(04)	(14)
	Grupo		Clase		Subclase		Prod	Art
Alimentos y bebidas no alcohólicas	2	2	11	11	29	34	90	115
Bebidas alcohólicas, tabaco y estupefacientes	2	2	3	3	3	3	4	4

División	IPC	IPC	IPC	IPC	IPC	IPC	IPC	IPC
	(04)	(14)	(04)	(14)	(04)	(14)	(04)	(14)
	Grupo		Clase		Subclase		Prod	Art
Prendas de vestir y calzado	2	2	6	6	9	12	47	44
Alojamiento, agua, electricidad, gas y otros combustibles	4	4	5	7	5	7	7	11
Muebles, artículos para el hogar y para la conservación ordinaria del hogar	6	6	7	12	13	14	37	40
Salud	3	3	7	7	7	7	28	26
Transporte	3	3	8	9	9	9	17	23
Comunicaciones	3	3	3	3	3	4	6	6
Recreación y cultura	4	6	11	18	12	18	30	34
Educación	3	4	3	4	3	4	10	9
Restaurantes y hoteles	2	2	2	2	2	2	6	11
Bienes y servicios diversos	1	6	2	11	3	11	17	36
TOTAL	35	43	68	93	98	125	299	359

Fuente: elaborado por el autor a partir de los datos INEC

Nota: el número de productos de la canasta del IPC (Base: 2003-2014) es comparable con el número de artículos de la canasta del IPC (Base: 2004 = 100), por tener los niveles más bajos con ponderación fija en ambas canastas, siendo reconocido al *artículo* como el nivel más bajo de la estructura de la canasta, que se refiere al conjunto de bienes y servicios con los que el IPC realiza la observación de los precios. Pertenecen al componente flexible de la canasta, debido a que los artículos solo poseen ponderaciones implícitas que dependen de la representatividad de los mismos en el mercado interno; es decir, están autoponderados y, por tanto, no tienen ponderación fija. Se denomina *producto* a un conjunto de líneas de gastos (artículos) con finalidades de consumo similares y características homogéneas en cuanto a sus atributos y a sus comportamientos en los precios. Los niveles subsiguientes de la canasta son la *subclase*, *clase*, *grupo* y *división*, los cuales fueron establecidos en el marco de la Clasificación del Consumo Individual por Finalidades (CCIF) (INEC, 2017).

Tabla 2.
Ponderaciones por divisiones de gasto de las canastas del IPC

DIVISIÓN	Ponderación %		Posición	
	IPC(04)	IPC(14)	IPC(04)	IPC(14)
Alimentos y bebidas no alcohólicas	25.1	22.45	1	1
Bebidas alcohólicas, tabaco y estupefacientes	0.89	0.66	12	12
Prendas de vestir y calzado	8.97	7.69	4	6

DIVISIÓN	Ponderación %		Posición	
	IPC(04)	IPC(14)	IPC(04)	IPC(14)
Alojamiento, agua, electricidad, gas y otros combustibles	10.17	8.3	3	4
Muebles, artículos para el hogar y para la conservación ordinaria del hogar	6.08	5.86	7	8
Salud	6.03	7.34	8	7
Transporte	13.6	14.74	2	2
Comunicaciones	4.37	4.74	11	11
Recreación y cultura	5.91	5.3	9	9
Educación	6.78	5.09	6	10
Restaurantes y hoteles	6.84	7.96	5	5
Bienes y servicios diversos	5.25	9.86	10	3

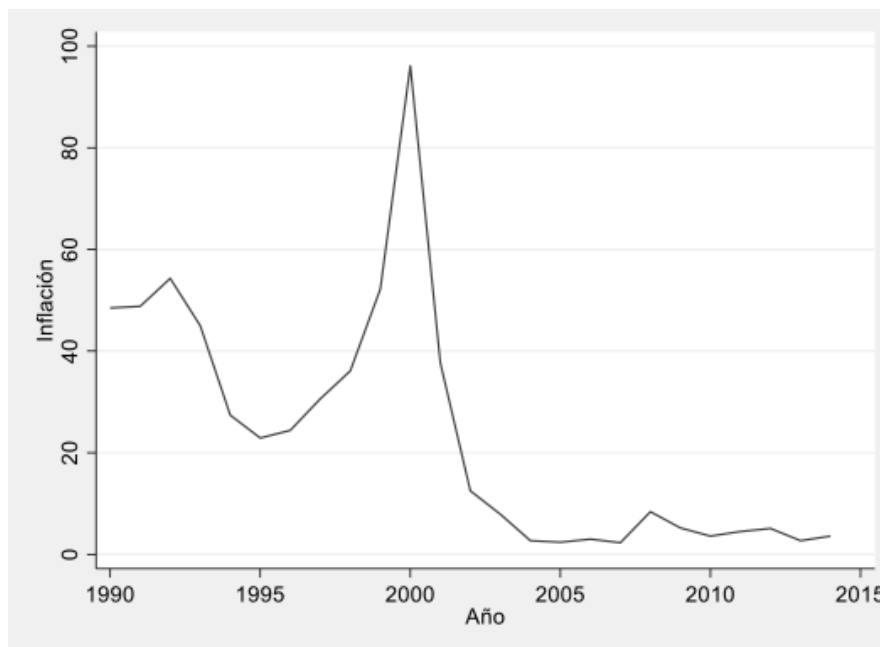
Fuente: elaborado por el autor a partir de los datos INEC

Nota: la posición corresponde al orden de la división, según valor de ponderación.

Antes de la dolarización, la inflación en Ecuador era particularmente alta y persistente, lo que penalizaba toda la economía del país, principalmente por la elevada inestabilidad que comportaba debido a los siguientes factores (Larrea Maldonado, 2004): la guerra que el país mantuvo con el Perú en 1995 y que generó un costo muy grande; el fenómeno del Niño en 1998, que causó severos daños a los cultivos y penalizó un sector considerado estratégico para todo el país; la desregulación financiera que provocó una especulación del crédito sin las necesarias medidas de control (Páez Pérez, 2004); la eliminación de la autonomía financiera de Petroecuador en 1992, que dificultó su capacidad de inversión a lo largo del tiempo y debilitó una de las fuentes principales de recursos fiscales, y, finalmente, la inestabilidad política, caracterizada por una fuerte alternancia de partidos y presidentes al mando del gobierno estatal.

Como se puede observar en el gráfico 1, la inflación permanece de dos dígitos en los años noventa, siempre por encima del 20% anual. El problema se agudizó a partir de 1995 y se agravó en el año 2000 (todo ello está graficado por una pendiente cada vez más positiva) cuando se obtiene un valor para la inflación cercano al 100%. Para salir de la crisis, se pensó recurrir a la dolarización, medida que fue oficializada el 9 de enero del 2000 bajo el mandato del presidente de ese entonces, Jamil Mahuad. La medida, según nos deja ver la figura, parece haber dado buenos resultados en el mediano plazo porque frenó el crecimiento incontrolado de los precios. Además, se observa cómo existió un rezago en los precios y salarios hasta adaptarse al nuevo sistema dolarizado; de hecho, la estabilidad en el valor de la inflación se alcanza solo a partir del año 2003, cuando su valor muestra por primera vez un solo dígito y permanece así en los siguientes años hasta el final de la serie representada.

Gráfico 1.
Inflación histórica (IPC anual en porcentaje)

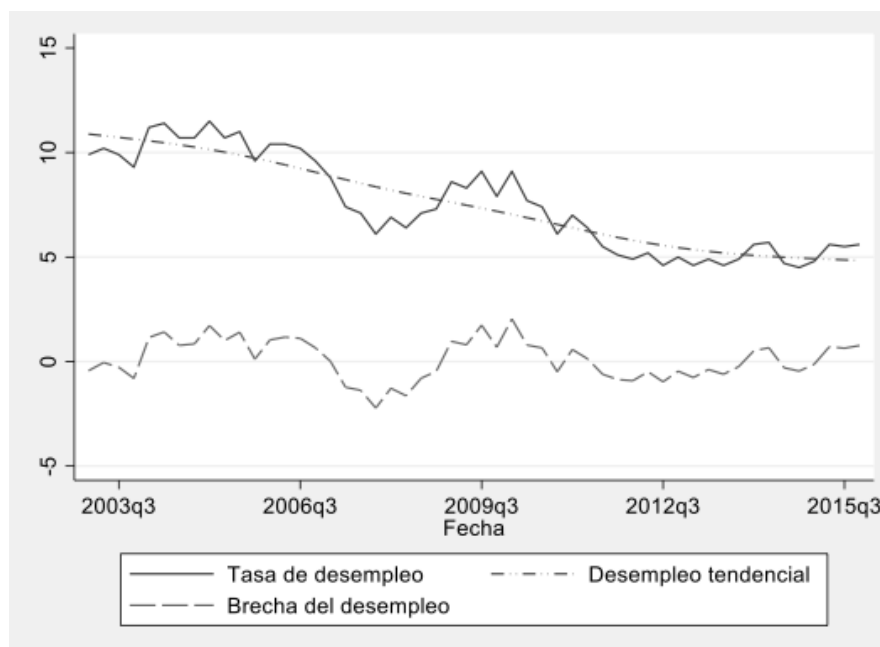


Fuente: elaborado por el autor con base en datos del Banco Mundial

3.2. Desempleo

A lo largo del periodo considerado, el de la dolarización, Ecuador ha experimentado variaciones consistentes en su tasa de desempleo. A tal propósito, puede resultar útil mirar el gráfico 2, el cual descompone mediante un filtro de Hodrick y Prescott la parte tendencial respecto al componente cíclico. La línea entrecortada representa el componente tendencial y que corresponde en este análisis a una tasa de desempleo natural. Se puede observar que el desempleo va cambiando leve y gradualmente en el tiempo: registra valores superiores al 12 % a principios del año 2000 y, después, cantidades progresivamente más contenidas, que en los últimos trimestres oscilan entre un 4 y 6 %.

Gráfico 2.
Aplicación del filtro HP al desempleo



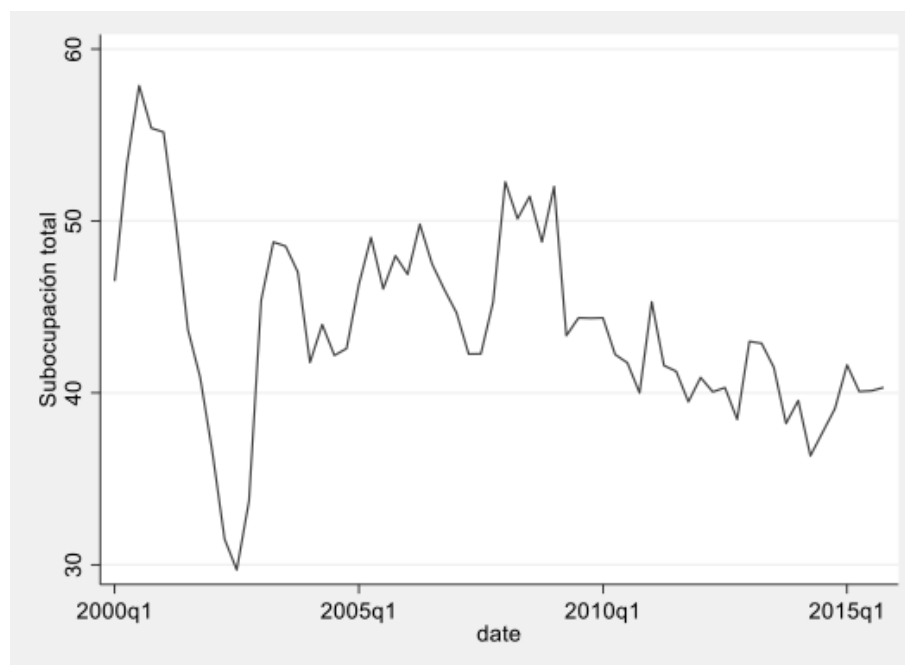
Fuente: elaborado por el autor

La línea de abajo se refiere al componente cíclico (que está derivada como la brecha entre el desempleo tendencial y el desempleo real) que entra en la regresión con el nombre de filtro. El componente cíclico del desempleo está determinado por variaciones temporáneas en la economía, debido a distintos factores como, por ejemplo, recesiones, choques externos, fenómenos climáticos adversos, catástrofes, etc. En particular, se puede observar en una primera instancia una disminución de este componente a partir del año 2000 a consecuencia, sobre todo, de las fuertes migraciones de ecuatorianos hacia EE. UU. y Europa. Después, a partir del año 2003, el Sistema Integrado de Indicadores Sociales del Ecuador (SIISE) (2006) explica que:

La estructura del mercado laboral en el país ha cambiado como consecuencia de las transformaciones institucionales y legales que han buscado flexibilizar el mercado de trabajo y reducir el tamaño del Estado, en el marco de un modelo de mayor apertura y liberalización económica. Parte de estos cambios se reflejan en un aumento del subempleo y en general en una mayor precariedad del empleo (p. 3).

Entre 2006 y 2007 el desempleo cíclico baja para después subir en los años 2008 y 2009 (crisis financiera global) y luego el valor de filtro permanece cercano a cero.

Gráfico 3.
Tasa de subocupación total en la zona urbana



Fuente: elaborado por el autor, datos BCE

Nota: datos mensuales para el periodo 2000-2007 compactados trimestralmente mediante promedio, después datos trimestrales.

Para una mayor comprensión del mercado laboral, se puede observar el gráfico 3, el cual muestra cómo se ha comportado la tasa de subocupación total en relación con la población económicamente activa (PEA). Fundamentalmente, esta variable representa la suma de la subocupación informal, visible e invisible, que es una medida del número de la proporción de personas no conectado formalmente al mercado laboral y que se encuentran en condiciones laborales vulnerables. Se puede observar entonces cómo, hasta el año 2003, el análisis es muy parecido al que se realizó para el componente cíclico del desempleo. Después, la subocupación total parece mantenerse casi siempre dentro de una banda comprendida entre el 40 y 50 %, con excepción del periodo de crisis financiera global, en donde el porcentaje se incrementó. Todo esto parece indicar que, al principio, en los primeros años, el ciclo domina la tendencia y luego ocurre lo contrario: prevalecen los fenómenos estructurales del mercado laboral.

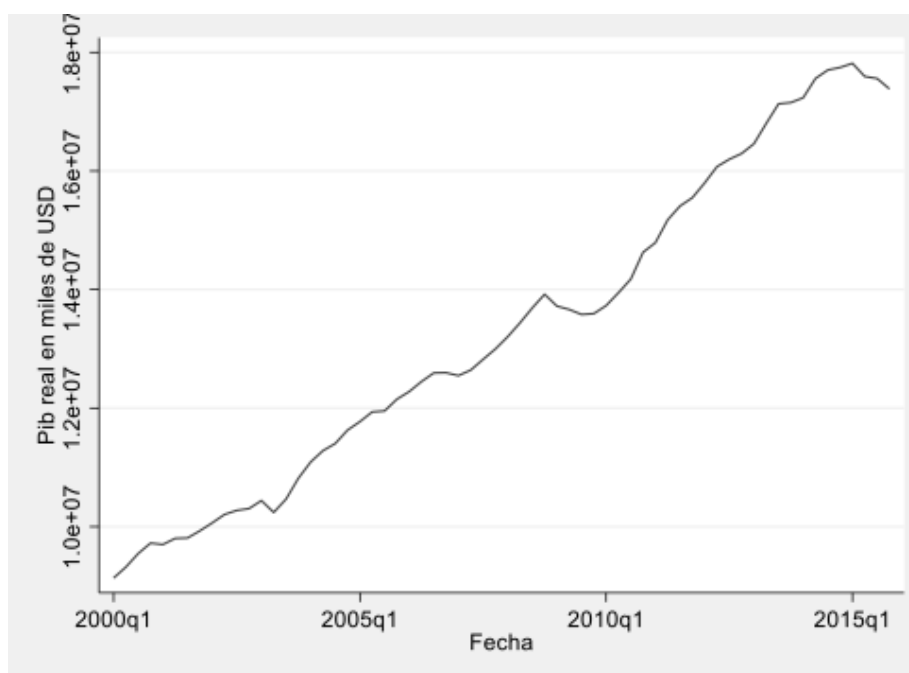
El desempleo femenino en diciembre de 2013 se ubicó en 5 %, un punto más que el nacional y 2 puntos más que el desempleo masculino (Larrea, 2014). En lo que respecta a los jóvenes desempleados, los de la zona urbana alcanzan mayor valor absoluto. De acuerdo con las cifras de Quiroz y Vásquez (2016), en la temporada 2007-2015, el porcentaje de jóvenes desempleados (abierto y oculto) sufrió una tendencia a la baja, registró el 18.03 % en el año 2008 y terminó con un 14.75 % en el año 2015.

3.3. Producto

Otra variable explicativa está constituida por el producto, el que está representado por el PIB real y que puede verse en el gráfico 4. Lo que se observa es que, a lo largo de los 16 años considerados, esta variable duplica prácticamente su valor. Pasa de poco más de 9000 millones de dólares para el primer trimestre del año 2000 a casi 18,000 millones para el cuarto trimestre del año 2015. En segundo lugar, se aprecia una clara tendencia ascendente interrumpida únicamente por los años 2008 y 2009, correspondientes a la crisis financiera global. Para el año 2015, se afronta una nueva crisis, puesto que el PIB real ostenta una baja, consecuencia de la deuda acumulada en los años anteriores y de la reducción del precio de las materias primas.

Es necesario ahora visualizar el PIB potencial, el cual no representa una variable directamente observable, sino que viene dada por el efecto suavizante del filtro HP. A tal propósito y mirando el gráfico 5, se puede observar la línea recta entrecortada en la parte de arriba que representa el producto potencial, la cual se sitúa muy cerca de la otra línea que representa el logaritmo del PIB real. En la parte de abajo, se muestra el componente cíclico del PIB per cápita.

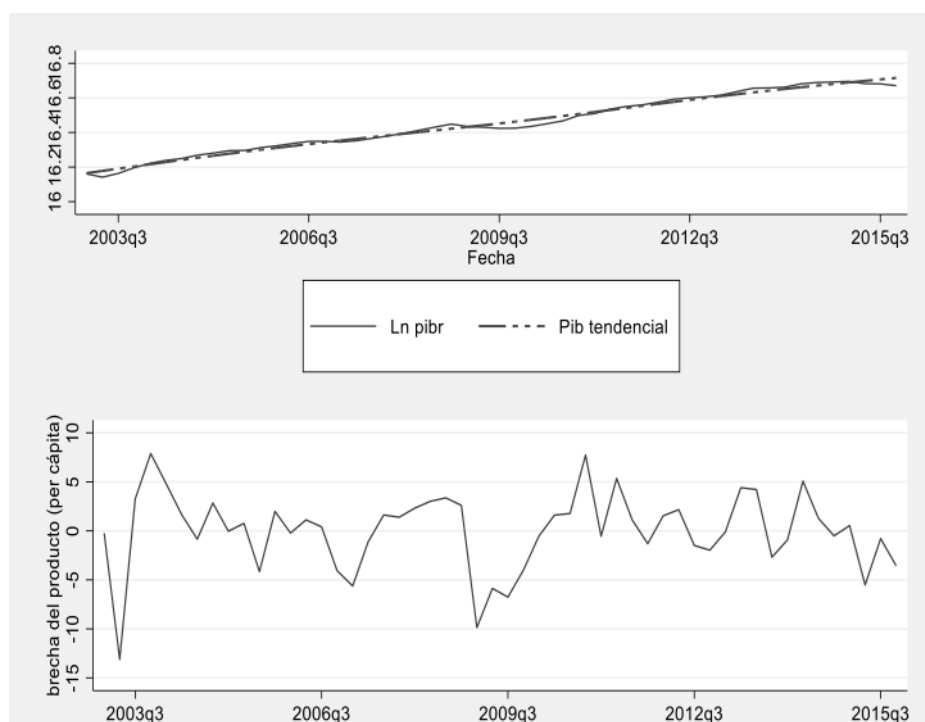
Gráfico 4.
Evolución del PIB real ecuatoriano (2000-2015)



Fuente: elaborado por el autor, datos BCE

Nota: miles de USD del año 2007.

Gráfico 5.
Filtro HP aplicado al producto



Nota: la imagen de arriba hace referencia al logaritmo del producto total, la de abajo al componente cíclico en términos per cápita.

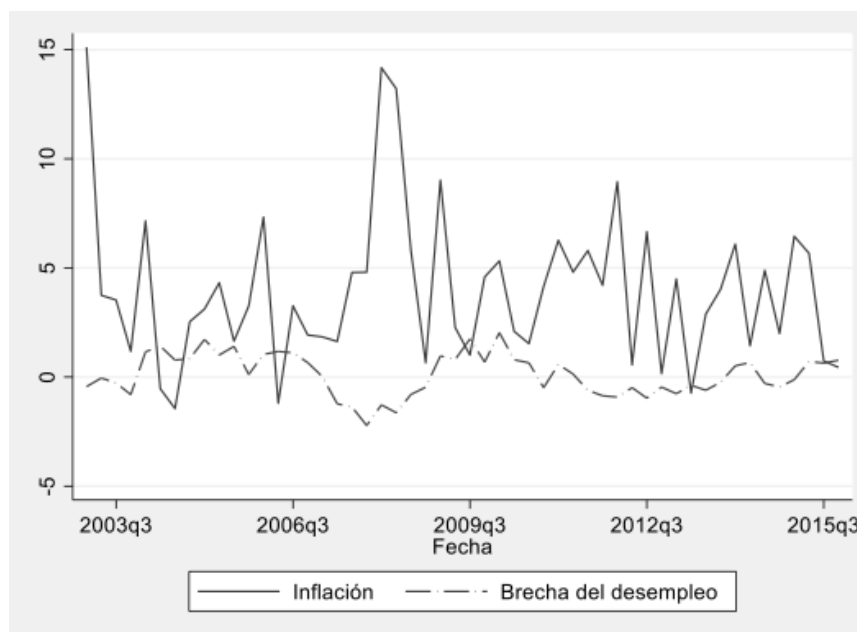
4. DATOS

Los datos del estudio son tomados con cadencia trimestral para los meses correspondientes a marzo, junio, septiembre y diciembre a partir del año 2000 hasta el 2015. Puesto que en 1999 el país enfrentó una de las peores crisis económicas de su historia reciente, se decidió introducir el dólar en el año 2000, pero la estabilidad de las principales variables macroeconómicas se obtuvo con un cierto efecto rezagado. Para comprenderlo, se puede volver atrás y mirar nuevamente el gráfico 1 inherente la inflación. No es posible entonces realizar una estimación econométrica tomando toda la muestra, debido al quiebre estructural que presenta esta variable al comienzo del nuevo milenio. Por lo tanto, se optó por un corte que delimita el tiempo únicamente el período 2003Q1 hasta el 2015Q4.

La primera serie histórica recolectada es la del índice de precios al consumidor (IPC), otorgada por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). A partir de ella, la inflación se encontró multiplicada por 400 la diferencia logarítmica del índice de precios al consumidor, y esto porque existe la voluntad de contar con valores anualizados expresados en términos de porcentaje. De acuerdo a Stock y Watson (2012), «el factor 400 surge de convertir la variación fraccional a términos

porcentuales (multiplicando por 100) y convirtiendo la variación porcentual trimestral a una tasa anual equivalente (multiplicando por 4)» (p. 377).

Gráfico 6.
Inflación vs. componente cíclico del desempleo



Fuente: elaborado por el autor, datos BCE

Los datos para el desempleo fueron proporcionados por la CEPAL mediante su banco de datos Cepalstat. Esto se debe a que dispone de una serie histórica trimestral, cosa que no ocurre con el Banco Central del Ecuador, que proporciona datos de distinta cadencia, primero, mensuales hasta el año 2007 y, después, trimestrales. Como se explicó anteriormente, el componente cíclico del desempleo que entra directamente en la estimación fue obtenido usando un filtro de Hodrick y Prescott con λ igual a 1600. Puede resultar interesante mirar el gráfico 6: evidencia cómo la inflación y el componente cíclico del desempleo dan una idea de ser inversamente proporcionales, pues, cuando uno sube, otro baja. Ello resulta particularmente evidente si se observa el periodo comprendido entre el 2005 y el 2009.

Los datos para el producto, es decir la serie histórica del PIB real, fueron encontrados en las publicaciones económicas del Banco Central del Ecuador, donde los valores están expresados en miles de dólares en el año 2007. El PIB per cápita fue encontrado dividiendo el PIB real por la población. Esta ha sido elaborada con base a los valores anuales para los años 2000 y 2015 e interpolando todos los valores trimestrales de manera lineal. Luego se aplicó al PIB per cápita una diferenciación logarítmica con la finalidad de considerar el crecimiento del producto y también porque la variable no es estacionaria en niveles, la cual a su vez fue multiplicada por 400, con la finalidad de tener valores expresados en porcentaje anualizado. Aquí

también, como ocurrió para el caso del desempleo, el componente cíclico fue obtenido mediante el filtro HP (una resta entre producto real y potencial).

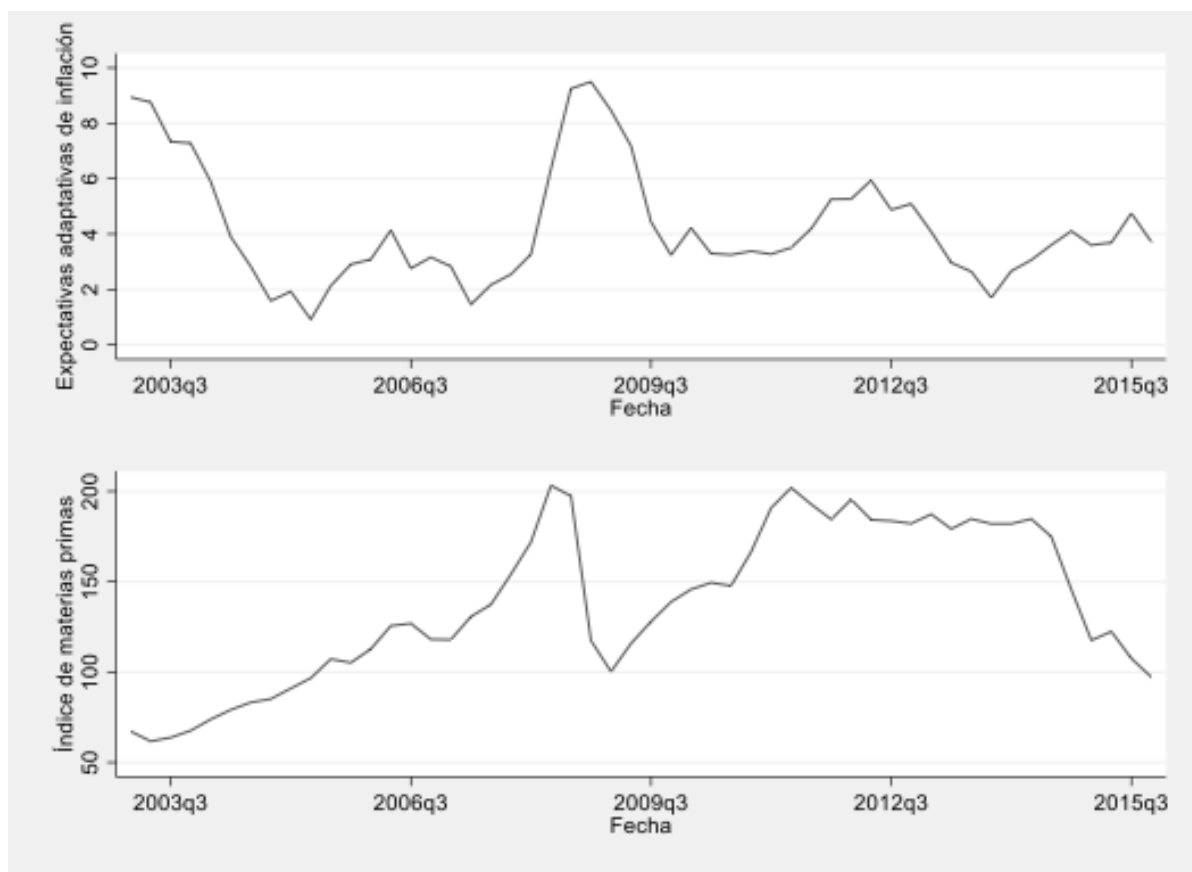
Otra variable insertada en el modelo son las expectativas de inflación determinadas al principio de manera adaptativa, y calculadas encontrando el promedio de los cuatro periodos anteriores de la inflación (v. gráfico 7). Se ha obrado de ese modo porque, aparte de algunas críticas recientes que han recibido las expectativas racionales, no se disponen de encuestas sobre la inflación futura esperada para el caso de Ecuador.

La serie histórica de las materias primas fue otorgada por el Fondo Monetario Internacional (FMI)¹, y entre las varias opciones disponibles se tomó la primera columna, que es la más agregada; entonces, más allá de materiales, minerales y *commodities* de valor, se incluyó también el sector energético *fuel*, puesto que Ecuador exporta petróleo bruto, pero al mismo tiempo importa el refinado de petróleo. Como los datos tienen una cadencia mensual, para determinar el valor trimestral se promedió los tres valores que lo definen (para encontrar el valor correspondiente al 2003Q1 se promedió los 3 valores mensuales del índice que corresponden a enero, febrero y marzo) y se decidió usar el precio de las materias primas como *proxy* de la inflación importada, ya que los principales productos importados están formados por estas (Andes, 2013). En el gráfico 7, se puede observar que su valor ha aumentado hasta el 2008, en la crisis económica global; después de una caída abrupta, recuperan más o menos el valor preciso en el año 2011 para después descender nuevamente a partir del año 2014.

Habiendo llegado hasta este punto, se debe acotar que, en el momento de efectuar las regresiones uniecuacionales, la variable diferenciada de las materias primas comporta un dato completamente atípico correspondiente al cuarto trimestre de 2008, su valor fue cercano a -80, a casi 7 desviaciones estándares por debajo de la media cuando se lo excluye. Como existen muchos métodos para tratar los *outliers*, aquí se decidió promediar los dos valores contiguos: el que antecede (2008Q3) y el que sigue (2009Q1), corrigiendo así la muestra. Este cambio determinó un aumento en la media de casi tres veces y una reducción de la desviación estándar de cerca del 28 %. Otra técnica que se hubiese podido implementar es la sustitución del valor problemático por la mediana de los valores, excluido el atípico, pero en este caso específico parecía poco conveniente, puesto que no se captaría el ciclo económico negativo para esa fecha. Al final del documento, en el anexo, se muestran las dos series: la original y la corregida.

¹ Los datos pueden encontrarse en <https://www.imf.org/en/Research/commodity-prices>, en la sección Primary Commodity Prices, Excel Database.

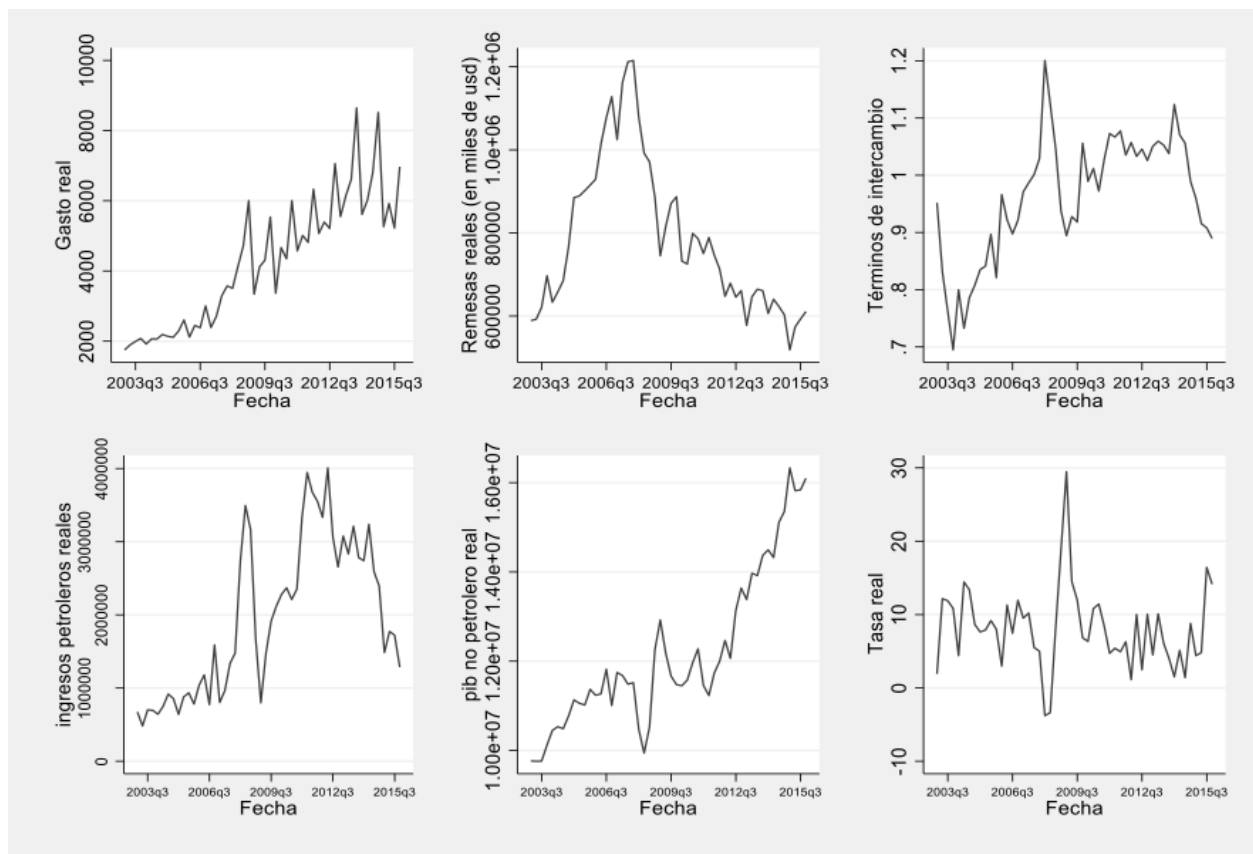
Gráfico 7.
Expectativas adaptativas de inflación e índice de materias primas



Fuente: elaborado por el autor, datos del FMI para la variable *materias primas*

Por lo que se refiere de manera específica a los modelos de equilibrio general, una variable importante que se añade es el gasto público (v. gráfico 8), el cual engloba la suma de gastos corrientes y gastos de capital. Los valores mensuales expresados en millones de dólares se sumaron para encontrar los respectivos trimestrales. Después, el gasto real se encontró ajustando el gasto nominal por el IPC. La imagen que sigue a la derecha muestra las remesas reales, mismas que han tenido una fase ascendente hasta el año 2007 y, después de esa fecha, experimentaron una trayectoria descendente. Arriba, a la derecha, se muestra la variable «términos de intercambio», que fue encontrada realizando el cociente entre el deflactor implícito de las exportaciones sobre el de las importaciones.

Gráfico 8.
Variables añadidas en los modelos DSGE



Nota: series brutas reales no ajustadas por estacionalidad.

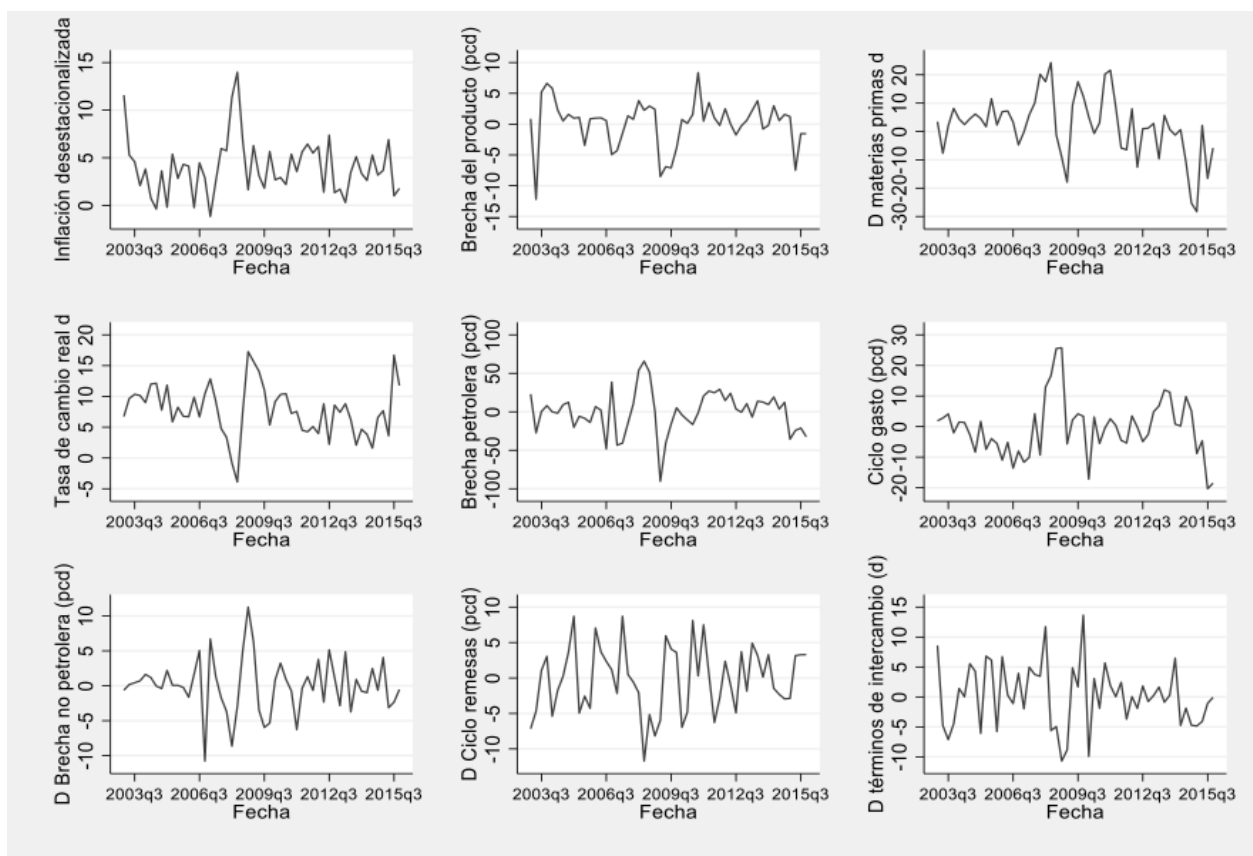
En la imagen de abajo, a la izquierda, se observan los ingresos petroleros reales; después, abajo, en la parte central, se encuentra el PIB no petrolero real; finalmente, abajo, a la derecha, se encuentra la tasa de interés real. Esta se conforma con la suma de la tasa de los bonos del Tesoro norteamericano² con vencimiento a 10 años, al cual se le añade el riesgo país EMBI, pero para tener valores reales se resta el valor de la inflación. Son necesarias aquí un par de aclaraciones. En lo que se refiere a la tasa exógena, esta serie estaba disponible directamente de manera trimestral en el banco de datos de la Reserva Federal de San Luis, y, en lo que concierne al riesgo país, los valores proporcionados por el BCE son diarios, por lo que se consideraron como útiles aquellos que aludían al primer día después de cada trimestre, así, por ejemplo, el valor registrado para el primer trimestre de 2003 corresponde al valor encontrado el primero de abril de ese mismo año. La razón, que puede parecer arbitraria, se debe al software Gretl, que pide ese dato en el momento de compactar las

² Long Term Government Bond Yields: 10-year: Main (Including Benchmark) for the United States (percent, quarterly, not seasonally adjusted).

cifras. Cabe señalar cómo también la variable «remesas» que entra en la estimación (d_{re}) ha sido corregida por un valor atípico³ positivo presente en 2005Q1 por lo que se lo cambió por el máximo de la serie, entonces el valor pasó de 18.76 a 8.71.

Gráfico 9.

Variables estacionarias ajustadas estacionalmente estimadas por los modelos DSGE



Elaboración: el autor

Las variables del gráfico 8 no son estacionarias, por lo que en el gráfico 9 se presentan las variables que sí lo son y se estiman en los tres modelos DSGE. Entonces, la inflación, la tasa de cambio real, la primera diferencia de las materias primas y de los términos de intercambio subieron únicamente un ajuste estacional⁴. Al contrario, las tres brechas del producto, el gasto y las remesas primero fueron expresadas en términos per cápita, luego se transformaron en logaritmos, se les aplicó el filtro HP y al final el ajuste estacional, siendo expresadas en porcentaje anualizado. A más de

³ Se considera atípico todo valor que se encuentra alejado a más de 3.3 desviaciones estándares de la media.

⁴ El ajuste estacional aplicado a todas las variables fue realizado mediante técnica ARIMAX13.

ello, la brecha no petrolera y las remesas tuvieron también una primera diferenciación, puesto que no resultaban estacionarias mediante la prueba de Phillips-Perron.

En la primera parte, las estimaciones son realizadas por mínimos cuadrados ordinarios e involucran expectativas adaptativas. En la misma tabla, constan también los resultados de las regresiones calculadas mediante variables instrumentales y mínimos cuadrados en dos etapas con expectativas racionales; la finalidad es tratar de manera adecuada un eventual problema de endogeneidad. De hecho, el supuesto sobre la formación de expectativas es diferente y, bajo esta alternativa, se tiene que $\pi_{t+1} = E_t(\pi_{t+1}) + \varepsilon_{t+1}$, en donde π_{t+1} es la inflación en $t + 1$; $E_t(\pi_{t+1})$ denota la expectativa de inflación futura con la información disponible en t (anteriormente definida como π_t^e), y ε_{t+1} es el error de pronóstico. Bajo MCO no se puede incluir π_{t+1} porque no es consistente: está correlacionada con el error de la regresión de la curva de Phillips, es decir, correlacionada con los determinantes no observados de la inflación en t . Otro problema radica en las brechas del desempleo y del producto por ser calificadas como variables supuestamente endógenas. Al contrario, al realizar la regresión por variables instrumentales, los instrumentos son válidos bajo el supuesto de que los determinantes no observables de la inflación en t no eran predecibles con la información en $t - 1$ o $t - 2$. Luego, estos valores rezagados de las variables endógenas no están correlacionados con los errores de la ecuación y, por tanto, son instrumentos válidos. En cuanto a los modelos de equilibrio general, los coeficientes se han estimado mediante log máxima verosimilitud y aplicativo Stata 16, siguiendo el algoritmo de optimización de Broyden, Fletcher, Goldfarb y Shanno (BFGS).

5. METODOLOGÍA

El presente trabajo vincula con el modelo elaborado en sección 2, emulando la versión específica presentado en el siguiente modelo (Blanchard, Cerutti, y Summers, 2015):

$$\pi_t = \theta(u_t - u_t^*) + \lambda\pi_t^e + \mu\pi_{mt} + \varepsilon_t \quad (7)$$

En donde π_t es la inflación actual; θ es el parámetro que mide la inclinación de la curva de Phillips; u_t es el desempleo en el momento t ; u_t^* es la tasa de desempleo natural o NAIRU; π_t^e son las expectativas de inflación calculadas tomando un promedio de los 4 períodos anteriores; π_{mt} es la inflación de importación; λ y μ son parámetros, y ε_t es el error.

En segundo lugar, se puede decir que la regresión implementada aquí por MCO posee la siguiente estructura básica de fondo:

$$\pi_t = \alpha + \theta(u_t - u_t^*) + \lambda\pi_t^e + \gamma mp_t + \varepsilon_t \quad (8)$$

En donde, respecto al modelo anterior, α es la constante, mp_t es el precio de las materias primas y γ es el coeficiente asociado con las mismas. Para mayor

claridad, se vuelve a escribir el modelo estimado mediante MCO con el nombre de las variables que aparecen en la regresión:

$$Inf_t = c + Filtro_t + Infexp_t + Dmp_t + Dq + \varepsilon_t \quad (9)$$

En donde Dq son variables dicotómicas estacionales menos una para evitar perfecta colinealidad.

La segunda regresión MCO se parece a la primera, pero, en lugar de considerar el componente cíclico del desempleo, se lo sustituye por el componente cíclico del crecimiento del producto (brecha):

$$Inf_t = c + Brecha_t + Infexp_t + Dmp_t + Dq + \varepsilon_t \quad (10)$$

Después, se repite el mismo análisis mediante variables instrumentales, implementando la técnica de mínimos cuadrados en dos etapas (MC2E). En este caso, las variables independientes exógenas están representadas por las materias primas (en primera diferencia) y por las variables dicotómicas estacionales. Las variables endógenas están constituidas respectivamente por las brechas del producto y del desempleo y las expectativas de inflación futura; los instrumentos escogidos, como ya se mencionó anteriormente, fueron los primeros dos rezagos de estas variables endógenas.

La última parte involucra tres modelos DSGE neokeynesianos, en donde el primero de estos lleva las siguientes ecuaciones:

$$\begin{aligned} \pi_t &= \beta E_t \pi_{t+1} + (1 - \beta) \pi_{t-1} + k y_t + \lambda m p_t + \varepsilon_t \\ y_t &= \alpha E_t y_{t+1} + (1 - \alpha) y_{t-1} - \gamma r_{t-1} + \chi g_t + \eta_t \end{aligned} \quad (11)$$

Entonces π_t representa como siempre la inflación; y_t es la brecha del producto; $m p_t$ son las materias primas; ε_t es un proceso estocástico que capta todos los otros factores que afectan la inflación. Por lo que se refiere a la segunda ecuación, r_t es la tasa de interés real; g_t representa el gasto público, y η_t es la innovación constituida por los demás determinantes del producto no observados de manera explícita entre los regresores.

Se debe explicar que la tasa de interés, el gasto público y los *shocks* representan procesos AR(1) y que la variable materias primas es exógena. La primera ecuación representa la curva de Phillips, mientras que la segunda es una expresión de Euler modificada y merece un poco más de atención, puesto que es presentada aquí por primera vez. Entonces esta última ecuación refleja la curva IS inherente al equilibrio que se obtiene en el mercado de bienes y considera principalmente el *output gap*, el cual tiene un factor de inercia representado por su propio rezago y también un factor de expectativas racionales determinado por $E_t y_{t+1}$. A su vez, el signo negativo asociado con la tasa de interés indica que es inversamente proporcional con respecto a la variable dependiente, puesto que un aumento del costo del capital

afecta contractivamente la economía. Al contrario, g_t es positivo, dado que el gasto público tiene un efecto multiplicador.

El segundo modelo DSGE es igual al primero, en donde se sustituye la variable brecha del producto por la brecha no petrolera; ello es debido a que Elosegui y Grosman (2016) afirman que la relación neokeynesiana para Ecuador se cumple considerando únicamente esta última variable, puesto que los *shocks* macroeconómicos son absorbidos de manera directa por la demanda agregada no petrolera, modelando así una curva IS que solo considera dicha brecha. En fin, el tercer modelo añade respecto al segundo como regresores adicionales exógenos las remesas, los términos de intercambio y la brecha petrolera en la segunda ecuación.

6. ESTIMACIONES

6.1. Modelos uniecuacionales

Para poder emprender cualquier tipo de análisis, se debe efectuar una prueba de raíz unitaria. En este caso, se aplicó la prueba de Dickey-Fuller aumentada ADF. Considerando los resultados de la tabla 3, se procedió a diferenciar la variable «materias primas», pues resultó no estacionaria en nivel, aunque sí en su primera diferencia, y esta registró un p-valor aproximado a 0 y no presentó una tendencia determinística significativa.

Tabla 3.
Prueba de raíz unitaria

Variable	Niveles		Primeras diferencias	
	Estadístico t	Valor p	Estadístico t	Valor p
INF	-4.90	0.00		
FILTRO	-3.43	0.01		
BRECHA	-5.10	0.00		
INFEXP ^a	-3.66	0.00		
MP ^b	-1.88	0.66	-4.80	0.00

Nota: prueba ADF con constante y variables estacionales para todas las variables menos $Infexp_t$ y mp_t . Se ha implementado el criterio bayesiano para la selección del número óptimo de rezagos.

^a Prueba ADF realizada con constante sin variables estacionales, puesto que se promedian los 4 valores trimestrales dentro de un año.

^b Prueba realizada con constante, tendencia lineal y variables estacionales.

Parece importante ahora mostrar la tabla de correlaciones entre variables para tener un indicio que confirme la teoría económica; debería existir una relación lineal positiva entre la inflación y brecha, mientras que la inflación y el desempleo supuestamente son inversamente proporcionales; por tanto, es lógico esperar una relación

negativa entre desempleo y producto. Al mismo tiempo se espera *a priori* una relación positiva entre inflación, crecimiento de la producción y materias primas. Se observa una correlación negativa entre la variable *Inf* y *FILTRO* (-0.32) y también entre brecha y filtro (-0.30). Cabe señalar, además, la casi ausencia de correlación entre *Inf* y *BRECHA*.

Tabla 4.
Matriz de correlaciones

	INF	FILTRO	BRECHA	DMP	INFEXP
INF	1.000				
FILTRO	-0.319	1.000			
BRECHA	0.014	-0.295	1.000		
DMP	0.268	0.027	0.176	1.000	
INFEXP	0.241	-0.184	-0.122	-0.183	1.000

Elaboración: autor

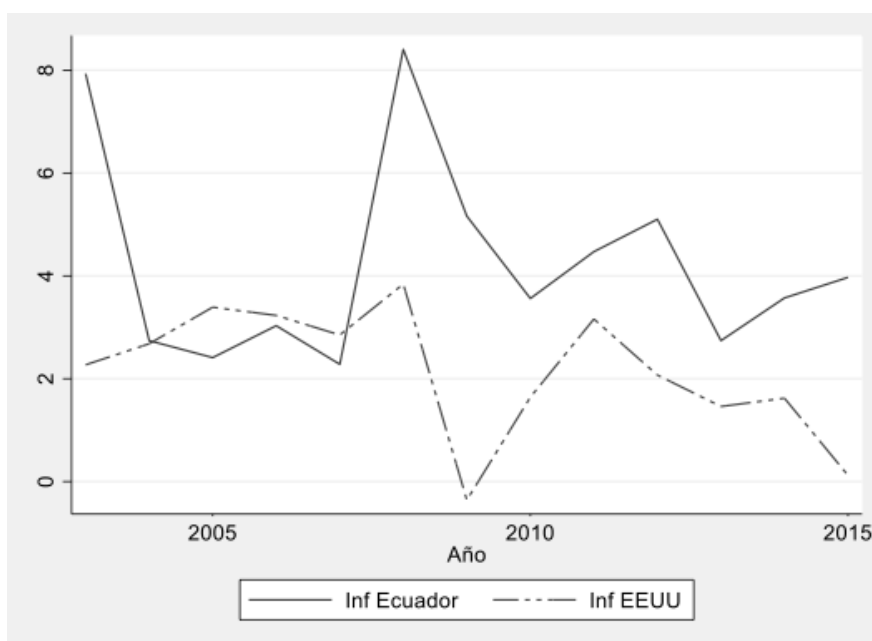
Se procedió a realizar las estimaciones. La tabla 5 entrega los resultados de los cuatro modelos, primero de los dos MCO y después de los otros dos estimados mediante variables instrumentales, alternando respectivamente el componente cíclico del desempleo y del producto. Conforme el primer modelo, se observa que el componente cíclico del desempleo (*FILTRO*) tiene un coeficiente negativo y significativo al 99%, lo que quiere decir que en promedio la baja de un punto de esta variable determinaría una subida en la inflación superior a 1.35 %. Este resultado tan importante explicaría por qué, por ejemplo, durante el periodo de expansión del gasto que se dio bajo el mandato del presidente Correa a partir del año 2007, en donde se registró un aumento de empleo particularmente relevante en el sector público, la inflación en Ecuador ha sido superior respecto a la inflación de EE. UU. El gráfico 10 muestra que casi siempre la línea correspondiente a la inflación ecuatoriana está por arriba de la inflación estadounidense y que la mayor distinción entre las dos líneas ocurre en plena crisis financiera (años 2008 y 2009), cuando el país sudamericano no experimentaba deflación y sufría repercusiones negativas mucho menores, ello a pesar de que la política monetaria estadounidense se centró en la baja de tasas de interés para evitar una contracción excesiva de su producto, lo que seguramente provocó cambios en la inflación norteamericana Otro factor responsable de este fenómeno está representado por las distintas instituciones laborales existentes en los dos países, así por ejemplo se puede afirmar que las leyes estadounidenses garantizan una mayor flexibilidad laboral (Peneva y Rudd, 2017).

Tabla 5.
Regresiones MCO y MCO2E

	MCO (1)	MCO (2)	2SLS (3)	2SLS (4)
FILTRO	-1.37 *** (-3.08)		-2.68 * (-1.95)	
BRECHA		0.04 (0.41)		0.01 (0.03)
INFEXP	0.32 (1.37)	0.46 * (1.74)	-0.44 (-0.73)	1.08* (1.67)
DMP	0.08 * (1.95)	0.09 * (1.72)	0.08 ** (2.59)	0.02 (0.59)
R cuadrado	0.55	0.43		

Nota: las regresiones 1 y 2 se estimaron usando errores robustos a heterocedasticidad y se consideran los estadísticos t entre paréntesis. Las regresiones 3 y 4 llevan errores estándares HAC y consideran los estadísticos z entre paréntesis. No se presentaron los resultados de las variables estacionales ni de la constante por razones de claridad, pero resultan en casi todos los casos significativos con un nivel de confianza del 99 %. Valores p *, **, *** significativos respectivamente con un nivel de confianza del 90, 95 y 99 %.

Gráfico 10.
Inflación de Ecuador vs. EE. UU.



Fuente: elaborado por el autor, datos Banco Federal de San Louis (FRED)

Nota: datos expresados en porcentaje anuales no ajustados por estacionalidad tomados con base en los precios al consumidor.

Al mismo tiempo, el modelo 2 MCO, en el que la variable de análisis es el componente cíclico del crecimiento del producto, carece de coeficientes significativos, con lo cual no se cumple en este caso la teoría de la curva de Phillips. Una posible

explicación de ello es que los salarios y el desempleo se relacionan con la dinámica de los precios no transables y tienen al mismo tiempo una relación más fuerte y significativa con la inflación respecto al producto. Este a su vez puede que esté más bien relacionado con los precios mayoristas o con los precios de los bienes transables.

Si se toma en cuenta la tercera columna de la tabla 5, se observa que, al estimar con mínimos cuadrados en dos etapas, el coeficiente asociado al desempleo se vuelve mucho más grande en términos absolutos, pero el nivel de confianza se redujo al 90 % y ya no al 95 %, como antes. Para este caso específico, la variable de control «materias primas» (en primera diferencia) resulta importante estadísticamente. En fin, al revisar la última columna el modelo 4 no añade nada al análisis.

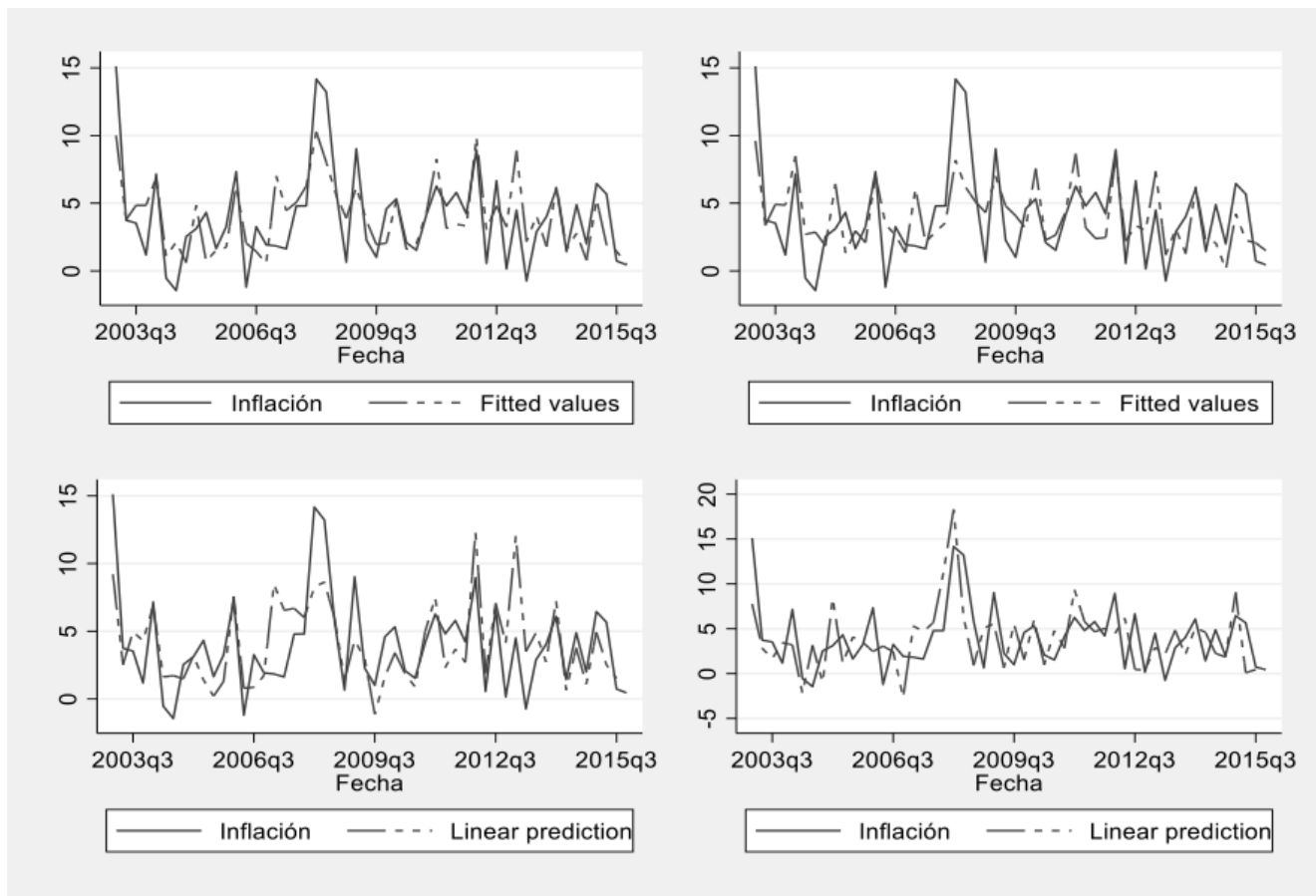
Puede resultar interesante comparar el nivel predictivo dentro de la muestra de cada uno de los cuatro modelos estimados (v. gráfico 11): se observa cómo el primero de ellos (imagen arriba a la izquierda), que utiliza la brecha del desempleo y se estima mediante MCO tiene mayor poder predictivo. Sin embargo, si se considera únicamente el periodo a partir del año 2007, entonces el cuarto modelo (imagen de abajo a la derecha) que hace referencia al uso de variables instrumentales y mínimos cuadrados en dos etapas para la brecha del producto probablemente tiene los mejores resultados.

Con base a lo analizado en el párrafo anterior, parece oportuno aplicar algunas pruebas de robustez para el caso del modelo 1, potencialmente el único en confirmar una curva de Phillips estimada mediante la brecha del desempleo. Se puede empezar verificando el supuesto de linealidad de los parámetros; la prueba informal consiste en mirar los gráficos de la variable dependiente contra cada una de las variables explicativas. El análisis no indica una no linealidad de los parámetros, es decir, no se requeriría la incorporación de términos al cuadrado y al cubo. Para mayor seguridad, se aplicó el método *formal reset* de Ramsey, en el que la hipótesis nula consiste en que no hay variables omitidas y el estadístico $F(3,42)$ lleva un valor p igual a 0.08, por lo que el modelo no se rechaza al nivel de confianza establecido, es decir al 95 %.

El segundo supuesto se vincula con la ausencia de una perfecta colinealidad entre regresores. Para comprenderlo, se puede volver a mirar los resultados de la tabla 4 y ratificar la carencia de altas correlaciones entre variables, es decir que, en ningún caso, se supera el valor de 0.7 en términos absolutos. Además, al considerar los factores inflacionarios de la varianza, el valor más alto resulta de 1.65, muy lejano al umbral de 10, por lo que hasta el momento la estimación resulta robusta.

El tercer supuesto prevé una media condicional igual a cero, por lo que fundamentalmente se busca que los predictores sean exógenos; en este caso particular, se quiere verificar que la variable cumpla este importante requisito. Entonces, se considera la prueba de Durbin y Wu-Hausman ponderada por errores estándares HAC, aplicada a la tercera regresión estimada con variables instrumentales. Se obtiene en este caso un p -valor de 0.12, por lo que no hay suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula, lo que indica que la variable es probablemente exógena.

Gráfico 11.
Predicción dentro de la muestra

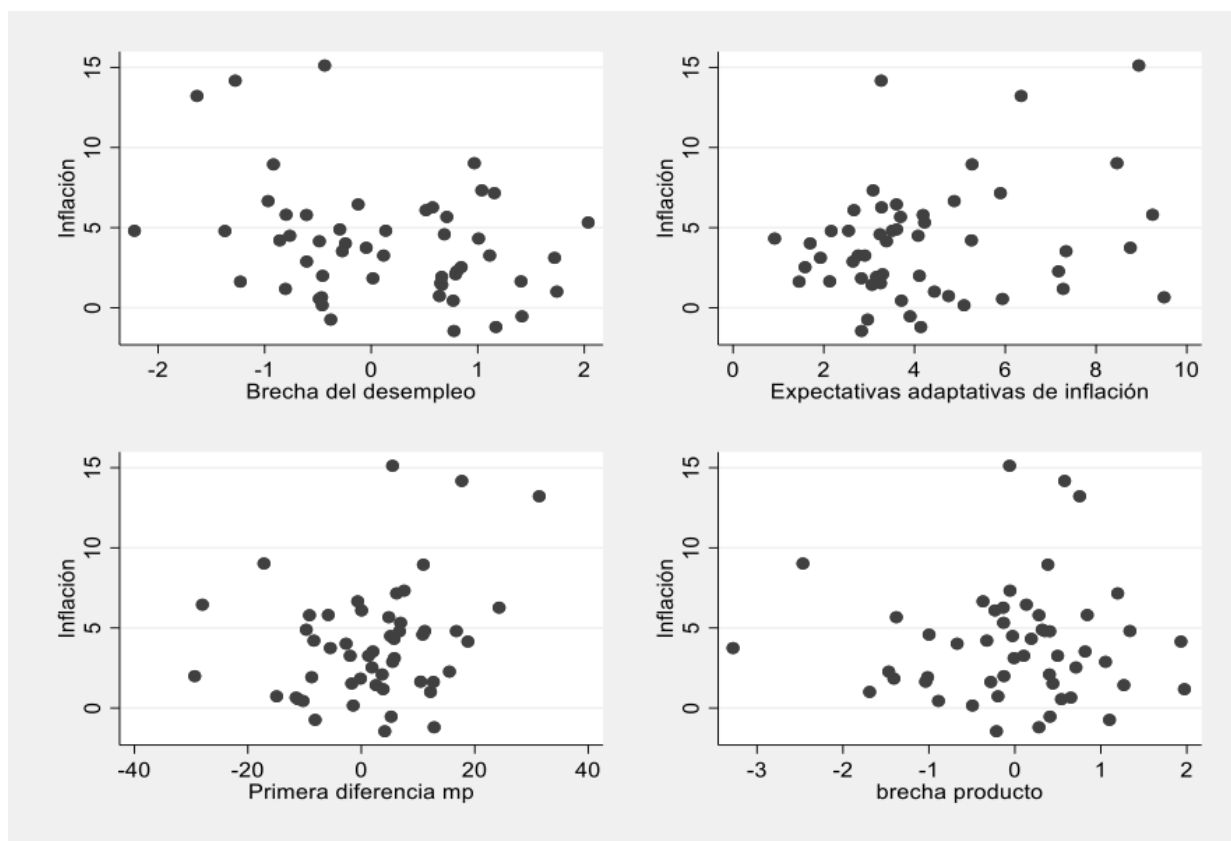


Nota: imagen arriba a la izquierda, modelo MCO1; imagen arriba a la derecha, modelo mco2; imagen abajo a la izquierda, 2SLS(3); imagen abajo a la derecha, 2SLS(4).

El cuarto supuesto para la validación de la estimación con el método MCO es el de homocedasticidad. Lamentablemente, como se pudo leer en la nota de la tabla 5, las primeras dos regresiones no satisfacen este supuesto. De hecho, la prueba de Breusch-Pagan, al aplicar el estadístico Chi-cuadrado, le otorga a la primera de estas un p-valor de 0.01, por lo que existen pocas dudas sobre la presencia de heterocedasticidad en los residuos. Para resolver este problema, los modelos 1 y 2 han sido estimados con errores robustos, por lo que las inferencias asociadas deberían ser confiables.

El quinto supuesto, que resulta particularmente importante en el momento de implementar datos de series de tiempo, es la ausencia de autocorrelación. Para ello, la prueba de Breusch-Godfrey aplicada a 4 rezagos conforme el estadístico Chi-cuadrado lleva un p-valor de 0.55, así que no hay suficiente evidencia como para rechazar la hipótesis nula.

Gráfico 12.
Variable dependiente contra predictores



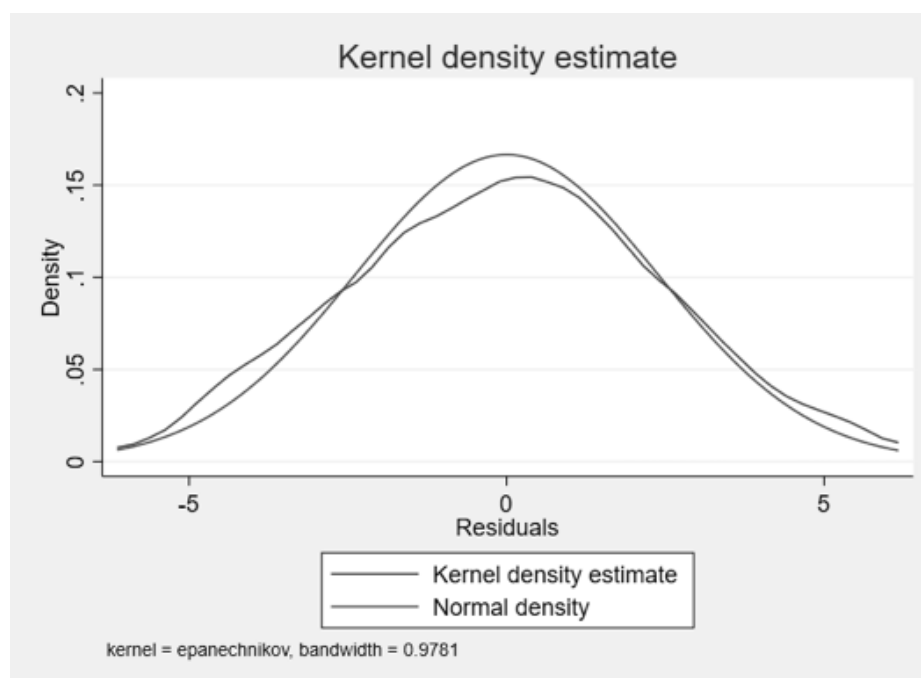
Nota: imagen arriba a la izquierda muestra la inflación vs. filtro. Arriba a la derecha se visualiza la inflación vs. las expectativas de inflación. Abajo a la derecha se contrasta la inflación y brecha. Abajo a la izquierda se compara la inflación y la primera diferencia de las materias primas.

Debido a que la muestra es finita y no asintótica, se debe verificar que los residuos se distribuyan normalmente, con la finalidad de ser consistentes con los estimadores y que puedan resultar confiables las pruebas t y F . La prueba de Jarque-Bera arrojó un valor p de 0.97; y para mayor robustez de los resultados, se ha decidido aplicar también el test de Shapiro-Wilk, que arrojó un valor p de 0.92, o sea existe probabilidad suficiente como para aceptar la hipótesis nula de normalidad. El gráfico 13 exhibe la densidad de Kernel estimada en comparación con la normal estándar; se puede en este caso notar una buena aproximación y cercanía entre las dos líneas trazadas.

Si bien el análisis desarrollado hasta el momento parece demostrar una solidez en los resultados encontrados, se puede obtener aún más robustez, para ello se verifica la estabilidad de los parámetros estimados. En primer lugar, se conoce que las variables insertadas son estacionarias, pero, como pueden existir quiebres estructurales, primero se muestra una gráfica de ventanas rodantes, luego se ejecuta la prueba para

puntos de quiebre desconocido, dejando como de costumbre un margen de recorte del 15 % al principio y al final de la muestra.

Gráfico 13.
Distribución de los residuos

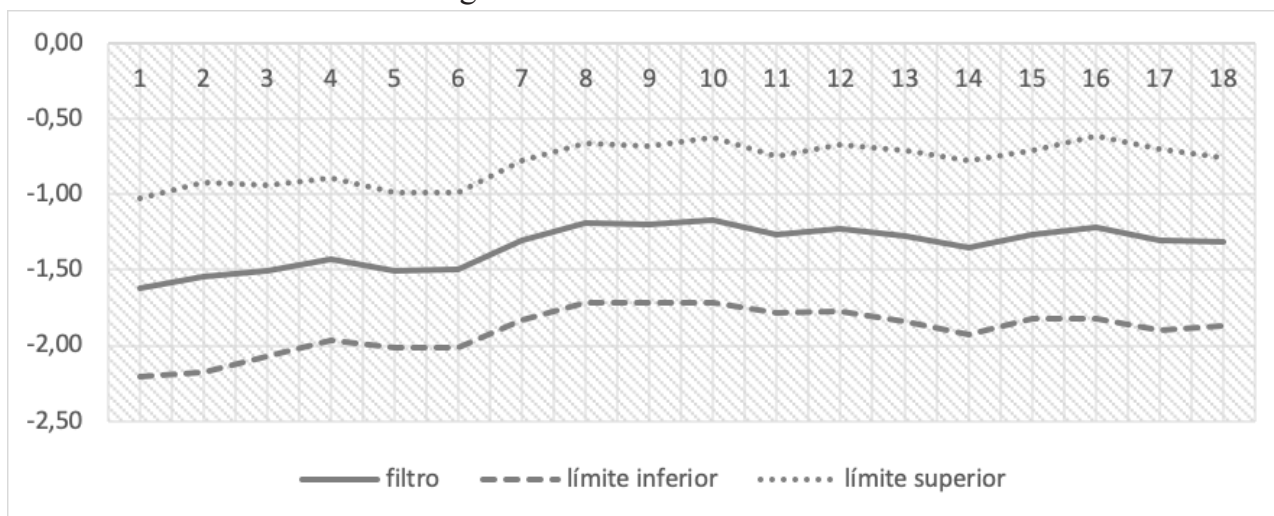


Elaboración: autor

En el gráfico 14, se manifiesta una estabilidad bastante marcada y una muy pequeña tendencia al alza si se aprecia todo el periodo, y el test Swald arroja un valor p de 0.96, por lo que es muy razonable pensar que no existe quiebres estructurales en el periodo analizado. En general, se observa en el gráfico 15 una completa estabilidad de los residuos recursivos, la línea permanece todo el tiempo dentro de las bandas de significancia del 5 %.

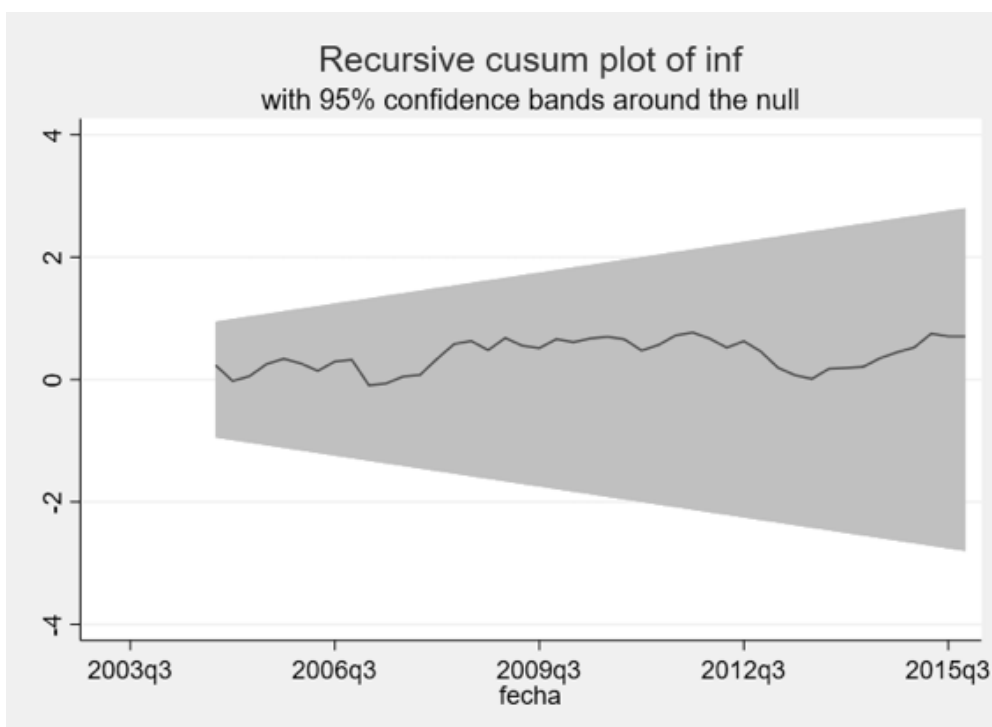
Resumiendo los hallazgos encontrados hasta el momento, se puede confirmar la validez de la primera regresión, en la que figuraba el componente cíclico del desempleo, que a su vez detenta una curva de Phillips bastante pronunciada.

Gráfico 14.
Regresión de ventanas rodantes



Nota: los valores que aparecen en la parte superior representan las ventanas rodantes, cada una de estas tiene 35 observaciones.

Gráfico 15.
Función Cusum



Elaboración: autor

6.2. Modelos multiecuacionales DSGE neokeynesianos

Observando los resultados de la tabla 6 se observa cómo las expectativas de inflación con un adelanto presentan un coeficiente grande y positivo; al contrario, su primer rezago resulta negativo. Los resultados son un poco distintos respecto a los encontrados por Elosegui y Grosman (2016), quienes evidenciaron expectativas racionales de inflación positiva, pero inferiores a la unidad, mientras que las expectativas adaptativas llevaban un signo distinto. Los estudios de Kappa, en cambio, ostentan un valor nunca estadísticamente distinto de 0, indicando la ausencia de una curva de Phillips implementando la brecha del producto; aquí los autores argentinos encontraron un coeficiente levemente mayor aplicado a la variable del *output gap* rezagada un periodo, un valor cercano a 0.09. Por lo que se refiere a las materias primas, las remesas y la brecha petrolera, estas variables presentan coeficientes inesperados *a priori*, es decir que tienen valores negativos estadísticamente significativos al nivel de confianza del 95 %. Por otro lado, la tasa de interés presenta resultados prácticamente iguales a 0, tal vez ello no sea de sorprender en una economía dolarizada priva de política monetaria, y también los términos de intercambio no son importantes en el presente estudio. Al contrario, en el modelo 3, el gasto público de acuerdo a la teoría neokeynesiana parece tener un efecto positivo sobre la brecha no petrolera. Para terminar, se desea evidenciar también los amplios valores de los coeficientes de expectativa futura de las brechas.

Tabla 6.
Estimaciones DSGE

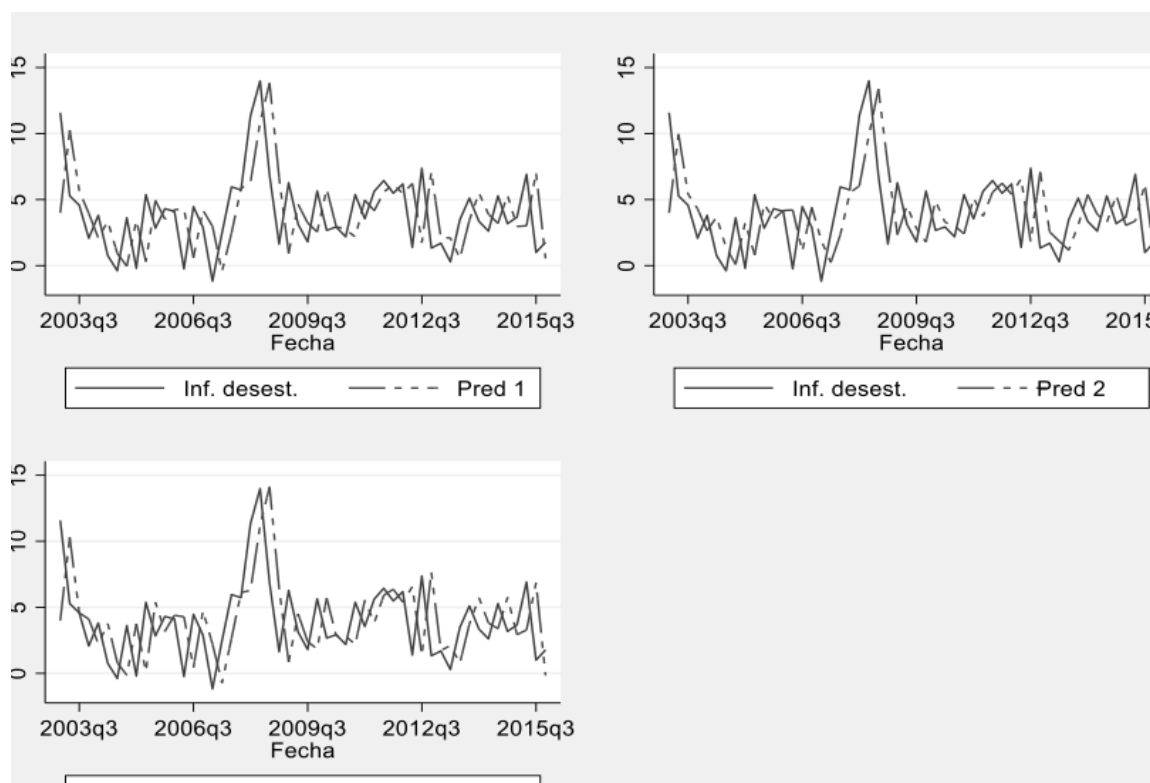
VARIABLE	ECUACIÓN	DSGE 1	DSGE 2	DSGE 3
Inflación (+1)	Curva de Phillips	1.09 *** (11.60)	1.17 *** (11.07)	1
Inflación (-1)	Curva de Phillips	-0.09 *** (11.60)	-0.17 *** (11.07)	0
Brecha del producto	Curva de Phillips	0.07 (1.55)	-0.12 * (-1.89)	-0.04 (-1.25)
Materias primas	Curva de Phillips	-0.03 ** (-2.04)	-0.04 ** (-2.09)	-0.03 ** (-2.06)
Brecha del producto (+1)	Curva IS	0.78 *** (5.47)	1.03 *** (5.29)	1.44 *** (6.23)
Brecha del producto (-1)	Curva IS	0.22 *** (5.47)	-0.03 *** (5.29)	-0.44 *** (6.23)
Tasa de interés (-1)	Curva IS	0.00 (-0.77)	0.02 (1.12)	0.00 (0.61)
Gasto público	Curva IS	0.01 (0.48)	0.05 (1.52)	0.09 ** (1.97)

VARIABLE	ECUACIÓN	DSGE 1	DSGE 2	DSGE 3
Remesas	Curva IS			-0.23 ** (-2.07)
Brecha petrolera	Curva IS			0.09 *** (-2.71)
Términos de intercambio	Curva IS			-0.10

Nota: variable dependiente inflación para la curva de Phillips, brecha del producto total (modelo 1) y brecha del producto no petrolero (modelos 2 y 3) para la curva IS. Valores z entre paréntesis. En el modelo DSGE 3, se ha restringido el parámetro beta para que sea igual a 1. Entonces, bajo esta especificación, se cuenta únicamente con expectativas racionales para la inflación. La restricción queda justificada, puesto que en los dos modelos anteriores el valor de 1 está dentro del intervalo de confianza del 95 %. Valores p *, **, *** significativos respectivamente con un nivel de confianza del 90, 95 y 99 %.

Ahora, antes de pasar a la siguiente sección, se desea mostrar también la capacidad predictiva dentro de la muestra de los tres modelos analizados (v. gráfico 16). Aquí la técnica implementada es la de predicción un paso adelante (*one step ahead*), en donde se implementa un filtro de Kalman. Entonces, respecto a las regresiones uniecuacionales, aquí las predicciones parecen estar más cercanas a los valores observados.

Gráfico 16.
Predicción dentro de la muestra de los modelos DSGE



Elaboración: autor

7. CONCLUSIONES

Una cuestión importante para los responsables de la política macroeconómica es la existencia y la magnitud de la disyuntiva entre inflación y actividad económica. La Curva de Phillips es el fenómeno que captura esta compensación y su estimación es pertinente para comprender los costos macroeconómicos de la implementación de políticas económicas. Este trabajo intentó demostrar la existencia y entender la naturaleza de una curva de Phillips para Ecuador en el período de la dolarización. La muestra fue corregida debido a un claro quiebre estructural manifiesto en los primeros años de ajuste económico después de la crisis ocurrida en 1999. Por lo tanto, el análisis se centró en un horizonte temporal que va desde el primer trimestre del 2003 hasta el cuarto trimestre de 2015. Los principales resultados encontrados validan esta teoría cuando se usa el desempleo como variable explicativa de interés, pero ello no acontece al utilizar la variable del producto.

De acuerdo con el modelo más robusto, si el desempleo se reduce en un punto porcentual, se espera que en promedio la inflación aumente en más de 1.35 %. Entonces, las políticas fiscales expansivas que quieran estimular el empleo en periodos recesivos pueden ser útiles para evitar un problema asociado con la deflación, un fenómeno visto en Ecuador en años recientes. Por lo que se refiere a los resultados de las regresiones implementadas usando variables instrumentales y mínimos cuadrados en dos etapas, las variables de análisis no resultan significativas. Sin embargo, el componente cíclico del desempleo sigue siendo importante al nivel de confianza del 90 %. En este caso, la curva de Phillips se vuelve mucho más pendiente, puesto que el coeficiente asociado se vuelve mayor en términos absolutos, es decir, más negativo. Otros hallazgos están relacionados con los principales resultados de los tres distintos modelos DSGE: aquí los coeficientes asociados a la brecha del producto una vez más no exhiben una significancia estadística, indicando la ausencia de una curva de Phillips; sin embargo, en este punto, las expectativas racionales resultan importantes para explicar la inflación.

Como recomendación, en posteriores estudios, podría ser conveniente efectuar un modelo de equilibrio general para Ecuador que se derive del ciclo económico real y que tome en cuenta el mercado laboral, en particular las funciones de demanda y oferta.

BIBLIOGRAFÍA

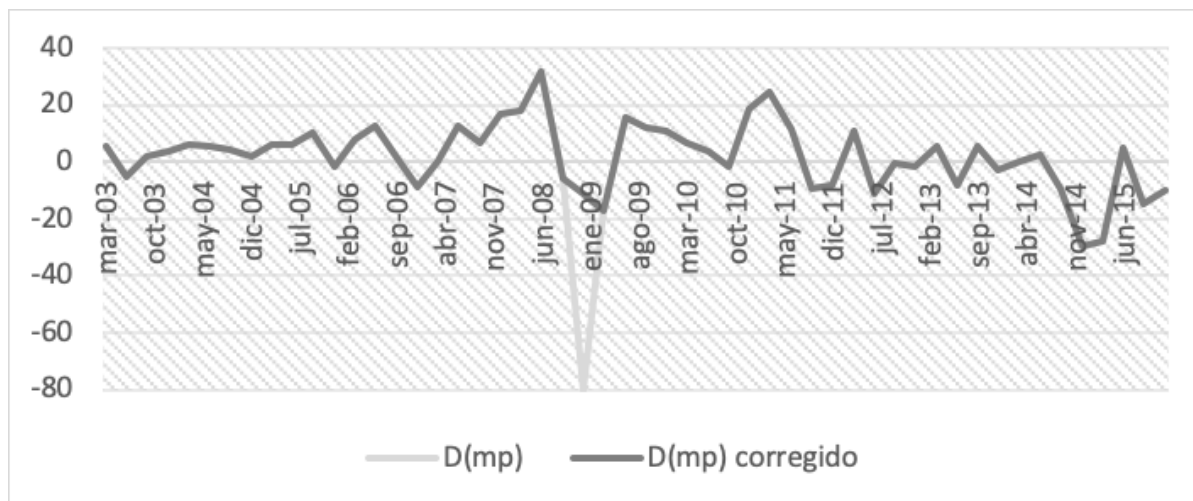
- Alexander, Y., & Montalvo, J. (16 de mayo de 2017). Inflación en dolarización en Ecuador: un análisis empírico. *Tesis de licenciatura*. Quito, Ecuador.
- Andes. (2013). *La mayor parte de importaciones del Ecuador son materias primas y maquinarias*. Quito: Agencia Pública de Noticias del Ecuador y Suramérica.
- Banco Central del Ecuador. (2017). *Metodología de la información estadística* (cuarta ed.). Quito: Editogran-Medios Públicos.
- Barnett, A., & Ellison, M. (2005). *Practical DSGE Modelling*. Bank of England.
- Blanchard, O. (2016). The Phillips Curve: Back to the '60? *American Economic Review*, 106(5), 31-34.
- Blanchard, O. (2017). *Macroeconomía*. Madrid: Pearson.
- Blanchard, O., Cerutti, E., & Summers, L. (2015). Inflation and activity—two explorations and their monetary policy implications. *IMF Working Paper*, 1-27.
- Campoverde, A., Ortiz, C., & Sánchez, V. (2016). Relación entre la inflación y el desempleo: una aplicación de la curva de Phillips para Ecuador, Latinoamérica y el Mundo. *Revista Económica*, 20-32.
- Chacón, J. L. (2012). El ayer y hoy de la curva de Phillips. *eXtoikos*, 55-63.
- Chelala, S. (2014). Una curva de Phillips con doble pass through. Estimación para el caso argentino. *Ensayos de economía*, 23(44), 101-116.
- Chow, G. C. (2011). *Usefulness of adaptive and rational expectations in economics*. Princeton University: Center for Economic Policy Studies.
- Criollo Nole, W. M. (Julio de 2013). Determinantes de la inflación en la economía ecuatoriana un enfoque neokeynesiano: 1970-2011. *Tesis de licenciatura en economía*. Loja, Ecuador.
- D'Amato, L., & Garegnani, M. L. (2009). La dinámica de corto plazo de la inflación: estimando una curva de Phillips híbrida neokeynesiana para Argentina (1993-2007). *Ensayos Económicos*, 55, 33-56.
- Elosegui, P., & Grosman, N. (2016). Structural economic model for Ecuador: a dollar-ized and oil-ized economy. *Económica*, 23-53.
- Flores, L., & Stephany, K. (28 de agosto de 2014). Curva de Phillips: variaciones en tasas de inflación y desempleo en el Ecuador, periodo 2008-2013. *Tesis de licenciatura en economía*. Guayaquil, Ecuador.
- Gordon, R. (2011). The History of the Phillips Curve: Consensus and Bifurcation. *Economica*, 10-50.
- Granger, C., & Jeon, Y. (2011). The Evolution of the Phillips Curve: A Modern Time Series Viewpoint. *Economica*, 51-66.
- Gualotuña, G., & Alberto, S. (2015). La curva de Phillips para el caso ecuatoriano, período 2000-2011. *Tesis de licenciatura*. Quito, Ecuador.
- Hossain, S., & Mitra, R. (2017). The determinants of price inflation in the United States: a multivariate dynamic cointegration and causal analysis. *The Journal of Developing Areas*, 51(1), 153-175.
- Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2017). *Nueva metodología del índice de precios al consumidor (IPC) del Ecuador (base anual: 2014=100) Hacia un IPC macroeconómico*. Cepal.
- Larrea Maldonado, C. (2004). *Pobreza, Dolarización y crisis en el Ecuador*. Quito: Abya-Yala.
- Larrea, A. M. (5 de mayo de 2014). La mujer ecuatoriana mejora sus condiciones laborales. *El Telégrafo*.

- Machado, T., & Humberto, J. (2015). La tasa natural de desempleo en Colombia 2003-2010. *Revista Entramado*, 11(1), 12-30.
- Mavroeidis, S., Plagborg-Moller, M., & Stock, J. H. (2014). Empirical evidence on inflation expectations in the new keynesian Phillips curve. *Journal of Economic Literature*, 52(1), 88-124.
- Mustafa, M., & Rahman, M. (2017). Empirics of the traditional U.S. Phillips Curve: evidence from 1930-2016. *Journal of Business Strategies*, 34(2), 97-110.
- Páez Pérez, P. (2004). Liberalización financiera, crisis y destrucción de la moneda nacional en Ecuador. *Cuestiones Económicas*, 5-71.
- Peneva, E., & Rudd, J. (2017). The Passthrough of Labor Costs to Price Inflation. *Journal of Money, Credit and Banking*, 49(8), 1777-1802
- Pincheira Brown, P., & Rubio Hurtado, H. (2015). El escaso poder predictivo de simples curvas de Phillips en Chile. *Revista de la CEPAL*(116), 177-202.
- Portal Boza, M., Feitó Madrigal, D., & Valdés Paserón, S. (2015). La curva de Phillips para la economía cubana. Un análisis empírico. *Estudios Regionales en Economía, Población y Desarrollo*. (27), 3-18.
- Qin, D. (2011). The Phillips Curve from the perspective of the history of econometrics. *History of Political Economy*, 43, 283-308.
- Quiroz, G., & Vásquez, L. (12 de abril de 2016). Para jóvenes de 15 a 24 años es más difícil encontrar un empleo en Ecuador. *El Comercio*.
- Roberts, P. C. (2017). Phillips Curve, R.I.P. *International Economy*, 31(4), 36-64.
- Rusticelli, E., Turner, D., & Cavalleri, M. C. (2015). Incorporating anchored inflation expectations in the Phillips curve and in the derivation of OECD measures of the unemployment gap. *OECD Journal: Economic Studies*, 2015(1), 299-331.
- Sistema Integrado de Indicadores Sociales del Ecuador-SIISE. (2006). *Desempleo en el Ecuador*. Quito: Unidad de información y análisis.
- Stock, J. H., & Watson, M. W. (1999). Forecasting inflation. *Journal of Monetary Economics*, 44(2), 293-335.
- Stock, J. H., & Watson, M. M. (2012). *Introducción a la econometría* (tercera ed.). Madrid: Pearson.
- Syverson, C. (2019). Macroeconomics and Market Power: Context, Implications, and Open Questions. *Journal of Economic Perspectives*, 33(3), 23-43
- Varela, M. (2017). El principio de demanda efectiva y el mercado de trabajo: enfoque teórico del modelo Kaleckiano de dos bienes para el Ecuador. *Cuestiones Económica*, 27(1), 115-154.

ANEXOS

Gráfico 17.

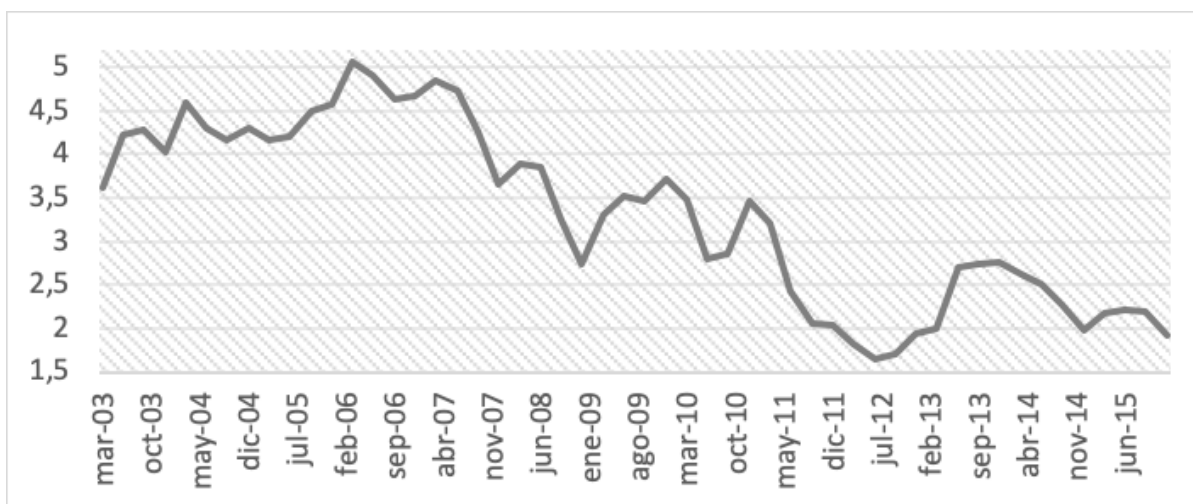
Comparación antes y después del ajuste al valor atípico para la variable D(mp)



Elaboración: autor

Gráfico 18.

Tasa de rendimiento de los bonos estadounidenses con vencimiento a 10 años



Elaboración: autor



ANÁLISIS MICROECONOMÉTRICO EN LA PEDAGOGÍA: UN EXPERIMENTO DE EVALUACIÓN DE IMPACTO DE LA GAMIFICACIÓN EN LAS AULAS UNIVERSITARIAS

*Alfredo Verdezoto y Luis Panchi**

Información

Recibido:

24 de marzo de 2021

Aceptado:

2 de junio de 2021

Palabras clave:

Evaluación de impacto

Gamificación

Aulas universitarias

Videojuego

Microeconomía

Ethikós

Clasificación JEL:

E41, E5, E58, C53

DOI:

[https://doi.org/10.47550/
RCE/31.1.5](https://doi.org/10.47550/RCE/31.1.5)

Resumen

Las nuevas tecnologías de la información impactan también a los procesos de enseñanza-aprendizaje. El presente estudio analiza desde la óptica microeconómica la aplicación de la gamificación en el aula universitaria a través del videojuego digital Ethikós, desarrollado por la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, y cómo este impacta en el rendimiento académico de los estudiantes.

Entre octubre y diciembre del 2020, se aplicó el experimento a 294 estudiantes universitarios de la PUCE dentro de los cursos obligatorios de ética. Se los dividió en dos grupos: población de tratados (quienes hacen el juego) y no tratados (quienes reciben una clase tradicional de repaso como placebo). El análisis se realizó en dos momentos, antes y después del juego, empleando el método de diferencias en diferencias con clústeres estandarizados. Se observó que el grupo de tratados mejoró su rendimiento académico en 36% en relación con la población de control tras la aplicación del videojuego.

*Banco Central del Ecuador. Los comentarios emitidos en el documento son criterios propios de los autores y no reflejan necesariamente las de la institución. Correo electrónico: averdezoto@bce.com.

Copyright © 2021 Verdezoto et al. Los autores conservan los derechos de autor del artículo. El artículo se distribuye bajo la licencia Creative Commons Attribution 4.0 License.



A MICROECONOMETRIC ANALYSIS OF THE APPLICATION OF PEDAGOGICAL GAMES: AN EXPERIMENT TO EVALUATE THE IMPACT OF GAME APPLICATION IN UNIVERSITY CLASSROOMS

*Alfredo Verdezoto and Luis Panchi**

Article Info

Received:

24th March 2021

Accepted:

2nd June 2021

Keywords:

Impact evaluation
Gamification
University classroom
Game
Microeconometrics
Ethikós

JEL:

E41, E5, E58, C53

DOI:

<https://doi.org/10.47550/RCE/31.1.5>

Abstract

Information technology has had important impacts in many aspects of the world, including the way in which material is taught in the classroom. This research analyzes the application of the gamification in the university classroom through the digital video game Ethikós. This game was developed by the Pontifical University of Ecuador. The analysis focuses on how it impacts students, both in terms of knowledge and perception.

Between October and December 2020, the experiment was applied to 294 PUCE university students within the mandatory ethics courses. They were divided into two groups: treated population (those who played the game) and untreated (who received a traditional review class as placebo). The analysis was carried out in two moments, before and after the video game, using the method of differences in differences and using standard clusters derived from the difference between the final and initial interest in the subject of Ethics.

It was observed that the treated group improved their academic performance by 36% in relation to the control population after the application of the video game.

*Central Bank of Ecuador. The comments made in this document are the authors' own criteria and do not necessarily reflect the views of the institution. E-mail: averdezoto@bce.com.

Copyright © 2021 Verdezoto et al. Authors retain the copyright of this article. This article is published under the terms of the Creative Commons Attribution Licence 4.0.

1. INTRODUCCIÓN

Las nuevas tecnologías de la información impactan también a los procesos de enseñanza-aprendizaje. Existen metodologías que consideran aspectos lúdicos para motivar y mejorar el rendimiento de los estudiantes. El aprendizaje a través de juegos se ha ido actualizando de la mano de la tecnología: lo lúdico ha generado videojuegos especializados que son útiles para la educación, por ello se habla de gamificación en el aula.

La Pontificia Universidad Católica del Ecuador (PUCE) promovió proyectos de innovación educativa; dentro de ellos, como un proyecto de innovación educativa en el área de la materia de Ética, surgió el videojuego digital Ethikós. Todos los estudiantes de las diferentes carreras deben hacer, en algún momento de su formación de pregrado, de modo obligatorio, el curso de Ética, ofreciéndoseles la oportunidad de emplear el videojuego.

El videojuego se centra en los paradigmas ético-históricos más relevantes del curso: ética de Aristóteles, ética de Kant, ética utilitarista, ética discursiva y ética institucional. El juego se compone de cinco niveles correspondientes a cada paradigma ético-histórico, recoge retos o misiones que el jugador debe superar de la mano de una serie de instrucciones y carteles de enseñanza que aparecen a lo largo del juego. Al final, el resultado alcanzado se califica sobre un total de 15 estrellas, cada nivel otorga hasta 3 estrellas que reflejan el logro del objetivo y el conocimiento de la materia.

El ambiente está en tres dimensiones y diseñado para jugarse en un teléfono celular inteligente con sistema Android; sin embargo, el juego no está disponible para el sistema iOS. El videojuego Ethikós promueve el conocimiento de la ética como filosofía, así como también valores como el equilibrio, la buena voluntad, el bienestar de la mayoría y el cuidado de la naturaleza, todos valores necesarios para una ética social contemporánea.

El presente estudio busca demostrar, mediante técnicas econométricas, el impacto que este método de enseñanza-aprendizaje tiene en los estudiantes de pregrado. Para lo cual se aplicó aleatoriamente el juego a un grupo de estudiantes de la materia de Ética de la PUCE y se comparó su desempeño, tanto en rendimiento académico como en motivación, con un grupo de control conformado por estudiantes que no hicieron el juego. Los datos se recolectaron a través de encuestas *ex ante* y *ex post* del juego (v. anexos) y el instrumento utilizado para medir el impacto fue el método de diferencias en diferencias.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Gamificación y cuestión ética

Hay pocos videojuegos dedicados a generar competencias de aprendizaje dentro de las ciencias del conocimiento. Más raro aún es encontrar un juego aplicado a la materia de

Ética, aunque todos los videojuegos se involucran con la ética de un modo o de otro desde el punto de vista de la valoración que hace el jugador del juego, del entorno y de las pruebas a superar; de la valoración que hacen los demás de cada videojuego en particular, de sus personajes, misiones, jugadores e impacto en la vida social.

La afinidad entre gamificación y contenidos académicos y formativos también se expresa en varios estudios (Vergara et al., 2019; Asiri, 2019; Ortiz-Colón et al., 2018; Torres y Romero, 2018; Ponce, 2017). Disciplinas académicas como el marketing, ecología, pedagogía, informática, salud, política, economía, finanzas, física, literatura entre otras, no se quedan fuera del empleo de gamificación (Pelegrín-Borondo et al., 2020; Vergara, 2020; Lucero et al., 2019; Lizano y Pinela, 2018). Además, está la tendencia que se llama «juegos serios, donde lo que importa no es tanto la diversión cuanto la adquisición y aplicación de conocimientos (Baptista & Oliveira, 2019; Yen et al., 2019; Vergara y Mezquita, 2016).

Los estudios que enfocan de modo directo la relación ética o moral y videojuegos son más bien escasos y recogen el aspecto negativo atribuido a los videojuegos como el gasto de tiempo de los jóvenes, obesidad, machismo y violencia (Scharrer et al., 2018; APA, 2015), que provocarían un «pánico moral» (Callejo, 2016).

Existen estudios que enfocan el desarrollo de competencias éticas, por ejemplo, Fernández-Arias et al. (2020) afirman con evidencia empírica que, en general, la gamificación promueve competencias sociales en los estudiantes, tales como los valores morales (Hernández y Cano, 2016), el compromiso social (Hassan & Hamari, 2020; Buheji, 2019; Morschheuser et al., 2017), la participación social (Bakhanova et al., 2020), incluyendo el aprendizaje sobre migración y salud (Ruben-Moreno et al., 2019).

A nivel universitario, las competencias éticas y sociales pueden también ser desarrolladas a partir de gamificación (Zamora-Polo et al., 2019; Batistello y Pereira, 2019; Martínez, J., 2019; Ordóñez-Olmedo, 2017; Roncancio-Ortiz et al., 2017; Contreras Espinosa y Eguia, 2016). Sin duda, la gamificación a través de videojuegos en las aulas universitarias es una innovación educativa (Núñez-Barriopedro et al., 2020; Pareja, et al., 2019; Saraguro-Bravo et al., 2017; López Gómez y Rodríguez Rodríguez, 2016).

Parece que lo esencial en videojuegos es la motivación, tanto la que el jugador debe tener para jugarlo como la que el mismo juego produce para efectos educativos, como lo testimonian los estudios de Halbhook et al. (2020), González Castro, (2019), Montes González, et al. (2018). Otros estudios informan que la mejora del rendimiento académico es un efecto principal del uso sistemático de la gamificación en el aula (Guevara, 2018; Prieto et al., 2014).

Los principales aportes de esta investigación están relacionados a conocer el efecto causal, desde la óptica microeconómica, entre gamificación, percepción de interés en la materia y rendimiento académico. Esta investigación realiza un vínculo transdisciplinario desde la praxis microeconómica y la aplicación pedagógica de la gamificación.

Lo que interesa es medir el impacto pedagógico del videojuego aplicado en el aula. Para el efecto, en la literatura revisada no se considera el nivel o calidad

socioeconómica de los estudiantes (Guevara, 2018, Prieto, et al. 2014). Se parte con que los estudiantes cuentan con un celular Android para descargar el videojuego y jugarlo. No profundizamos aquí sobre las condiciones socioeconómicas previas de los estudiantes, por no corresponder a la finalidad de este estudio.

El videojuego se aplica como un instrumento pedagógico para aumentar la estima y rendimiento académico de los estudiantes con respecto de la ética. El videojuego abarca una unidad de las cuatro en las que está dividido el curso y su aplicación alcanza dos horas de clase dentro de las 48 que dura todo el curso. Su aplicación es más bien auxiliar a los objetivos del curso, mismo que no gira en torno al videojuego ni este alcanza todos los contenidos del curso.

Las limitaciones existentes yacen en que no ha sido factible aplicar el videojuego de manera permanente o sistemática en un curso, en varios periodos académicos y a más grupos de estudiantes, con lo cual se hubiera podido observar de mejor manera el impacto no solo en la percepción de interés y el rendimiento académico que tienen en la materia en un cortísimo plazo, sino también a largo plazo junto con la formación de valores. De aquí la importancia de continuar aplicando el videojuego y seguir midiendo sus efectos en grupos más grandes de estudiantes o incluso en estudiantes de bachillerato o educación básica.

2.2. La percepción de interés en la materia de Ética (PIE)

Se entiende como percepción de interés por la materia de Ética el grado según el cual un estudiante cree valorar la materia porque le otorgará competencias importantes para su futura vida profesional. Esta definición está en armonía con el sentido del término **percepción de interés** o **utilidad**, empleado por Asiri (2019: 114). Esta percepción se mide antes y después de la aplicación del videojuego Ethikós, con una escala aumentativa del 1 al 3 a través de encuestas *ex ante* y *ex post*.

2.3. La percepción de aplicación de la ética a la carrera (PAC)

Es el grado según el cual un estudiante cree prever la aplicación del estudio de ética para el ejercicio de su futura profesión. Esta percepción se mide antes y después de la aplicación del videojuego Ethikós, con una escala progresiva de 1 a 3, a través de encuestas *ex ante* y *ex post*.

2.4. La percepción de aplicación de la ética a la vida personal (PAV)

Es el grado según el cual un estudiante cree prever la aplicación del estudio de ética para su vida personal privada. Esta percepción se mide antes y después de la aplicación del videojuego Ethikós con una escala progresiva de 1 a 3, a través de encuestas *ex ante* y *ex post*.

2.5. El rendimiento académico (RA)

Está determinado por las notas alcanzadas por los estudiantes en una escala progresiva de 0 a 10. La nota inicial mide el rendimiento académico inicial (RAI) y es la alcanzada al momento de la aplicación del videojuego y calificada por cada profesor a su grupo correspondiente. La nota final mide el rendimiento académico final (RAF) y es la nota lograda después de aplicar el videojuego, a fin de medir si mejora o desmejora.

La hipótesis para confirmarse es que la aplicación del videojuego mejora el rendimiento académico final teniendo como variables independientes al PIE y al RAI.

3. METODOLOGÍA

El total de estudiantes investigados pertenecen a 22 diferentes carreras, 14 paralelos y 6 profesores. De esta manera, entre octubre y diciembre del segundo semestre académico 2020, se aplica el videojuego Ethikós a través de los siguientes pasos:

- Se elige a un paralelo de alumnos que aplicarán el videojuego y otro al que se aplicará una clase tradicional de repaso y una prueba rápida, cuyo contenido será el mismo que el del videojuego.
- Tanto al grupo del videojuego como al de la clase tradicional de repaso se les aplica un cuestionario previo, que consta de información general como la edad, semestre que cursan y tres preguntas sobre la materia de Ética: interés en la materia, importancia de la ética para la vida personal e importancia de la ética para la carrera que cursan. En este estudio, nos centraremos en la primera pregunta, referida al interés del estudiante por la materia.
- Se aplica el juego a los estudiantes, quienes en lo posterior se llamarán **grupo de tratamiento**; en cambio, quienes se encuentran en la clase tradicional se los denominará **grupo de control**¹. Los estudiantes únicamente podían descargarse el juego a través de un sistema Android; no fue factible para iOS.
- *Ex post*, se aplica una segunda encuesta para el grupo de tratamiento y control, donde se les cuestiona nuevamente sobre el interés en la materia, importancia para la vida e importancia para la carrera que cursan. Por otro lado, a tratados y no tratados en este mismo formulario se les aplica un mismo test rápido concerniente a la materia. A los tratados se les pide que informen el número

¹ Vale indicar que el mencionado semestre académico, debido a la pandemia de COVID-19, se realizó enteramente de forma virtual y no presencial, como hubiese sido lo normal. La virtualidad de las clases implicó que los estudiantes conectaran con sus profesores a través de Zoom y la plataforma digital de la universidad, que descargaran el juego en sus celulares Android y que realizaran las encuestas vía enlaces del servicio Google Forms.

de estrellas o puntos alcanzados en el videojuego —que será la nota sobre 10 que alcanzaron después del juego—, mientras que la nota del grupo control será la alcanzada en la prueba rápida.

- Es decir, se construye una base de datos que contiene información sobre la población de tratados, en un periodo *ex ante* y *ex post* y otra población de no tratados, también para los mismos periodos.

Es importante mencionar que, por factibilidad del sistema de organización de cursos, los profesores fueron quienes escogieron a los cursos que serían aplicados el juego y a quienes no. No fue posible intervenir en la organización previa para la aleatorización de la participación de los estudiantes. Para los autores era imposible determinar cuál profesor aplica y cuál no, de la misma manera que era imposible determinar qué curso hace el juego y qué curso no, o qué estudiante sí y qué estudiante no. Los cursos se someten a un sistema organizativo propio de la universidad en el cual no se puede influir.

Cada profesor libre y voluntariamente decidió participar en el experimento y elegir los cursos disponibles para ello. Dentro del análisis de evaluación de impacto, esto puede ser considerado como un sesgo de selección por parte de los profesores; no obstante, se busca eliminarlo o atenuarlo con la formación de grupos o clústeres dentro del modelo de diferencias en diferencias.

3.1. Deducción analítica del modelo

Existen otras dificultades, como las estimaciones inexactas del efecto del programa, dado que los tratados y no tratados generalmente son diferentes aún en ausencia de la intervención de una política; por este hecho y dada las características de las bases de datos², en esta investigación es útil aplicar modelos de diferencias en diferencias, pues controlan estos problemas de estimación.

La evaluación de impacto busca estimar el efecto de la aplicación de un programa en una población específica:

$$\tau_{ATT} = E(\tau_i | D_i = 1) = [E(Y_i(1) | D_i = 1)] - [E(Y_i(0) | D_i = 1)] \quad (1)$$

Donde $[E(Y_i(1) | D_i = 1)]$ es el valor esperado de la variable de resultado entre los participantes en el proyecto (en este caso el juego) en presencia de dicho proyecto; en cambio, $[E(Y_i(0) | D_i = 1)]$ es el valor esperado de la variable de resultado entre los participantes en ausencia del proyecto.

² El modelo en primera instancia se ordena con las características de un corte transversal; sin embargo, existen variables temporales, tal es el caso de las calificaciones y de las variables motivacionales. En los dos casos, se expresan *ex ante* y *ex post*, por lo cual podría aplicarse modelos de regresión con series de tiempo. No obstante, este caso no aplica un supuesto básico de MCO en series temporales, esto es que, $E(u_t | x_{t1}, \dots, x_{tk}) = E(u_t | X_{t1}) = 0$, pues las variables dependientes están relacionadas en dos etapas.

La ecuación 1 evalúa la diferencia de la variable de resultados Y_i para el grupo de tratados en el caso de haber programa, versus la misma variable Y_i para el mismo grupo de tratados en el caso de no haber programa. Considerando que una persona no puede estar en dos partes al mismo tiempo, se aplica para el caso un grupo de personas elegibles que no participan del programa o grupo de control, $E(Y_i(0)|D_i = 0)$, por ello tienen que ser muy semejantes a los elegidos para el proyecto³, cumpliéndose el siguiente supuesto:

$$E(Y_i(1)|D_i = 1) = E(Y_i(1)|D_i = 0) \quad (2)$$

Cumpliendo este segundo postulado, es factible que el grupo de control permita responder a la pregunta: ¿Qué hubiera pasado si no existía programa? Sin embargo, este supuesto se viola en el momento que las personas se autoeligen. El hecho es que, los dos grupos son elegibles, cumplen con los requisitos, pero quienes se seleccionan a sí mismos poseen razones que a los ojos del investigador pueden no ser evidentes y dicha posibilidad de elegirse a ellos mismos ya da una pauta de sus diferencias previas, inclusive antes de que exista programa. Por tal razón, los individuos que se autoseleccionan en el grupo de tratamiento son sistemáticamente diferentes (en formas que observamos y en formas inobservables) de los individuos que se autoseleccionan en el grupo de control, y precisamente por eso participan en el programa. Haciendo un pequeño cambio algebraico en la ecuación 1, se tiene la siguiente relación:

$$[E(Y_i(1)|D_i = 1)] - [E(Y_i(0)|D_i = 0)] = \tau_{ATT} + [E(Y_i(0)|D_i = 1)] - [E(Y_i(0)|D_i = 0)] \quad (3)$$

Los términos segundo y tercero de la parte derecha de la ecuación 3 constituyen el sesgo de autoselección que se suma a τ_{ATT} , el objetivo es lograr controlar estos aspectos a través del método de diferencias en diferencias; bajo el supuesto que el sesgo de autoselección estuviera controlado, el impacto del programa sobre la variable de resultado estaría medido por la siguiente regresión:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 D_i + u_i \quad (4)$$

Donde D_i es el indicador del estatus del tratamiento. Ahora bien, en el caso que no se cumpla la ecuación 2, la variable D_i no captará el efecto que tiene el programa en Y . Por lo tanto, la estrategia de control de estas diferencias previas al programa es repetir el experimento al menos una vez más. Si el efecto positivo se repite, el proyecto sí tiene impacto y la doble diferencia permitiría controlar los resultados observados y no observados en D_i , con lo cual se infiere que $E(u|D_i) = 0$. De esta

³ Al respecto, en la parte analizada de la estadística descriptiva, se realizan test de medias para comprobar la similitud de las poblaciones de tratados y no tratados, para que se cumpla lo que se especifica en la ecuación 2.

manera, no existen elementos inobservados en la selección de las poblaciones, evitando violar el supuesto de independencia condicional. El concepto útil para este caso es el que sigue:

$$\tau = (\bar{Y}_1|D_i = 1) - (\bar{Y}_0|D_i = 1) \quad (5)$$

Donde \bar{Y}_1 es el promedio de la variable de resultado en el grupo de los tratados en el periodo posterior a la intervención ($T_i = 1$) y \bar{Y}_0 es el promedio de la variable de resultado en el grupo de los tratados en el periodo anterior a la intervención ($T_i = 0$). Este estimador se incluye en la diferencia entre población de tratados y no tratados de la ecuación 1, obteniéndose de esta manera la ecuación 6:

$$\tau_{dif-dif} = [E(Y_1|D = 1) - E(Y_0|D = 1)] - [E(Y_1|D = 0) - E(Y_0|D = 0)] \quad (6)$$

La ecuación anterior muestra el impacto intertemporal de la población de tratamiento y control. La ventaja de la aplicación de este método es la corrección de los sesgos subyacentes en el error y que pueden ser provocados por las diferencias previas entre el grupo de tratados y no tratados antes de la intervención. Es decir, los coeficientes pueden ser sobrevalorados, puesto que de entrada la población de tratados ya tuvo algún tipo de ventaja previa a la intervención o ejecución del proyecto, siendo la ventaja fundamental que métodos como el de diferencias en diferencias tiene para corregir este problema (Stock & Watson, 2012).

En ese sentido, dada la naturaleza de las bases de datos que están organizadas como datos de panel, se entiende que el tiempo está considerado dentro del análisis de los coeficientes, pues se tiene a disposición las observaciones del mismo individuo antes y después de la intervención. Por lo tanto, se utiliza como variable dependiente el cambio entre un periodo y otro. Para los efectos de este trabajo, se establece la diferencia entre las segundas notas (RAF) menos las primeras (RAI), por ello se requiere crear la variable ΔY_i^4 :

$$\Delta Y_i = Y_{2i} - Y_{1i} \quad (7)$$

Donde Y_{2i} es la variable de resultado del individuo i en el periodo dos (después de la aplicación del juego) y Y_{1i} es la variable de resultado del individuo i en el periodo uno (antes de la aplicación del juego).

⁴ Bernal y Peña (2012), en *Guía práctica para la evaluación de impacto*, hacen referencia a este método en la aplicación de la evaluación de impacto denominada «Evaluación de impacto del programa Hogares Comunitarios del Bienestar Familiar», documento de trabajo, Centro de Estudios de Desarrollo Económico, No. 16, julio de 2009. Aquí se coloca como variable dependiente el diferencial en dos periodos (delta) en la estatura de los niños que recibieron una canasta (población de tratados) y se los compara con los que no recibieron el beneficio del programa.

Posteriormente, se estiman tres regresiones, donde la variable dependiente es ΔY_i , misma que se aplica sobre la variable dicotómica de tratamiento o control (variable de interés) D y sobre las variables que explican el rendimiento en la materia (RAI, RAF), que para los efectos de esta investigación se han considerado la edad, semestre al que pertenecen y una interacción entre semestre y edad. Las tres regresiones incluyen las variables explicativas anteriores; sin embargo, a la primera se adiciona la variable dependiente del interés por la materia (PIE), a la segunda la importancia de la ética en su vida personal y a la tercera la aplicación de la materia en la carrera:

$$\Delta Y_i = \beta_0 + \beta_1 D + \beta_2 edad + \beta_3 semestre + \beta_3 semestre \times edad + \beta_3 Interes_materia + u \quad (8)$$

$$\Delta Y_i = \beta_0 + \beta_1 D + \beta_2 edad + \beta_3 semestre + \beta_3 semestre \times edad + \beta_3 materia_vida + u \quad (9)$$

$$\Delta Y_i = \beta_0 + \beta_1 D + \beta_2 edad + \beta_3 semestre + \beta_3 semestre \times edad + \beta_3 materia_carrera + u \quad (10)$$

La razón por las que se incluyen por separado a las tres regresiones es debido a que se requiere conocer cuál de los tres aspectos en la percepción de los estudiantes es el que más influye en el rendimiento. Además de aquello, a cada una de las ecuaciones se le aplica el logaritmo en la variable dependiente (modelo log-lineal) para conocer el diferencial porcentual entre grupos de tratados y no tratados en relación con las notas, dicho diferencial lo capta la variable D .

Es importante mencionar que en cada uno de los modelos se ha controlado los posibles sesgos que pueden ocasionar las diferencias de las varianzas entre grupos, con lo cual se garantiza la robustez de los parámetros, evitando así errores de tipo I. En este sentido, se controló por el grupo de tratados y no tratados (variable D) y por los grupos formados por las variables de interés por la materia, aplicación para la vida y aplicación en la carrera⁵.

3.2. Aleatorización

Uno de los principales problemas de la falta de aleatorización surge del hecho de que exista una correlación entre el tratamiento, D , y el término de error, u . Por eso, el estimador de diferencias estaría sesgado y las fallas de la aleatorización provocarían que el grupo de tratados no sea asignado de manera completamente aleatoria, sino que se base en parte en las características o preferencias de los individuos; como resultado, las variables objetivo reflejarían tanto el impacto del proyecto como el efecto de la falla en la aleatorización.

⁵ En Stata el comando para la creación de clústeres que controlen el problema de diferencias en las varianzas es `vce(cluster clustvar)`, donde `clustvar` es la variable que permite controlar dicho diferencial.

En este sentido, es importante comprobar la existencia de aleatorización, es decir que D sea escogida al «azar». Se debe demostrar que D no está correlacionada con ninguna variable observada de los agentes. En tal virtud, podemos estimar la siguiente ecuación:

$$D_i = \delta_0 + \delta_1 x_{1i} + \delta_2 x_{2i} + \dots + \delta_K x_{Ki} \quad (11)$$

Donde x_{1i} a x_{Ki} son características individuales. Cuando la variable D no está correlacionada con las características individuales, los coeficientes que acompañan las x_{Ki} deben ser cero y no son estadísticamente significativos. Para resolver este problema, se aplica el siguiente modelo probit:

$$Pr(D = 1|X_i) = \beta_0 + \beta_1 X \quad (12)$$

Este modelo de probabilidad lineal permite conocer la probabilidad de que $D = 1$ es decir, que un individuo sea o no seleccionado⁶, dado que la variable dependiente es binaria. Los coeficientes β miden el cambio en la probabilidad de participar en el programa, manteniendo constante el resto de las variables explicativas.

Para el caso en particular se aplica la siguiente ecuación:

$$Pr(D = 1|X_i) = \beta_0 + \beta_1 edad + \beta_2 semestre + \beta_3 intereses + \beta_4 nota1 \quad (13)$$

Al conocer si los coeficientes son 0, no son estadísticamente significativos individualmente o en conjunto a través de la prueba chi cuadrado. Se comprueba que efectivamente los grupos fueron escogidos de manera aleatoria. Los cálculos son expuestos en los resultados.

4. VARIABLES Y DATOS ÚTILES PARA LA APLICACIÓN DEL MÉTODO DE DIFERENCIAS EN DIFERENCIAS

4.1. Bases de datos y variables utilizadas en el modelo

Como se mencionó, se ha obtenido información *ex ante* y *ex post* a la aplicación del juego; por un lado, un mismo estudiante responde dos veces a las preguntas relacionadas al interés de la materia y, por otro, se tienen las calificaciones antes y después del juego. Por ende, la información de cada estudiante es obtenida en dos etapas, formándose un panel de dos periodos. De dichos datos depurados, 168 pertenecen a la población de control y 126 a la de tratados.

⁶ Bernal y Peña (2012), en *Guía práctica para la evaluación de impacto*, hace referencia al cálculo del modelo probit para la verificación de la aleatoriedad en la variable D .

Además, la encuesta recogió datos sobre la edad, género, semestre al que pertenecen, carrera y calificaciones en la materia de Ética *ex ante* y *ex post* a la aplicación del juego. A partir de las calificaciones, se establece la variable dependiente, la cual es la variación del rendimiento académico (el delta de la nota, tal como se menciona en la ecuación 7). En este sentido, se busca observar cómo las calificaciones tuvieron un impacto a través de la aplicación del juego y en qué medida influyó la percepción de interés que los estudiantes tienen en la materia.

La variable *dummy* D se la obtiene del grupo de tratamiento y de control, tomando el valor de 1 para el primer grupo y 0 para el segundo. Los beneficiarios del proyecto realizan el juego; en cambio, quienes no lo realizan tienen un *efecto placebo*, pues reciben una clase demostrativa cuya temática es idéntica al que posee el juego.

Es decir, se aplicó un experimento controlado, con participantes que tenían teléfonos inteligentes Android. Además, se debe mencionar que, al ser la variable de interés el delta en las calificaciones, no se considera aquí el influjo de tener un celular Android o iOS, lo que es un límite de este estudio. Se asume el supuesto que se definió en la ecuación 2, es decir que el valor esperado de los errores condicionado a la variable D es cero, o sea $E(u|D_i) = 0$.

La primera nota recoge los conocimientos de los estudiantes de la manera tradicional; es decir, a través de una prueba escrita; en cambio, la segunda nota tiene dos formas de evaluación. Los estudiantes que realizan el juego al final obtienen un puntaje (número de estrellas) que obedece a sus conocimientos de la materia y a la destreza que ellos poseen en el manejo de los video juegos, que se asume como relativamente la misma para todos, al tratarse de una población homogénea. De esta manera, esta variable controla no solo el conocimiento adquirido gracias a la realización del juego, sino la destreza previa de videojuegos; en cambio, el grupo de no tratados realiza una prueba tradicional.

La percepción del interés por la materia se obtuvo a través de la pregunta «Interés por la materia» de las encuestas *ex ante* y *ex post*, misma que se podía responder en una de las siguientes tres opciones: «Me interesa mucho», «Me interesa medianamente» y «Me interesa poco». La variación del interés (Martínez, 2019) es la valoración que el estudiante tiene de una materia y el cambio que puede haber en la misma por un influjo externo, en este caso, la aplicación del videojuego que como experiencia de gamificación permite abrir horizontes de gusto o valoración que antes no estaban al descubierto.

Estas respuestas, dentro del modelo se categorizaron con 3 para «Mucho», 2 para «Medianamente» y 1 para «Poco»; es decir, se obtuvieron variables cualitativas nominales. Adicionalmente, las bases de datos constan de una variable *dummy* que toma el valor de 1 si los estudiantes forman parte de la población de tratados y 0 para los no tratados; la variable t toma el valor de 1 si existió una mejora en la respuesta de percepción que los estudiantes tienen en la materia o en la calificación y 0 en caso contrario.

La relación directamente proporcional entre gamificación en el aula y la mejora de motivación o percepción que tienen los estudiantes en la materia (Montes González, et al., 2018), estima de la materia y rendimiento académico es sostenida por

diversos estudios (Guevara, 2018; Contreras Espinosa y Eguia, 2016; Prieto et al., 2014). Aunque en los casos citados, el curso se estructura enteramente alrededor de experiencias de gamificación en el aula y a lo largo del curso o semestre. En el presente estudio, no fue posible estructurar un curso alrededor del videojuego Ethikós, sino solo una clase de 2 horas de duración de entre las 48 horas que dura un curso regular. La experiencia medida fue corta en duración y alcance. Sin embargo, se pudo medir un cambio favorable en el rendimiento académico.

5. ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA

Es importante anotar que la edad promedio entre hombres y mujeres es de 22 años; el semestre promedio que están cursando quienes asisten a la clase de Ética es del quinto semestre, y están distribuidos en 6 áreas del conocimiento: Ciencias Naturales, Ciencias Sociales, Economía y Administración, Ciencias de la Salud, Ingeniería y Arquitectura y Artes. Para complementar esta información general, a continuación, se presentan una serie de datos descriptivos que resultan importantes comprender para evaluar el impacto del videojuego y las características de los estudiantes a quienes se lo aplicó. En la primera parte, se muestran las notas promedio tanto de la primera como de la segunda nota, considerando el área del conocimiento al que pertenecen los estudiantes. Posteriormente, se comparan los resultados tanto motivacionales como calificaciones.

Posteriormente, se analiza si las poblaciones de tratamiento y control son semejantes, para lo cual se utiliza el método de test de medias para dos muestras; se comparan las edades y el semestre que cursan tanto la población de tratamiento y control en periodos *ex ante* y *ex post*. Finalmente, se realiza la prueba de aleatoriedad en la selección de grupos.

5.1. Análisis descriptivo de las notas y de los resultados sobre la percepción de aplicación de la ética a la carrera

La tabla que a continuación se presenta hace un comparativo del promedio entre la primera nota y la segunda.

La tabla 1 está dividida en seis áreas del conocimiento⁷ (Artes, Ciencias Naturales, Ciencias Sociales, Ciencias de la Salud, Economía y Administración, Ingeniería y Arquitectura), en las cuales se agruparon las 22 carreras. Las calificaciones están valoradas sobre 10 puntos; la primera nota tiene que ver con la materia y fue alcanzada antes de la aplicación del juego; la segunda nota tiene dos tipos de calificaciones: la

⁷ Esta clasificación de las áreas del conocimiento fue tomada de la Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología (SENESCYT).

del grupo de tratados que fueron calificados con un número de estrellas (mide conocimientos en la materia y habilidad en videojuegos) y la del grupo de no tratados, a quienes se les aplica un efecto placebo a través de una clase sobre el mismo contenido que tiene el juego. La parte de la izquierda muestra las calificaciones promedio de la segunda nota, tanto para población de tratamiento como de control. En la parte derecha, se realiza el mismo cálculo, pero para la primera nota, para tratados y no tratados. La diferencia entre tratados y no tratados, (a-b), en total es de -0.599 en el caso de la segunda prueba; en cambio, para la primera prueba es de -0.907, de tal manera que el efecto total es de 0.308 puntos. Es interesante anotar que carreras como Artes (2.158 puntos), Ciencias de la Salud (1.297 puntos) e Ingeniería y Arquitectura (1.145 puntos) tuvieron un efecto final positivo de los tratados versus no tratados en la segunda prueba comparada con la primera.

Tabla 1.
Comparación de notas por materia

Carrera	Comparación de notas por materia						Efecto Total (a-b)-(c-d)
	Media Nota 2			Media Nota 1			
	Tratados (a)	No tratados (b)	Diferencia (a-b)	Tratados (c)	No tratados (d)	Diferencia (c-d)	
Artes	7.111	8.333	-1.222	5.787	9.167	-3.380	2.158
Ciencias Naturales	8.000	9.333	-1.333	9.083	8.288	0.795	-2.129
Ciencias Sociales	7.500	9.143	-1.643	7.778	8.627	-0.849	-0.794
Ciencias de la salud	8.296	8.571	-0.275	7.521	9.093	-1.572	1.297
Economía y Administración	8.500	8.810	-0.310	6.980	7.933	-0.953	0.643
Ingeniería y Arquitectura	9.061	8.205	0.855	6.730	7.020	-0.290	1.145
Total	8.231	8.829	-0.599	7.432	8.339	-0.907	0.308

Fuente: encuestas elaboradas para estudiantes de la PUCE

Elaboración: equipo de trabajo

Por otro lado, es importante realizar el análisis descriptivo de los resultados en la percepción de los estudiantes en la materia de Ética y promedios de calificaciones de los grupos de tratados y no tratados antes y después de la aplicación del juego; estos resultados se exponen en la tabla 2:

Tabla 2.

Promedio de los resultados de la percepción de interés y aplicación de la materia de Ética y calificaciones antes y después de la aplicación del videojuego

	Percepción de la materia de Ética						Calificaciones	
	Interés por la materia		Aplicación en la vida personal		Aplicación en la carrera		Tratados	No tratados
	Tratados	No tratados	Tratados	No tratados	Tratados	No tratados		
a) <i>Ex ante</i>	2.436	2.592	2.863	2.918	2.845	2.869	7.432	8.339
b) <i>Ex post</i>	2.509	2.576	2.854	2.907	2.854	2.902	8.230	8.829
Diferencia (b-a)	0.072	-0.016	-0.009	-0.010	0.009	0.032	0.798	0.490
Diferencia (b-a)/a	2.99 %	-0.63 %	-0.32 %	-0.37 %	0.32 %	1.14 %	10.74 %	5.88 %

Fuente: encuestas elaboradas para estudiantes de la PUCE

Elaboración: equipo de trabajo

La tabla 2 está distribuida en dos bloques. A la izquierda, se muestran los promedios de los resultados en la percepción acerca de la materia de Ética; a la derecha, se encuentran calificaciones promedio, tanto para el grupo de estudiantes tratados como para los no tratados, *ex ante* y *ex post*. Hay que recordar que se considera 1 cuando se respondió como poco importante, 2 si es medianamente importante y 3 si es muy importante. Efectivamente, dentro del análisis motivacional, específicamente el interés que los estudiantes tienen en la materia, la población de tratados en promedio *ex ante* es 2.436 (a) y *ex post* de 2.509 (b), siendo su diferencia de un periodo a otro, (a-b/a), de 2.99 %. Considerando la población de no tratados, en el periodo *ex ante*, es de 2.59 (a) puntos y para *ex post* de 2.57 (b); su diferencia es de -0.016, es decir que los no tratados disminuyeron su interés por la materia en el segundo periodo, y con respecto al primer periodo esta disminución corresponde a 0.63 %.

El análisis anterior se realiza de la misma manera para las respuestas a la pregunta de la percepción sobre la aplicación de la ética a la vida personal. De acuerdo con las diferencias *ex ante* y *ex post* en la población de tratados, se verifica una disminución de 0.32 % ((b-a)/a). En cambio, para la población de no tratados en los dos periodos, también existe una disminución de 0.37 % ((b-a)/a). Se podría concluir que no hubo un efecto positivo en este caso de la gamificación para las dos poblaciones. Por otro lado, para el caso de percepción de la aplicabilidad de la ética en la carrera, los estudiantes en promedio tienen un efecto positivo de 0.32 % para los tratados de un periodo a otro y de 1.14 % en el caso de los no tratados.

El que los no tratados tengan una consideración mayor de la aplicabilidad de la ética a la carrera es un elemento que requeriría más investigación. Con los datos disponibles, solo se puede elucubrar que, tal vez, el ambiente de dibujos animados del juego frente al ambiente serio de una clase formal pudo influir para que los no tratados consideren su ambiente más real y por lo mismo más aplicable a la realidad de su carrera.

Al observar las calificaciones en la parte derecha de la tabla, existe una evidente mejora en las notas del grupo de tratados (10.74 %) en relación con los no tratados (5.88 %); de tal manera, se llega a la misma conclusión que los resultados expuestos en la tabla 1, donde se evidenció una mejora de las calificaciones.

El análisis de la tabla 2 se limitó a dos variables descriptivas: la pertenencia o no a un grupo de tratados y si corresponde a un periodo *ex ante* o *ex post*. Dado que las bases están organizadas como un panel en dos periodos, es importante captar los cambios tanto en calificaciones como en percepciones de los alumnos, antes y después de la aplicación del juego, tal como se ha definido en la tabla 3.

Los fundamentos teóricos que se desarrollaron en los numerales 2.1 y 2.2., dan una amplia explicación desde lo pedagógico y psicológico de cómo se abordan las percepciones de los estudiantes ante un estímulo externo, específicamente a través de métodos de gamificación.

Por otro lado, en el caso de las calificaciones, se aplicó un análisis semejante al de la percepción que los estudiantes tienen sobre la materia; se considera la calificación *ex ante* y *ex post* que toma el valor de 1 si es mayor o igual a 6/10 y de 0 si es menor a 6/10⁸.

A continuación, se presentan los cambios en las percepciones de los alumnos (interés por la materia, aplicación de la materia en la vida personal y aplicación de la materia en la carrera que estudian, denominados *delta* en los resultados de las percepciones de la materia). Es decir, se realiza una resta entre los resultados del periodo posterior menos el anterior, y lo propio se hace con las calificaciones (delta en las calificaciones). De acuerdo con este cálculo, se establece el diferencial promedio entre población de tratamiento y control, tal como se muestran en los resultados:

Tabla 3.

Cambio en las percepciones y en calificaciones entre el periodo *ex ante* y *ex post* para la población de tratados y no tratados

Grupo analizado	Cambio en las percepciones motivacionales de los estudiantes			Cambio en las calificaciones
	Interés por la materia	Aplicación en la vida	Aplicación carrera	
a) Tratados	0.067	0.030	-0.010	0.798
b) No tratados	-0.018	0.010	-0.012	0.490
Diferencia (a-b)	0.085	0.020	0.002	0.308

Fuente: encuestas elaboradas para estudiantes de la PUCE

Elaboración: equipo de trabajo

⁸ Esta categorización de las notas fue tomada del Reglamento General de Estudiantes de la PUCE, mayor o igual a 6/10 implica aprobación de la materia, y menor a este puntaje, no aprobación.

Los resultados en la tabla 3 demuestran que, en promedio, los resultados de los tratados, considerando la variable de interés por la materia, es de 0.067 y para no tratados de -0.018 puntos. La diferencia (a-b) es de 0.085 puntos, lo cual se interpreta como un mayor interés por la materia en promedio por parte de los tratados en relación a los no tratados. El mismo proceso se realiza para las otras variables, con lo cual se deduce que la aplicación de la materia en la vida tiene en promedio 0.020 y la aplicación de la ética en la carrera es de 0.002. En la parte derecha de la tabla, se muestra el cambio en las calificaciones; la diferencia (a-b) muestra que los tratados mejoraron sus calificaciones entre un periodo a otro en 0.308 puntos.

A continuación, en la tabla 4 se presentan las variaciones promedio de las calificaciones y su relación entre el interés que puede tener cada estudiante en la materia.

Tabla 4.
Relación entre las calificaciones y el interés en la materia de Ética

Grupo analizado	Relación de las calificaciones entre tratados y no tratados y percepción de la materia					
	Interés por la materia		Aplicación en la vida		Aplicación en la carrera	
	Percepción=1	Percepción=0	Percepción=1	Percepción=0	Percepción=1	Percepción=0
a) Tratados	0.526	1.199	4.333	0.692	-0.333	0.823
b) No tratados	1.254	-0.784	-1.948	0.510	-0.468	0.555
Diferencia (a-b)	-0.728	-1.984	6.281	0.181	0.134	0.267
Efecto total (percepción 1- percepción 2)	1.256		6.100		-0.133	

Fuente: encuestas elaboradas para estudiantes de la PUCE

Elaboración: equipo de trabajo

La tabla 4 muestra los resultados de la diferencia entre las calificaciones de la primera y segunda prueba, es decir, el delta entre calificaciones y su relación con los estudiantes categorizados. Dentro de los resultados obtenidos en la tabla 4, donde se establecen la mejora o disminución en la percepción de la materia de Ética (definidos como pares ordenados), en las columnas se divide por tipo de percepción (interés por la materia, aplicación en la vida y aplicación en la carrera), tomando el valor de 1 si mejoró después de la aplicación del juego y 0 en caso contrario. Se observa que, para la población de tratados, para quienes tienen una percepción positiva, estos mejoraron su calificación en 0.52 puntos; en cambio, los no tratados tienen un puntaje de 1.25. El diferencial de los dos grupos, (a-b), es de -0.72. Al hacer el mismo proceso con las personas que no mejoraron su percepción, dicho diferencial es de -1.98, siendo el efecto final el diferencial entre quienes tienen la percepción 1 menos la percepción 2 igual a 1.256. Es decir, sus calificaciones en promedio fueron relativamente mejores para el grupo de tratados con respecto a los no tratados. El mismo análisis se realiza para el resto de las posibilidades en las percepciones, siendo el resultado final para

la aplicación de la ética en la vida igual a 6.1 puntos y de -0.1331 para la pregunta sobre la aplicación de la materia en la carrera.

Según la tabla 4, se podría concluir que los estudiantes quienes aplicaron el juego tienen en general mayor interés por la materia en comparación con quienes no aplicaron el juego, e inclusive mejoraron sus calificaciones. Sin embargo, para inferir a la población en general, es necesario la construcción de un modelo de diferencias en diferencias que explique la relación de causalidad entre la gamificación y la percepción que los estudiantes tienen de la materia, así como sus calificaciones.

Antes, es necesario abordar la igualdad de las poblaciones de tratados y no tratados, a través de la prueba comparativa de sus medias y desviaciones estándar.

5.2. Datos comparativos de las poblaciones de tratamiento y control, considerando edades, semestre en el que cursan, criterios sobre la materia y calificaciones

El presente método compara poblaciones mediante dos variables. Su finalidad es conocer si las poblaciones de tratamiento y control son lo suficientemente semejantes. Un supuesto básico dentro de la evaluación de impacto es que estas sean muy parecidas al ser comparadas, con lo cual se garantiza que el efecto final del proyecto no posea ningún sesgo producido por una diferencia inicial entre población de tratados y no tratados. Es decir que las dos poblaciones partan de un mismo punto. Este supuesto se lo conoce como tendencias paralelas (Bernal y Peña, 2012 y Stock & Watson, 2012). Para comprobar lo anteriormente dicho, se aplica el test de medias para muestras independientes.

El objetivo de las tendencias paralelas es que las poblaciones sean lo suficientemente semejantes y que permita contestar qué es lo que hubiera pasado en el caso de que no hubiera habido programa —en el caso de esta investigación, qué hubiera sucedido sin el videojuego—. Por ello deben compararse las dos poblaciones, usándose la edad, el semestre, percepciones acerca de la materia y las calificaciones. De entrada, se puede establecer que las poblaciones, para el caso de esta investigación, son parecidas, puesto que corresponden a jóvenes comprendidos entre 20 y 25 años, y la mayoría cursa entre segundo y sexto semestre.

No obstante, a continuación, se plantea el test de medias, el cual en esta investigación ha cumplido con algunos supuestos. El primer supuesto realizado es el muestreo aleatorio; segundo, que existe independencia de observaciones (ninguna observación depende de la otra); tercero, sus variables cumplen con una distribución normal (se usó el test Shapiro-Wilks), y cuarto, sus varianzas son iguales.

Se observó si las varianzas son iguales, para lo cual se busca no rechazar la hipótesis nula del siguiente test:

$$H_0: \text{Ratio} = \frac{SD(0)}{SD(1)} = 1 \quad H_1: \text{ratio} \neq 1 \quad (14)$$

Si las dos variables tienen la misma desviación estándar, se procede a realizar el test que presenta las siguientes opciones:

$$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0; H_A: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$$

$$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0; H_A: \mu_1 - \mu_2 > 0$$

$$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0; H_A: \mu_1 - \mu_2 < 0$$

Es decir que tanto para el test de desviaciones estándar como el test de medias se busca aceptar la hipótesis nula de que las dos poblaciones son iguales. Los resultados obtenidos en la tabla 6 se encuentran a continuación y hacen un estudio descriptivo de las edades, semestre y calificaciones de la primera prueba para tratados y no tratados. Es importante acotar que se analiza la primera prueba, pues pertenece al momento *ex ante* y permite conocer cómo parten los dos grupos.

Tabla 5.

Estadísticas comparativas entre edad, semestre y calificaciones de la primera prueba y test de desviación estándar y medias para tratados y no tratados

Estadísticas descriptivas	Edad		Semestre		Calificación nota 1	
	Tratados	No tratados	Tratados	No tratados	Tratados	No tratados
Media	22.298	21.905	5.933	6.000	7.432	8.339
Mediana	22	21	5	5	8	9
DS	2.859	2.661	1.714	1.555	2.093	1.966
Curtosis	6.436	7.887	2.417	2.614	3.394	4.471
Sesgo	1.587	2.009	0.489	0.249	-0.879	-1.442
Testeo de poblaciones	Comparación población de tratamiento y control		Comparación población de tratamiento y control		Comparación población de tratamiento y control	
Test DS	p-value=0.4088		p-value=0.2650		p-value=0.4701	
Test de medias	p-value=0.2506		p-value=0.7390		p-value=0.0004	

Fuente: encuestas elaboradas para estudiantes de la PUCE

Elaboración: equipo de trabajo

Como se observa en la tabla 5, la media, mediana y desviación estándar de la edad tanto para quienes fueron favorecidos con el experimento como los que no fueron son parecidos, inclusive la desviación estándar. Además, las dos curtosis, en todos los casos, son semejantes para las variables comparadas. Por ejemplo, en el caso de la edad, es de 6.34 para los tratados y 7.882 para los no tratados (son leptocúrticas, pues son mayores a 3); es decir que las dos poblaciones concentran sus edades entorno a la media. Para el caso del semestre, se observa que las medias y medianas

son parecidas: las dos son platocúrticas, pues son mayores a 3 y los alumnos están distribuidos en varios semestres.

En cambio, para las calificaciones, se observa que evidentemente tienen promedios (7.34 para tratados y 8.339 para no tratados) y medianas diferentes (8 para tratados y 9 para no tratados). Sus curtosis están normalmente distribuidas, pero se evidencia un sesgo hacia la derecha en los dos grupos analizados.

Los datos al final de la tabla comprueban de manera inferencial que efectivamente para el caso de la edad y el semestre los dos grupos de tratados y no tratados son semejantes; se acepta la hipótesis H_0 : la diferencia entre un grupo y otro es igual a 0, para el caso de las medias, y que es igual a 1 para el caso de las desviaciones estándar. En cambio, al considerar la variable de las calificaciones en la nota 1, se observa que efectivamente los estudiantes del grupo de control obtuvieron resultados distintos en comparación a los del grupo de tratamiento. En consecuencia, se niega la hipótesis nula que la diferencia en calificaciones de un grupo a otro es 0. Como se dijo en este trabajo, justamente para eliminar el sesgo que implica este tipo de diferencias en los contrafactuales se aplica el modelo de diferencias en diferencias.

El mismo análisis anterior se aplica para la percepción *ex ante* de los estudiantes: en todos los casos se comprueba a través de los test de medias y varianzas que los dos grupos son idénticos. En definitiva, se puede afirmar que los dos grupos son bastante homogéneos, partiendo en la primera prueba de diferencias en las calificaciones, hecho que se lo subsana con el modelo de diferencias en diferencias.

Tabla 6.

Estadísticas comparativas *ex ante* de interés por la materia, aplicación para la vida personal y aplicación en la carrera, test de desviación estándar y medias para tratados y no tratados

Estadísticas descriptivas	Interés por la materia		Aplicación en la vida personal		Aplicación carrera	
	Tratados	No tratados	Tratados	No tratados	Tratados	No tratados
Media	2.433	2.601	2.856	2.917	2.846	2.875
Mediana	3	3	3	3	3	3
DS	0.650	0.538	0.353	0.317	0.388	0.349
Curtosis	2.467	2.642	5.102	2.193	8.116	9.523
Sesgo	-0.708	-0.872	-2.025	-4.071	-2.406	-2.682
Testeo de poblaciones	Comparación población de tratamiento y control		Comparación población de tratamiento y control		Comparación población de tratamiento y control	
Test DS	p-value=0.293		p-value=0.2231		p-value=0.2229	
Test de medias	p-value=0.279		p-value=0.1421		p-value=0.5267	

Fuente: encuestas elaboradas para estudiantes de la PUCE

Elaboración: equipo de trabajo

5.3. Comprobación de la aleatorización en la selección de los grupos

Tal como se mencionó en el apartado metodológico, una manera de comprobar la aleatoriedad en la elección de los grupos de tratados y no tratados es a través de un modelo probabilístico probit, para lo cual se aplica lo señalado en la ecuación 13:

Tabla 7.

Modelo probit para comprobar aleatoriedad en los grupos de tratados y no tratados

Variable dependiente: D	
Variabes	Coefficientes
Edad	0.005 (0.031)
Semestre	-0.005 (0.052)
Interés materia	-0.003 (0.144)
Aplicación carrera	0.065 (0.254)
Aplicación vida	-0.218 (0.280)
Nota 1	-0.001 (0.038)
Constante	-0.010 (0.625)
Prob > chi2	0.356
Pseudo R2	0.001
Número	194
El error estándar está entre paréntesis	
*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1	

Fuente: encuestas elaboradas para estudiantes de la PUCE

Elaboración: equipo de trabajo

El cuadro anterior muestra que la variable dependiente es la *dummie D*, y las independientes: edad, semestre, expectativas por la materia y la calificación del primer examen.

De acuerdo con los resultados establecidos en el cuadro anterior, se observa que el modelo no es estadísticamente significativo, ni individual, pues ninguno de sus coeficientes lo es, ni en conjunto, pues, medido por la chi cuadrada, su probabilidad $Prob > \chi^2$ es de 0.356; es decir, mayor que 0.05, por ende no se rechaza la hipótesis nula que en conjunto los coeficientes son iguales a cero. Por ende, se establece que la aleatorización es factible y existen evidencias que es aceptable, pues la probabilidad de que una persona forme parte del grupo de tratados sea elegido, o

lo que es lo mismo, D sea igual a 1, no depende de la edad, semestre, calificaciones del primer parcial, tampoco de ninguna de las variables que miden las expectativas.

Tabla 8.
Análisis de los resultados

Variables Explicativas	Variable dependiente: ln_delta_notas								
	Clúster D (1)	Clúster_int (2)	Sin robust (3)	Clúster D (4)	Clúster_int (5)	Sin robust (6)	Clúster D (7)	Clúster_int (8)	Sin robust (9)
D	0.369*	0.369**	0.369*	0.347*	0.347	0.347*	0.328	0.328	0.328
	(0.105)	(0.098)	(0.166)	(0.077)	(0.074)	(0.163)	(0.070)	(0.065)	(0.164)
semestre	0.020*	0.020*	0.020*	-0.055*	-0.055	-0.055	-0.025	-0.025	-0.025
	(0.009)	(0.012)	(0.031)	(0.078)	(0.019)	(0.046)	(0.056)	(0.021)	(0.043)
Género	1.131*	1.131**	1.131	0.669	0.669	0.669	0.945	0.945	0.945
	(0.046)	(0.116)	(0.460)	(0.483)	(0.180)	(0.500)	(0.217)	(0.231)	(0.472)
SemestrexGenero	-0.171	-0.171**	-0.171	-0.087	-0.087	-0.087	-0.135	-0.135	-0.135
	(0.052)	(0.019)	(0.087)	(0.035)	(0.025)	(0.094)	(0.011)	(0.039)	(0.089)
Interes_materia	0.221	0.221**	0.221						
	(0.021)	(0.089)	(0.174)						
Vida_personal				0.648	0.648	0.648			
				(0.567)	(0.118)	(0.258)			
Aplica_carrera							0.476	0.476	0.476
							(0.430)	(0.147)	(0.241)
R	25.74 %	25.74 %	25.74 %	28.10 %	28.10 %	28.10 %	26.91 %	26.91 %	26.91 %
Observaciones	294	294	294	294	294	294	294	294	294

ln_delta_notas = logaritmo del delta de las notas

Clúster D = clúster del grupo de tratados y no tratados

Clúster_int = clúster de 1 para quien le interesa la materia y 0 en caso contrario

El error estándar está entre paréntesis

*** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$

Fuente: encuestas elaboradas para estudiantes de la PUCE

Elaboración: equipo de trabajo

6. MODELO APLICADO AL CASO EN PARTICULAR

Con el fin de conocer el impacto que tuvo el juego en el aula de clase, se toman como variable dependiente el delta entre la nota 1 y la nota 2 y su respectivo logaritmo, que permita conocer el cambio porcentual entre un grupo y otro. Además, se agrupan por tipos de clústeres para corregir los sesgos de las desviaciones estándar entre y dentro de cada grupo (función *vce (cluster var)* en Stata); en el primer caso, un clúster que considera la variable D ; otro para la variable de percepción de la materia (toma el

valor de 1 si mejoró la percepción y 0 en caso contrario), y un tercer modelo que no considera la corrección robusta de las desviaciones estándar.

Por otro lado, tomando en cuenta las variables de control, aquellas que establecen la valoración cualitativa de la materia de Ética, se consideraron tres aspectos: en primer lugar, el interés que tienen los estudiantes por la materia; en segundo lugar, su criterio sobre la aplicabilidad que esta tiene en su vida personal, y, como tercer punto, la aplicación de la ética en la carrera. De tal manera, se establecen nueve modelos econométricos que se encuentran descritos en la tabla 8.

En todos los casos, la variable dependiente es el logaritmo del delta de notas y las variables explicativas el D (que a su vez es la variable de interés, porque demuestra el impacto o no del proyecto; toma el valor de 1 para los tratados y 0 en caso contrario), el semestre, el género (que toma el valor de 1 para hombres y 0 para mujeres), la interacción entre semestre y género, posteriormente se hace un modelo para cada variable de percepción (interés, aplicación a la vida y aplicación en la carrera). Dado que hay dos clústeres y un modelo sin corrección robusta, se forman 9 modelos. Las variables dependientes de percepción son cualitativas y nominales, lo cual no impide que se las pueda analizar con métodos de datos de panel; por otro lado, las calificaciones son variables continuas cuantitativas que no presentan dificultad alguna en la aplicación de datos de panel.

Se evidencia que la corrección por clústeres hace que disminuyan las desviaciones estándar tanto para la variable D como para las variables de percepción. De acuerdo con los 9 modelos expuestos se concluye que el modelo 2 tiene como variable dependiente el interés por la materia, y se establece un impacto positivo del 36 % del grupo de tratados versus los no tratados al 95 % de nivel de confianza. Otra variable importante es la del interés de los estudiantes en la materia, la cual establece que las personas mejoraron su percepción en un 22.1 % de un periodo a otro. Finalmente, se debe subrayar que el modelo 2 cumple con los supuestos de todo modelo de mínimo cuadrados ordinarios (MCO), es decir que es eficiente, lineal, insesgado y óptimo⁹.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Es evidente que la aplicación de videojuegos en el aula universitaria es algo novedoso en nuestro país, a su vez que existen pocos estudios en el Ecuador que avalen la efectividad de este método pedagógico. El aporte de esta investigación justamente se halla en la creación de nuevas modalidades de enseñanza en el aula universitaria, por otro lado, mide la efectividad de la aplicación de videojuegos a través de técnicas

⁹ Se debe mencionar que el modelo 2 cumple los supuestos de mínimos cuadrados ordinarios (v. anexo 2, gráfico de la distribución normal de la variable dependiente; anexo 3, relación de los errores entre la distribución de los errores y la variable dependiente; anexo 4, diagnóstico de la distribución de normalidad de los errores; anexo 5, tabla de inflación de la varianza). Con estos aspectos, se comprueba que modelo es eficiente, lineal, insesgado y óptimo (ELIO).

econométricas. Además, con el presente estudio se demuestra que dichas técnicas no son exclusivas en la mediación del impacto de políticas públicas, tampoco, como en el caso de la medicina, a la evaluación de nuevos medicamentos; se demuestra su utilidad en aspectos relacionados a la enseñanza y en sus aspectos psicológicos inherentes.

Dadas las características de las bases de datos, se configura un panel de datos, con el cual se aplica un modelo de diferencias en diferencias a través del control de clústeres de los principales grupos existentes y control de sus desviaciones estándar, método que resulta ser efectivo para la medición del impacto. Por un lado, se establece que las poblaciones son semejantes, tal como lo muestra los test de medias para las variables de edad, calificaciones, semestre y percepción acerca de la materia, y, por otro lado, existe evidencias que hay control en el sesgo de selección, tal como se demuestra con el modelo probit, considerando la aplicación exclusiva del juego por parte de quienes poseen un teléfono Android, que de cierta manera da aleatoriedad a la conformación del grupo de tratados.

En este sentido, los resultados muestran que la gamificación en el aula de clase puede cambiar el tipo de percepciones de los estudiantes, inclusive puede potenciar los conocimientos de los alumnos. Las calificaciones tuvieron un mejor resultado para el grupo de tratamiento en 36 % en relación con el grupo de control, de un periodo *ex ante* a otro *ex post*. La percepción de interés por la materia tuvo un impacto positivo de 22.21 % del grupo tratamiento respecto del control en los dos periodos sucesivos.

En cuanto a limitaciones, la primera es la falta de una versión del videojuego para sistema iOS, lo cual excluye a estos usuarios de sus beneficios, así como impide un estudio comparativo de usuarios y resultados entre uno y otro sistema. Otra limitación en este proyecto fue la imposibilidad de su aplicación a muchos más cursos y unidades dentro de los cursos de manera permanente y continua a lo largo del tiempo de duración de los mismos. Lo cual garantizaría que la gamificación estructural en las aulas tenga una eficacia más profunda y duradera en la enseñanza universitaria.

Se sugiere la aplicación del videojuego a otro tipo de poblaciones estudiantiles como secundarias o primarias, para conocer los impactos que pudieran acontecer en la enseñanza de ética y valores, como el cumplimiento del deber, la valoración de la vida y el cuidado del medioambiente, entre otros.

Finalmente, se recomienda el desarrollo del juego con nuevas opciones y posibilidades, nuevos paisajes y escenarios, con temáticas diferentes, de tal forma que este método colabore a la motivación permanente de los estudiantes y se convierta en un instrumento pedagógico no solo de contenidos de ética sino también de formación de valores ciudadanos.

BIBLIOGRAFÍA

- Asiri, M. J. (2019). Do teachers' attitudes, perception of usefulness, and perceived social influences predict their behavioral intentions to use gamification in EFL classrooms? Evidence from the Middle East. *International Journal of Education and Practice*, 7(3), 112-122. <https://ideas.repec.org/a/pkp/ijoeap/2019p112-122.html>
- Bakhanova, E., García, J. A., Raffé, W. L. & Voinov, A. (2020). Targeting social learning and engagement: what serious games and gamification can offer to participatory modeling. *Environmental Modelling & Software*, 134. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2020.104846>
- Batistello, P. & Pereira, A. T. C. (2019). El aprendizaje basado en competencias y metodologías activas: aplicando la gamificación. *Revista científica de Arquitectura y Urbanismo*, 40(2), 31-42. <https://www.redalyc.org/jatsRepo/3768/376862224003/index.html>
- Bernal & Peña (2012). *Guía práctica para la evaluación de impacto*. Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia.
- Buheji, M. (2019). Re-inventing public services using gamification approaches. *International Journal of Economics and Financial Issues*, 9(6), 48-59.
- Callejo, M. (2016). Variables explicativas de la audiencia de videojuegos entre los españoles menores de 25 años. *Comunicación y Sociedad*. 25, 43-69. <https://doi.org/10.32870/cys.v0i25.4421>
- Contreras Espinosa, R. y Eguia, J. L. (2016). *Gamificación en aulas universitarias*. Bellaterra: Institut de la Comunicació, Universitat Autònoma de Barcelona.
- Fernández-Arias, P., Ordóñez-Olmedo, E., Vergara-Rodríguez, D., & Gómez-Vallecillo, A. I. (2020). La gamificación como técnica de adquisición de competencias sociales. *Revista Prisma Social*, (31), 388-409. En <https://revistaprismasocial.es/article/view/3698>
- González Castro, G. (2019). *Videojuego RPG como material de apoyo en la enseñanza de Estudios Sociales*. Tesis de Maestría. Guayaquil Universidad Casa Grande. <http://dspace.casagrande.edu.ec:8080/handle/ucasagrande/1950>
- Guevara Vizcaíno, C. (2018). *Estrategias de gamificación aplicadas al desarrollo de competencias digitales docentes*. Trabajo final para la obtención del Título de Magíster en Tecnología e Innovación Educativa. Universidad Casa Grande. Departamento de Posgrado, Guayaquil. <http://dspace.casagrande.edu.ec:8080/handle/ucasagrande/1429>
- Halbrook, Y. J., O'Donnell, A. T. y Msetfi, R. M. (2019). When and how video games can be good: A review of the positive effects of video games on well-being. *Perspectives on Psychological Science*, 14(6). <https://doi.org/10.1177/1745691619863807>
- Hassan, L. & Hamari, J. (2020). Gameful civic engagement: a review of the literature on gamification of e-participation. *Government Information Quarterly*, 37(3), 101461. <https://doi.org/10.1016/j.giq.2020.101461>
- Hernández, J. F. y Cano, Á. P. (2016). La transmisión de valores y responsabilidad social a partir de los videojuegos. *Sphera Publica*, 1(16), 114-131. <http://sphera.ucam.edu/index.php/sphera-01/article/view/267>
- Lizano Zambrano, K. R. y Pinela Cuzco, E. S. (2018). *La gamificación en el aprendizaje significativo de los estudiantes en la asignatura de Lengua y Literatura*. Bachelor Tesis. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/35152>

- López Gómez, S. y Rodríguez Rodríguez, J. (2016). Experiencias didácticas con videojuegos comerciales en las aulas españolas. *Didáctica, innovación y multimedia*, 33,1-8. <https://ddd.uab.cat/record/148417>
- Lucero, W., Domínguez, E. y Lima, F. (2019). *Desarrollo de un videojuego 3D para el aprendizaje de los movimientos y fuerzas para niños de 10 años del colegio Johann Amos Comenius*. Trabajo de titulación. Quito. UCE. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/17816>
- Martínez, J. (2019). Percepciones de estudiantes y profesores acerca de las competencias que desarrollan los videojuegos. *Pensamiento Educativo*, 56(2), 1-21. <https://pensamientoeducativo.uc.cl/index.php/pel/article/view/1165/2124>
- Montes González, J. A., Ochoa Angrino, S., Baldeón Padilla, D. S. y Bonilla Sáenz, M. (2018). Videojuegos educativos y pensamiento científico: Análisis a partir de los componentes cognitivos, metacognitivos y motivacionales. *Educación y Educadores*, 21(3), 388-408. 10.5294/edu.2018.21.3.2
- Morschheuser, B., Riar, M., Hamari, J. & Maedche, A. (2017). How games induce cooperation? A study on the relationship between game features and we-intentions in an augmented reality game. *Computers in Human Behavior*, 77, 169-183. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0747563217304946?via%3Dihub>
- Núñez-Barriopedro, E., Sanz-Gómez, Y. y Ravina-Ripoll, R. (2020). Los videojuegos en la educación: beneficios y perjuicios. *Revista Electrónica Educare*, vol. 24, núm. 2. <https://www.redalyc.org/jatsRepo/1941/194163269012/index.html>
- Ordóñez-Olmedo, E. (2017). Propuesta de Innovación docente: La inclusión de las competencias transversales en enseñanzas universitarias oficiales de máster y el fortalecimiento de los valores democráticos. *International Journal of Educational Research and Innovation (IJERI)*, 8, 148-162. <https://rio.upo.es/xmlui/handle/10433/5316>
- Ortiz-Colón, A. M., Jordán, J. & Agredal, M. (2018). Gamificación en educación: una panorámica sobre el estado de la cuestión. *Educação e Pesquisa*, 44. <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-4634201844173773>
- Pareja, J. A., Fernández, M., y Fuentes, J. (2019). Innovación metodológica en el máster profesionalizador de formación del profesorado: Aprendizaje basado en proyectos desde la interdisciplinariedad. Profesorado. *Revista de Currículum y Formación del Profesorado*, 23(3), 113-128. doi: 10.30827/profesorado.v23i3.9497
- Pelegrín-Borondo, J., Sierra-Murillo, Y., Ollarte-Pascual, C. & García-Milon, A. (2020). Juego de Tronos en el aula. Efecto de la gamificación en la motivación y en la calidad percibida. *Journal of Management and Business Education*, 3(1), 72-89. <https://www.nitoku.com/@journal.mbe/issue%20v3%20n1%20juego%20de%20tronos>
- Ponce, C. (2017). *Gamificación en Ecuador: ¿Los juegos pueden ser parte de procesos educativos y laborales?* Trabajo de titulación en periodismo. Quito. UDLA. <http://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/8141>
- Prieto, A., Díaz, D., Sanz, J. y Reyes, E. (2014). Experiencias de aplicación de estrategias de gamificación a entornos de aprendizaje universitario. AENUI. <http://www.aenui.net/ojs/index.php?journal=revision&page=article&op=view&path%5B%5D=149&path%5B%5D=254>
- Roncancio-Ortiz, A. P., Ortiz-Carrera, M. F., Llano-Ruiz, H., Malpica-López, M. J. & Bocanegra García, J. J. (2017). El uso de los videojuegos como herramienta didáctica para mejorar la

- enseñanza-aprendizaje: una revisión del estado del tema. *Ingeniería Investigación y Desarrollo*, 17(2), 36-46. <https://doi.org/10.19053/1900771X.v17.n2.2017.7184>
- Ruben-Moreno, N., Wylie, L. & Serre-Delcor, N. (2019). Refugee Escape Room©: a new gamification tool to deepen learning about Migration and Health. *European Journal of Public Health*, 29 (Supl. 4), 185-248. http://www.healthonthemove.net/wp-content/uploads/2018/12/Escape-Room_-Roma.pdf
- Stock and Watson (2012). *Introducción a la Econometría*. Tercera edición. Boston, MA: Addison-Wesley, Series in Economics.
- Saraguro-Bravo, R., Samaniego, J., Maldonado, R. (2017). MOOCs UTPL: Plataforma de Gestión de Aprendizaje Gamificado. UTPL. <https://documentas.redclara.net/handle/10786/1269?mode=full>
- Scharrer, E., Kamau, G., Warren, S. & Zhang, C. (2018). Violent video games do contribute to aggression. In Ferguson, C. J. (Ed.). *Video game influences on aggression, cognition, and attention*. (pp. 5–21). Cham, Switzerland: Springer.
- Torres, Á. y Romero, L. (2018). *Gamificación en Iberoamérica: Experiencias desde la comunicación y la educación*. Quito. Editorial AbyaYala.
- Vergara, D., Mezquita, J. M. & Gómez, A. I. (2019). Metodología innovadora basada en la gamificación educativa: evaluación tipo test con la herramienta Quizizz. Profesorado. *Revista de Currículum y Formación de Profesorado*, 23(3), 363-387. <https://doi.org/10.30827/profesorado.v23i3.11232>
- Vergara, D. & Mezquita, J. M. (2016). Diseño de juegos serios para reforzar conocimientos: una experiencia educativa en secundaria. Profesorado. *Revista de Currículum y Formación de Profesorado*, 20(2), 238-254. <https://recyt.fecyt.es/index.php/profesorado/article/view/52101>
- Wooldridge, J. (2010). *Introducción a la Econometría*. México.
- Yen, B. T., Mulley, C. & Burke, M. (2019). Gamification in transport interventions: Another way to improve travel behavioral change. *Cities*, 85, 140-149. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2018.09.002>
- Zamora-Polo, F., Corrales-Serrano, M., Sánchez-Martín, J. & Espejo-Antúnez, L. (2019). Nonscientific University Students Training in General Science Using an Active-Learning Merged Pedagogy: Gamification in a Flipped Classroom. *Education Sciences*, 9 (4), 297. <https://doi.org/10.3390/educsci9040297>

ANEXOS

1. Encuesta *ex ante*

Encuesta de investigación para la materia de Ética ($D = 1$ y $D = 0$, $t = 0$).

Solicitamos su sincera colaboración respondiendo de modo rápido y sin ayuda de internet. Esta encuesta no tiene ningún efecto negativo en la nota final.

*Obligatorio

Dirección de correo electrónico*

1. *Nombres y apellidos:**

Tu respuesta

2. *Escriba su edad:**

3. *Escoja su género:**

Mujer

Hombre

Otro:

4. *Escriba su carrera:**

5. *Semestre que cursa:**

6. *Escoja cuál es su interés por la materia de Ética:*

Me interesa poco

Me interesa medianamente

Me interesa mucho

7. *¿Piensa que la materia de Ética es aplicable a su carrera?**

No es aplicable

Medianamente aplicable

Es muy aplicable

8. *¿Piensa que la materia de Ética es aplicable a su vida personal?**

No es aplicable

Medianamente aplicable

Es muy aplicable a mi vida personal

2. Encuesta *ex post* no tratados

Encuesta de investigación para la materia de Ética ($D = 0$ y $t = 1$)

Este formulario mide los resultados de satisfacción de los alumnos en la clase que recibieron. La nota no tiene ningún efecto negativo en la nota final de Ética.

*Obligatorio

1. *Nombres y apellidos:**

Tu respuesta

2. *La clase le pareció:**

Llenó sus expectativas
Entretenida
Aburrida

3. *¿Cómo se sintió durante la clase?**

Interesado
Medianamente interesado
Quería que se acabe pronto

4. *Su postura ante la ética, la definiría como:**

Importante para la vida cotidiana y profesional
Medianamente aplicable para la vida cotidiana y profesional
Poco aplicable para la vida cotidiana y profesional

5. *Escoja cuál es su interés por la materia de Ética:**

Me interesa mucho
Me interesa medianamente
Me interesa poco

6. *¿Piensa que la materia de Ética es aplicable a su carrera?**

Es muy aplicable a mi carrera
Medianamente aplicable
No es aplicable

7. *¿Piensa que la materia de Ética es aplicable a su vida personal?**

Es muy aplicable
Medianamente aplicable
No es aplicable

8. *Escoja los 3 sistemas éticos históricos correctos:**

- a. Utilitarismo del siglo VI a.C.
- b. Ética aristotélica del siglo IV a.C.
- c. Ética discursiva del siglo XX
- d. Ética de la buena voluntad actual
- e. Ética kantiana del siglo XVIII

9. *¿Cuáles de los siguientes autores representan a los sistemas éticos históricos?
Escoja 3:*

- a. Apel
- b. Freud
- c. Bentham
- d. Habermas
- e. Euler

3. Encuesta ex post tratamiento

Encuesta de investigación para la materia de Ética (y)

La presente encuesta mide el nivel de satisfacción en la realización del juego. Solicitamos su sincera colaboración respondiendo de modo rápido y sin ayuda de internet. Esta encuesta no tiene ningún efecto negativo en la nota final.

*Obligatorio

1. *Nombres y apellidos:**

Tu respuesta

2. *¿Cómo se sintió aplicando el juego?**

Llenó sus expectativas

Entretenido

Aburrido

3. *¿Cuántas estrellas logró al final del juego?**

Elige entre 1 y 15

4. *Su postura ante la ética, la definiría como:**

Importante para la vida cotidiana y profesional

Medianamente aplicable para la vida cotidiana y profesional

Poco aplicable para la vida cotidiana y profesional

5. *Escoja cuál es su interés por la materia de Ética:**

Me interesa mucho

Me interesa medianamente

Me interesa poco

6. *¿Piensa que la materia de Ética es aplicable a su carrera?**

Es muy aplicable a mi carrera

Medianamente aplicable

No es aplicable

7. *¿Piensa que la materia de Ética es aplicable a su vida personal?**

Es muy aplicable

Medianamente aplicable

No es aplicable

8. *Escoja los 3 sistemas éticos históricos correctos:**

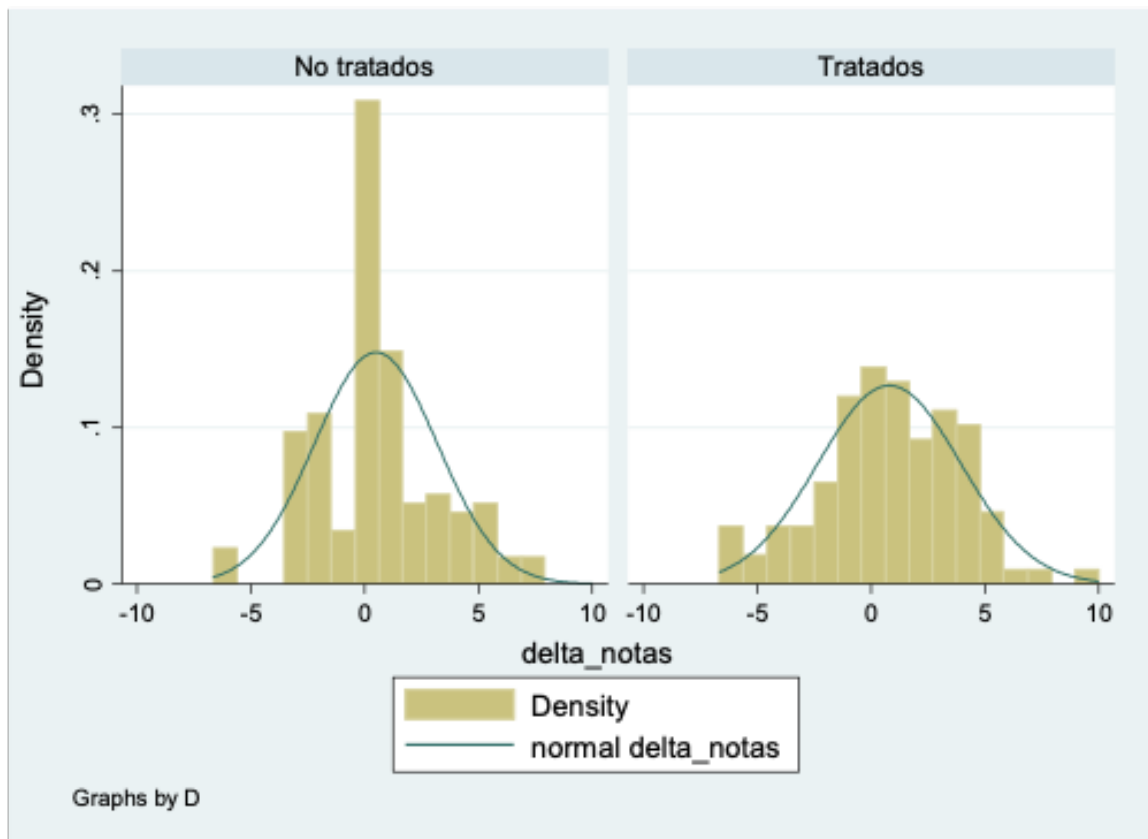
a. Utilitarismo del siglo VI a.C.

- c. Ética discursiva del siglo xx
- b. Ética aristotélica del siglo iv a.C.
- e. Ética kantiana del siglo xviii
- d. Ética de la buena voluntad actual

9. *¿Cuáles de los siguientes autores representan a los sistemas éticos históricos?*
*Escoja 3:**

- a. Apel
- b. Freud
- c. Bentham
- d. Habermas
- e. Euler

Anexo 2. Histograma del delta de las notas



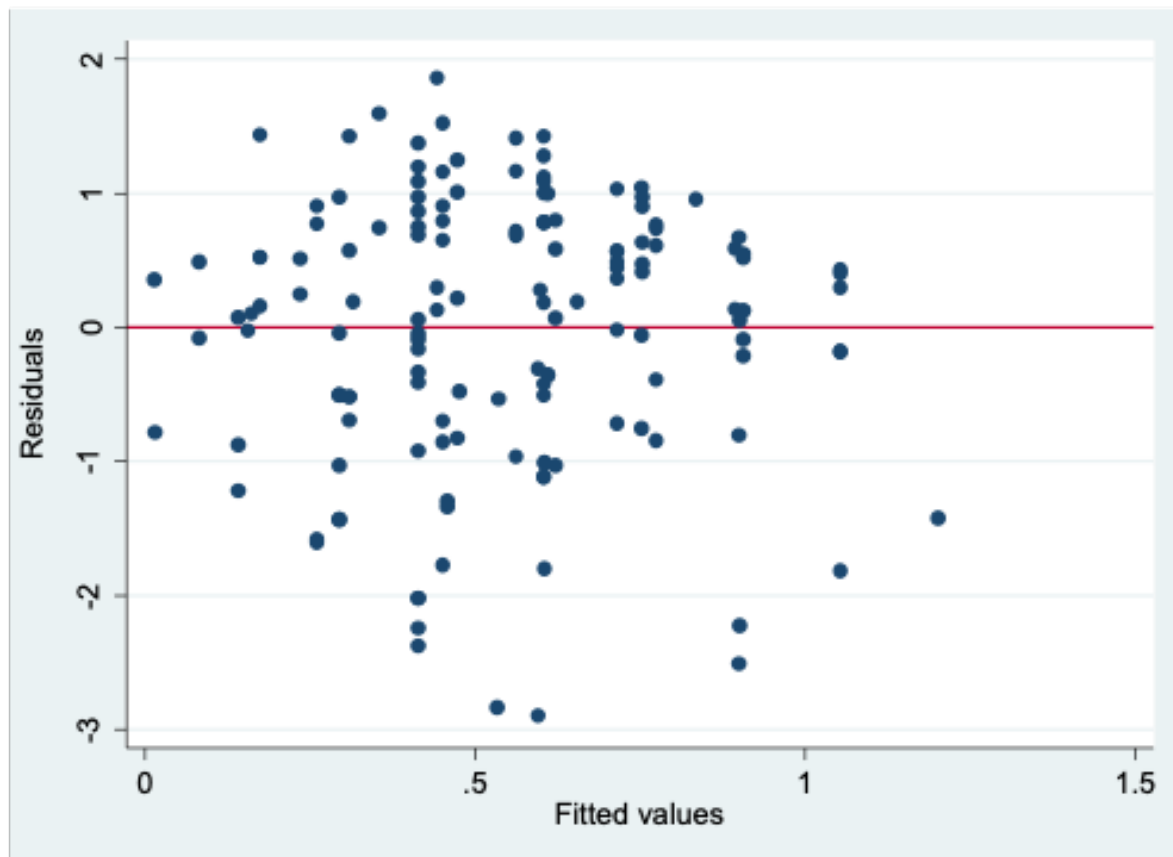
Fuente: encuestas elaboradas para estudiantes de la PUCE

Elaboración: equipo de trabajo

Se observa que las variables deltas notas, tanto para población de tratamiento y control, tienen una distribución normal casi perfecta, con un ligero apuntalamiento en el grupo de tratados. Este aspecto es fundamental tanto para la comprobación de la similitud de los dos grupos como para la eficacia en los resultados del modelo de diferencias en diferencias.

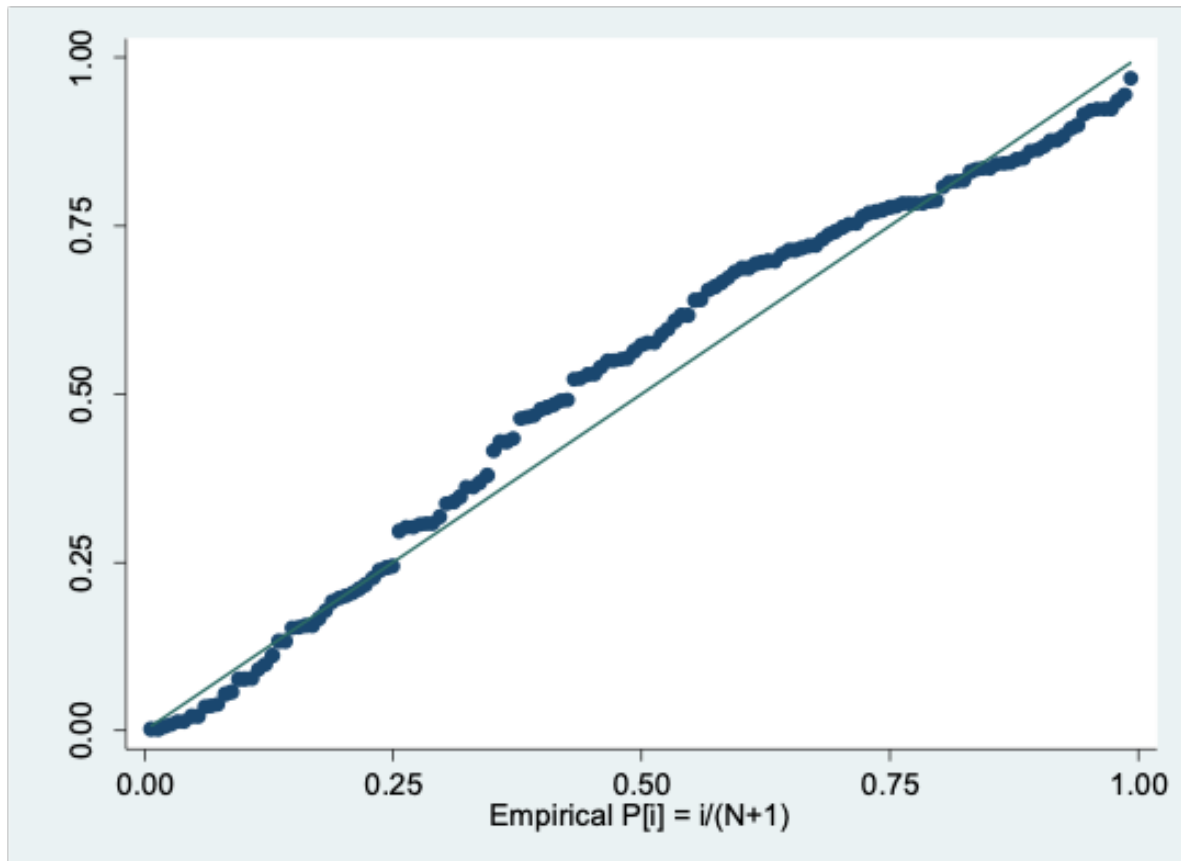
Anexo 3.

Relación entre la distribución de los errores y la variable dependiente

**Fuente:** encuestas elaboradas para estudiantes de la PUCE**Elaboración:** equipo de trabajo

El gráfico anterior muestra una relación de los residuos con los valores ajustados de la variable dependiente. Esta relación verifica un posible patrón de comportamiento, que, en caso de existir, comprobaría la presencia de heteroscedasticidad. Según el gráfico anterior, se comprueba que la variable dependiente no tiene ninguna relación con la distribución de los errores, comprobándose homoscedaticidad, considerándose que la varianza de los residuales es constante.

Anexo 4.
Diagnóstico de la distribución de normalidad de los errores (*Plot*)



Fuente: encuestas elaboradas para estudiantes de la PUCE

Elaboración: equipo de trabajo

El gráfico anterior muestra que los errores tienen una distribución muy semejante a la normal, pues la gráfica de color azul se asemeja a la recta de 45 grados.

Anexo 5.

Tabla de inflación de la varianza para el modelo 2

Variables explicativas	VIF (a)	1/VIF (b)
D	1.07	0.935
semestre	1.99	0.503
Género	12.48	0.080
SemestrexGenero	12.45	0.080
Interes_materia	1.05	0.952

Fuente: Encuestas elaboradas para estudiantes de la PUCE

Elaboración: Equipo de trabajo

La tabla anterior establece el factor de inflación de la varianza, el cual mide la velocidad con la cual se incrementan las varianzas y las covarianzas de los estimadores, y, si esta velocidad es alta, los errores estándar son demasiado altos, ocasionando errores de tipo I en los coeficientes.

De acuerdo con el anexo 5, en la columna a, los VIF de cada una de las variables del modelo 2 no pasan de 39, considerándose por lo tanto que las variables independientes no son combinación lineal de otras variables independientes. Alternativamente, en la columna b, se observa el índice de tolerancia (1/VIF); se acepta un índice de tolerancia de hasta 0,99: ninguna de las variables pasa este número, por lo cual se concluye que no hay multicolinealidad.

