

**Banco Central
del Ecuador**

eISSN: 2697-3367
2025



**Cuestiones
Económicas**
Volumen 35 Número 1

BANCO CENTRAL DEL ECUADOR

© 2025, de la edición, *Revista Cuestiones Económicas*

Para más información contactarse con Banco Central del Ecuador, Av. 10 de Agosto N11-409 y Briceño, Quito, Pichincha, 170409

Telf: (593-2) 393 8600

Revista digital: <https://estudioseconomicos.bce.fin.ec/index.php/RevistaCE/index>

Correo electrónico: ceconomicas@bce.ec

www.bce.fin.ec

Primera edición 1979. Última edición 2025.

E-ISSN: 2697-3367

DOI: 10.47550/RCE

REVISTA CUESTIONES ECONÓMICAS VOLUMEN 35, NÚMERO 1 | ENERO - JUNIO 2025

COORDINACIÓN GENERAL:

Subgerencia de Estudios y Programación Macroeconómica

EDICIÓN, CORRECCIÓN DE ESTILO Y DIAGRAMACIÓN:

Jonathan Tayupanta

Xavier Tayupanta

PARES CIEGOS:

Luis Mendieta, María del Cisne Tituaña, Daniel Covri, Jhon Campuzano, José Ramírez, Ángel Marideña, Andrés Gatty, Diego Lara, Fausto Patiño, Luis Argoti, Juan Carlos Campuzano, Segundo Vilema, Jorge García, Raúl Aldaz, Carlos Ponce, Drichelmo Tamayo, Ramón Villa Cox, Rafaela Bastidas

EDITORIALES:

Invertir en Bases de Datos para Promover el Progreso

Alberto Posso

Alconometrics: Bridging Artificial Intelligence and Econometrics for Data-Driven Policy in Latin America

Marcos Centurion-Vicencio

ARTÍCULOS DE INVESTIGACIÓN:

Productividad laboral: un análisis shift-share para el caso ecuatoriano

Marjorie Conde

Efecto del precio de los combustibles en la inflación en una economía dolarizada, caso Ecuador

Emanuel Yaselga y Alan Bunce

Un análisis de la dinámica interrelacional entre crecimiento económico, gasto público e ingresos petroleros: caso ecuatoriano (1970-2022)

Erika Arce, Alfredo Loja y Luis Sarmiento

Factors influencing the probability of affiliation to the social security system among informal sector workers in Ecuador

Angie Murillo, Wilma Guerrero y Danilo Cuaical

Análisis de encadenamientos productivos en Ecuador

Axel Guanoluisa, Alejandro Molina, Pedro Gonzalez y Robert Guanoluisa

La productividad total de los factores: caso del sector bebidas en Ecuador

Nathaly Garate, Luis Pinos, Silvia Mejía y Luis Sarmiento

Logrolling and strategic preferences for high-transaction-cost legislative dynamics: A quid pro quo level-k
Carlos Torres-Acosta

Modelado y predicción del índice de intensidad energética por provincias del Ecuador

Xavier Rodríguez-Cruz, Julio Litardo



Banco Central del Ecuador

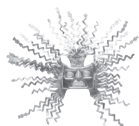


Tabla de contenidos

Editoriales

- Invertir en bases de datos para promover el progreso 6
Alberto Posso

- AIconometrics: Bridging Artificial Intelligence and Econometrics for Data-Driven Policy in Latin America 11
Marcos Centurion-Vicencio

Artículos de investigación

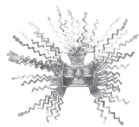
- Productividad laboral: un análisis shift-share para el caso ecuatoriano 17
Marjorie Conde

- Inflación en movimiento: efecto del precio de los combustibles en una economía dolarizada, caso de Ecuador 46
Emanuel Yaselga y Alan Bunce

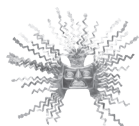
- Un análisis de la dinámica interrelacional entre crecimiento económico, gasto público e ingresos petroleros: caso ecuatoriano (1970-2022) 74
Erika Arce, Alfredo Loja y Luis Sarmiento

- Factors Influencing the Probability of Affiliation to the Social Security System Among Informal Sector Workers in Ecuador 105
Angie Murillo, Wilma Guerrero and Danilo Cuaical

- Análisis de encadenamientos productivos en Ecuador 140
Axel Guanoluisa, Pedro Gonzalez, Alejandro Molina y Robert Guanoluisa



- La productividad total de los factores: caso del sector bebidas en Ecuador 182
Nathaly Garate, Luis Pinos, Silvia Mejía y Luis Sarmiento
- Logrolling and Strategic Preferences for High-Transaction-Cost Legislative Dynamics: A Quid Pro Quo Level-k Approach 210
Carlos Torres-Acosta
- Modelado y predicción del índice de intensidad energética por provincias del Ecuador utilizando redes neuronales y análisis de conglomerados con algoritmos de aprendizaje automático 234
Xavier Rodríguez-Cruz y Julio Litardo



EDITORIAL

INVERTIR EN BASES DE DATOS PARA PROMOVER EL PROGRESO

Alberto Posso

Profesor de Economía y director del Departamento de Contabilidad, Finanzas y Economía -
Griffith Business School
Gold Coast, Australia

1. INTRODUCCIÓN

La ciencia económica y social ha progresado significativamente en las últimas décadas gracias a la disponibilidad de datos de alta calidad. Las bases de datos accesibles, granulares y completas no solo fomentan la investigación académica, sino que también ayudan a los gobiernos a diseñar políticas públicas efectivas y basadas en evidencia. En este contexto, es fundamental destacar la necesidad de que los gobiernos inviertan en sistemas de información robustos que permitan a los investigadores nacionales e internacionales analizar y abordar problemas críticos.

Tener estas bases de datos es importante, pero también es crucial garantizar su accesibilidad. Disponer de bases de datos limpias en programas como Stata, R o SPSS, por ejemplo, reduce significativamente el tiempo de trabajo para los investigadores y fomenta un mayor uso de estos datos. Al hacerlo, se generan más políticas, más información y más recomendaciones, beneficiando a la sociedad.

Por ello, es importante que los estados estén bien capacitados para entender las diferencias entre buenos y no tan buenos artículos y recomendaciones. También es esencial que los gobiernos sepan dónde buscar esta información y cómo utilizarla, recurriendo, por ejemplo, a publicaciones de alta reputación en revistas académicas conocidas, como *Cuestiones Económicas*.

2. LECCIONES DE PAÍSES PIONEROS

Países como Perú, Vietnam, China y Nigeria han demostrado el impacto positivo de invertir en bases de datos granulares y accesibles. Estas naciones han logrado atraer la atención de investigadores de todo el mundo, quienes han utilizado estas herramientas para estudiar problemas económicos y sociales, proponer soluciones y generar recomendaciones de políticas.

En el caso de Perú, por ejemplo, encuestas nacionales como la Encuesta Nacional de Hogares (ENAHOG) han proporcionado datos detallados sobre ingresos, empleo y acceso a servicios, lo que ha permitido estudios clave sobre desigualdad y pobreza. Vietnam, por su parte, ha utilizado sus bases de datos para fomentar el análisis de cómo las reformas educativas y laborales han impactado a su población. Las encuestas vietnamitas también han fomentado la investigación sobre el cambio climático y cómo los segmentos vulnerables de la sociedad generan resiliencia ante esos shocks. En China, la disponibilidad de datos sobre el uso de servicios financieros ha sido crucial para entender los efectos de la industrialización rápida en diferentes aspectos de la desigualdad. Nigeria, a través de un programa de datos financiado por el Banco Mundial, ha logrado ayudar a entender cómo las naciones responden a fuerzas políticas, incluyendo el terrorismo. Otros ejemplos incluyen Etiopía, Indonesia y Filipinas.

Estos ejemplos evidencian que la calidad y accesibilidad de los datos no solo estimulan la investigación local, sino que también posicionan a un país como un centro de atención global en términos de desarrollo académico y político. La colaboración con la comunidad internacional trae consigo una dinámica virtuosa: investigadores externos enfocan sus esfuerzos en los problemas del país, generando recomendaciones concretas que pueden transformar vidas.

La razón por la cual la inversión en datos accesibles genera este interés se debe a que las universidades, tanto en Ecuador como en la mayoría de países, exigen publicaciones de buena calidad a sus docentes. Esto es parte del proceso académico y esas investigaciones ayudan a determinar el prestigio de las universidades y a generar nuevas ideas y conocimiento para sus alumnos. El sistema global universitario está listo para ser explotado y para generar una nueva fuente de asesoramiento político y económico independiente.

3. EL CASO DEL ECUADOR Y LA COMPETENCIA POR LA ATENCIÓN ACADÉMICA

Contrastar esta realidad con la situación de países como Ecuador muestra los retos que enfrenta una nación que no necesariamente prioriza el desarrollo de bases de datos accesibles. Aunque Ecuador ha realizado esfuerzos

significativos para recopilar datos, estos a menudo carecen de granularidad o son difíciles de acceder. Esto aumenta el costo de investigación y desincentiva a los académicos internacionales a enfocarse en los problemas económicos y sociales del país.

La página web del INEC muestra que el país ha realizado inversiones en datos en los últimos años. Sin embargo, acceder a muchos de estos datos sigue siendo difícil. En ocasiones, los enlaces no funcionan, y en otros casos, existen problemas para acceder a bases de datos que finalmente resultan inaccesibles por falta de contactos. Como resultado, los investigadores, tanto ecuatorianos como extranjeros, a menudo deciden que es mejor enfocarse en problemas fuera de Ecuador. Esto es a pesar de que Ecuador tiene muchas características que lo hacen internacionalmente interesante, como su riqueza en biodiversidad, su topografía y sus rápidos cambios políticos y sociales, incluyendo los bruscos cambios en la seguridad que ha experimentado el país en los últimos años.

Es necesario preguntarse, entonces, cómo los cambios en la seguridad en sectores vulnerables han impactado, por ejemplo, el acceso a mercados laborales para las mujeres, que son relativamente más vulnerables, o el acceso a las escuelas, especialmente para las niñas. Resulta relevante analizar cuál será el impacto a largo plazo y cuál es el efecto de, por ejemplo, vivir cerca de una estación de transporte público o de una estación de policía. En muchas partes del mundo, incluyendo Perú e India, responder preguntas así no es imposible gracias a bases de datos granulares que mezclan información a nivel de hogar con datos comunitarios.

En el contexto global actual, los países compiten por atraer la atención de investigadores y científicos. La investigación es una herramienta poderosa que puede desencadenar cambios estructurales, cerrar brechas entre poblaciones marginadas y el resto de la sociedad, y ayudar a los gobiernos a prepararse para enfrentar crisis globales como el cambio climático. Sin embargo, si los datos necesarios no están disponibles o son inaccesibles, las naciones quedan relegadas en esta competición.

4. PROTECCIÓN DE DATOS Y PRIVACIDAD

Uno de los principales desafíos en la implementación de bases de datos accesibles es garantizar la protección de datos y la privacidad de los ciudadanos. Es fundamental que los gobiernos implementen medidas de seguridad robustas para proteger la información personal y evitar el uso indebido de los datos. Esto incluye la adopción de leyes de protección de datos, la implementación de tecnologías de encriptación y la capacitación de los funcionarios públicos en prácticas de seguridad de la información.

Como académico internacional, no es extraño para mí tener que pedir acceso a datos granulares y pasar por varias etapas que aseguran que tengo los conocimientos necesarios para resguardar la privacidad de los sujetos de estos datos. Muchos países otorgan acceso a datos granulares solo a personas en instituciones de investigación de confianza después de haber pasado por inducciones y entrenamientos; otros países adoptan sistemas más *laissez-faire*.

Aunque tener inducciones y entrenamientos aumenta el costo de acceso, esto no se compara en absoluto a los costos relacionados con transferir datos de diferentes programas, como Excel, a programas más útiles como Stata. Tener inducciones, entonces, tendrá un costo marginal bajo que vale la pena si el producto final es bueno y accesible.

5. EL PAPEL DE LA EDUCACIÓN Y LA CAPACITACIÓN

Para maximizar los beneficios de las bases de datos accesibles, es esencial que los investigadores, formuladores de políticas y otros actores clave estén capacitados en el uso de estas herramientas. Los gobiernos deben invertir en programas de educación y capacitación que enseñen a los usuarios cómo acceder, analizar y utilizar los datos de manera efectiva. Esto incluye la formación en habilidades técnicas, como el análisis de datos y la programación, así como en habilidades blandas, como la interpretación de resultados y la comunicación de hallazgos.

6. ACCESIBILIDAD: LA CLAVE DEL ÉXITO

No basta con recopilar datos; es igualmente importante garantizar que estos sean fácilmente accesibles para investigadores, formuladores de políticas y otros actores clave. Esto implica:

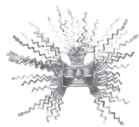
1. **Crear plataformas digitales intuitivas:** sistemas que permitan a los usuarios explorar y descargar datos a programas estadísticos como Stata sin barreras técnicas significativas.
2. **Reducir costos de acceso:** muchos investigadores, especialmente en países en desarrollo, enfrentan restricciones presupuestarias. El acceso gratuito o de bajo costo puede marcar una gran diferencia.
3. **Asegurar la actualización constante:** los datos deben reflejar la realidad actual y no quedarse desactualizados, especialmente en contextos rápidamente cambiantes.

4. **Garantizar la desagregación de datos:** variables como género, edad, nivel socioeconómico y ubicación geográfica son esenciales para realizar análisis profundos y relevantes.

7. CONCLUSIÓN: UNA INVERSIÓN ESTRATÉGICA

En un mundo donde la información es poder, los gobiernos que priorizan la creación de bases de datos accesibles y granulares se posicionan mejor para enfrentar los retos del futuro. No solo facilitan la investigación y el diseño de políticas públicas más efectivas, sino que también abren la puerta a colaboraciones internacionales que benefician a sus ciudadanos.

La inversión en datos accesibles no debe considerarse un gasto, sino una estrategia de desarrollo. Como lo han demostrado países como Perú, Vietnam, China y Nigeria, los resultados pueden transformar las realidades económicas y sociales. Es hora de que más países, como el Ecuador, reconozcan esta oportunidad y se sumen a esta tendencia global para garantizar un futuro más equitativo y sostenible.



EDITORIAL

AI CONOMETRICS: BRIDGING ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND ECONOMETRICS FOR DATA-DRIVEN POLICY IN LATIN AMERICA

Marcos Centurion-Vicencio

Researcher in Economics - Université Grenoble Alpes
Grenoble, France

1. INTRODUCTION

Latin America has made significant strides in institutionalizing data-driven approaches to economic policy, with econometrics serving as the analytical backbone of forecasting and evaluation. From inflation modeling to poverty measurement, these tools have enabled more evidence-based decision-making across a range of macroeconomic and social policy domains. However, important challenges remain. Traditional econometric methods rely heavily on structured data (household surveys, administrative records, national accounts, among others), which, while foundational, are often limited in timeliness, granularity, and scope. These constraints can be particularly binding in contexts of high informality or rapid socioeconomic change, where conventional data sources struggle to provide real-time or granular insights.

This is where artificial intelligence methods, particularly machine learning (ML), deep learning (DL) and large language models (LLMs), can serve as a valuable complement to traditional econometric approaches. While econometrics remains essential for causal inference and theory-driven analysis, AI methods excel at uncovering patterns in large, complex datasets that exceed the processing capacity of standard techniques. These methods can incorporate vast volumes of structured data (e.g., high-frequency financial transactions or administrative microdata) as well as *unstructured* data sources, including

text, images, and satellite data. This expanded analytical frontier enables a richer understanding of economic dynamics, especially in areas where conventional data are sparse, delayed, or incomplete. When thoughtfully integrated, “Alconometrics” (as introduced here to describe hybrid models that combine AI techniques with econometric methods) can enhance the granularity, responsiveness, and policy relevance of economic analysis, without compromising the conceptual rigor of econometrics.

2. MACHINE LEARNING AND THE TURN TO UNSTRUCTURED DATA

Rather than framing econometrics and AI as competing paradigms, a growing number of economists advocate for their complementary use (Gaillac & L’Hour, 2025; Athey & Imbens, 2019). Alconometrics models combine the structure and theoretical clarity of econometrics with the flexibility and predictive possibilities of machine learning. These models are being increasingly adopted by institutions seeking to modernize their analytical capacities (Dell, 2025; Chakraborty & Joseph, 2017).

The pivotal role that econometrics plays in translating theoretical constructs into empirically testable hypotheses is well established. Structural modelling and causal inference techniques (e.g., instrumental variables, difference-in-differences, and SVARs) have become standard tools for identifying causal effects and analyzing the underlying mechanisms driving economic variables. For instance, in central banks, econometric models offer a transparent, rigorous and internally consistent framework for policy design, analysis, and communication. Dynamic stochastic general equilibrium (DSGE) models and other structural approaches are crucial in informing monetary policy choices, forecasting macroeconomic trends, and evaluating the transmission of shocks. The estimation of these models is valued not only for their explanatory coherence, grounded in economic theory, but also for their capacity to generate counterfactual scenarios, enabling policymakers to evaluate the potential impact of alternative decisions under varying assumptions.

Unlike econometric approaches, which typically begin with a theory-driven model specification, AI methods adopt a “data-first perspective”, using algorithms to detect patterns and optimize predictive accuracy without imposing strong prior assumptions about functional form. This makes AI particularly effective in situations where the underlying relationships are complex, unstructured, nonlinear, or unknown. Integrating both perspectives offers a promising path forward: it allows economists to combine the interpretability and theoretical grounding of structural models with the flexibility and responsiveness of data-driven approaches, thereby enriching empirical analysis and expanding the frontier of economic insight.

In light of this methodological complementarity, two key advantages of AI methods in economics become particularly salient. First, their ability to process and analyze large-scale datasets enables the use of high-frequency and non-traditional data sources for real-time economic analysis. For instance, machine learning techniques applied to electricity consumption, mobility patterns, or online prices enable researchers to nowcast economic indicators, such as GDP or employment, with greater timeliness and precision (Richardson et al., 2021).

A second key advantage of artificial intelligence lies in its capacity to work with unstructured data, i.e., text, images, audio, or satellite imagery, that lie outside the reach of traditional models. These data types are increasingly relevant in economic analysis: social media sentiment can predict consumer behavior (Chaudhary et al. 2021), Nighttime light intensity has been used as a proxy for local economic activity (Pérez-Sindín et al., 2021), while satellite data more broadly allow for the monitoring of economic dynamics in both advanced and emerging economies (d’Aspremont et al., 2024), and online job postings can reveal labor market trends in real time (Tzimas et al., 2024).

Some central banks are also exploring the use of LLMs to extract insights from news articles, parliamentary speeches, or central bank communication (Kwon et al., 2024; de Araujo, 2023). Others are leveraging deep learning techniques to analyze less traditional dimensions of communication. For example, Gorodnichenko et al. (2023) demonstrate that emotions detected in the vocal tone of Federal Reserve chairs can significantly influence financial markets, with a notable impact on share prices.

These advantages are particularly relevant in regions like Latin America, where structural challenges (e.g., high informality, limited administrative coverage, or reporting delays) can constrain the scope of traditional economic statistics. AI methods help address these gaps by incorporating alternative data sources, enabling more timely and detailed monitoring of economic conditions in settings where conventional indicators may be incomplete or lagging.

3. AI-DRIVEN PUBLIC POLICY IN LATIN AMERICA: BUILDING CAPACITY FOR THE LONG TERM

As artificial intelligence methods gain influence in public policy analysis and design globally, Latin America presents both a strategic opportunity and an institutional imperative: to build the capacity necessary for AI-driven governance that is adaptive, ethical, and effective. This is not merely a matter of adopting new technologies, importing external frameworks, or combining econometric and AI methods. It requires long-term investment in public sector capabilities, such as data infrastructure, algorithmic literacy, cross-disciplinary collaboration, and regulatory frameworks, that can sustain innovation

while safeguarding democratic accountability. Countries that move early to institutionalize these capacities will be better positioned to address complex challenges such as climate vulnerability, inequality, and informality with greater precision and agility.

Institutional change is at the heart of this transition. AI-driven policy demands a reconfiguration of how public institutions generate, process, and act on data. It also demands that economists (traditionally trained in econometrics and theory-based inference) expand their toolkit to engage with Machine Learning, algorithmic modeling, and data science methodologies. Equipping the next generation of Latin American economists with this dual competence is essential not only to prevent dependence on opaque external solutions, but also to foster context-sensitive innovation from within.

For instance, the Inter-American Development Bank (IDB) has launched the fAIr LAC initiative to promote the responsible and widespread adoption of AI in Latin America and the Caribbean. This initiative aims to enhance the delivery of social services, including education, health, social protection, and labor market support, by implementing AI system experiments and pilot projects. It also focuses on creating models for ethical evaluation and providing guidelines for the responsible use of AI.

Another notable example comes from Brazil, where the Central Bank of Brazil (BACEN) has established a Center of Excellence in Data Science and Artificial Intelligence (CdE IA) to foster the strategic use of AI within the institution. The initiative aims to enhance the Bank's analytical and predictive capacity by promoting innovation, efficiency, and alignment with international best practices while developing governance guidelines for the ethical and secure use of AI tools, and ongoing training in data science and AI.

These emerging initiatives illustrate a broader momentum across Latin America to integrate AI into economic policy in a way that is both contextually grounded and forward-looking. This reflects a broader regional shift toward leveraging advanced methods to address persistent data challenges, such as informality and delays in official statistics. However, scaling such efforts requires more than isolated projects; it calls for coherent national strategies that align technical innovation with institutional reform and long-term capacity building.

4. CONCLUSION

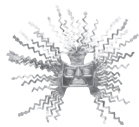
Artificial Intelligence offers new possibilities for data-driven policy in Latin America. Whether through methodological innovation (Alconometrics) or through its integration into policy design, AI provides a richer, more adaptive toolbox for economic analysis and governance. This is particularly relevant in a region often confronted with structural data limitations, high levels of

informality, and volatile macroeconomic environments. However, the realization of AI's full potential depends on sustained investment in human capital, robust institutional learning, and the development of ethical and regulatory frameworks. Building technical capacity within public institutions, fostering interdisciplinary expertise, and promoting data literacy are not secondary concerns: they are prerequisites for ensuring that AI serves the public interest and strengthens democratic decision-making.

At the same time, AI methods are no panacea. The integration of AI into economic policymaking raises significant ethical and epistemological concerns. Models, whether statistical or algorithmic, are never neutral; they encode assumptions about causality, social values, and priorities. AI systems trained on large, often unstructured or proprietary data sources risk amplifying existing biases, entrenching inequality, and obscuring lines of accountability. The so-called “black box” character of complex AI models can weaken both internal scrutiny and external trust. For public institutions in Latin America and beyond, the challenge lies in balancing innovation with transparency, predictive power with normative clarity. Ensuring explainability, fairness, and democratic oversight is not optional; it is essential to the ethical use of AI in shaping the economic future of Latin America.

REFERENCES

- Ali Hakami, N., & Hosni Mahmoud, H. A. (2022). The Prediction of Consumer Behavior From Social Media Activities. *Behavioral Sciences*, 12(8), 284.
- Araujo, G. S., & Gaglianone, W. P. (2023). Machine Learning Methods for Inflation Forecasting in Brazil: New Contenders Versus Classical Models. *Latin American Journal of Central Banking*, 4(2), 100087.
- Athey, S., & Imbens, G. W. (2019). Machine Learning Methods that Economists Should Know About. *Annual Review of Economics*, 11(1), 685–725.
- Chakraborty, C., & Joseph, A. (2017). *Machine Learning at Central Banks*.
- d’Aspremont, A., Arous, S. B., Bricongne, J.-C., Lietti, B., & Meunier, B. (2024). Satellites Turn “Concrete”: Tracking Cement with Satellite Data and Neural Networks. *Journal of Econometrics*, 105923.
- de Araujo, D. K. G. (2023). gingado: A Machine Learning Library Focused on Economics and Finance. *IFC Bulletins Chapters*, 59.
- Dell, M. (2025). Deep Learning for Economists. *Journal of Economic Literature*, 63(1), 5–58.
- Gaillac, C., & L’Hour, J. (2025). *Machine Learning for Econometrics*. Oxford University Press.
- Gorodnichenko, Y., Pham, T., & Talavera, O. (2023). The Voice of Monetary Policy. *American Economic Review*, 113(2), 548–584.
- Kwon, B., Park, T., Perez-Cruz, F., & Rungcharoenkitkul, P. (2024). Large Language Models: A Primer for Economists. *BIS Quarterly Review*, 37.
- Pérez-Sindín, X. S., Chen, T.-H. K., & Prishchepov, A. V. (2021). Are Night-Time Lights a Good Proxy of Economic Activity in Rural Areas in Middle and Low-Income Countries? Examining the Empirical Evidence from Colombia. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 24, 100647.
- Richardson, A., van Florenstein Mulder, T., & Vehbi, T. (2021). Nowcasting GDP Using Machine-Learning Algorithms: A Real-Time Assessment. *International Journal of Forecasting*, 37(2), 941–948.
- Tzimas, G., Zotos, N., Mourelatos, E., Giotopoulos, K. C., & Zervas, P. (2024). From Data to Insight: Transforming Online Job Postings into Labor-Market Intelligence. *Information*, 15(8), 496.



PRODUCTIVIDAD LABORAL: UN ANÁLISIS SHIFT-SHARE PARA EL CASO ECUATORIANO

Marjorie Conde

Universidad Nacional de Loja - Carrera de Economía
Loja, Ecuador

Información

Recibido:

5 de abril de 2025

Aceptado:

4 de junio de 2025

Palabras clave:

Función de producción
Productividad total de los
factores
Sector de elaboración de
bebidas

JEL:

D24, L23, L6

DOI:

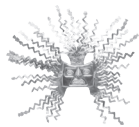
<https://doi.org/10.47550/RCE/35.1.1>

Resumen

La productividad laboral es un indicador esencial para evaluar la eficiencia económica. Sin embargo, en los últimos años, ha experimentado una preocupante disminución a nivel global, con una contracción anual del 6,4 %, y en Ecuador ha mostrado una tendencia decreciente en la última década. Por ello, esta investigación estudia el cambio y los efectos espaciales en los niveles de productividad laboral provincial del Ecuador en el periodo 2010-2022. Utilizando datos de panel obtenidos del Banco Central del Ecuador y el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, se aplicó la técnica shift-share tradicional y espacial, que permite descomponer el crecimiento de la productividad en efectos nacionales, estructurales y regionales. Los resultados revelaron que la economía ecuatoriana es vulnerable debido a su dependencia en actividades primarias, aunque se observa una transición hacia un modelo más orientado a los servicios. Provincias como Pichincha, Guayas y Azuay actúan como polos de desarrollo, influenciando positivamente en sus vecinos a través de *spillovers* económicos. A partir de estos hallazgos, se recomienda fortalecer estrategias específicas, como la diversificación económica, inversión en investigación y desarrollo, y fomentar vínculos comerciales con países y socios comerciales que puedan impulsar la productividad laboral.

¹ORCID: 0009-0001-1483-7827. CRediT: conceptualización, curación de datos, análisis formal, investigación, redacción - borrador original. Correo electrónico: marjorie.conde@unl.edu.ec

Copyright © 2025 Conde. Los autores conservan los derechos de autor del artículo. El artículo se distribuye bajo la licencia Creative Commons Attribution 4.0 License.



LABOR PRODUCTIVITY: A SHIFT-SHARE ANALYSIS FOR THE ECUADORIAN CASE

Marjorie Conde

Universidad Nacional de Loja - Economics Department
Loja, Ecuador

Article Info

Received:
5th April 2025

Accepted:
4th June 2025

Keywords:
Production function
Total factor productivity
Beverage processing
sector

JEL:
D24, L23, L6

DOI:
<https://doi.org/10.47550/RCE/35.1.1>

Abstract

Labor productivity is a key indicator for assessing economic efficiency. However, in recent years, it has experienced a concerning global decline, with an annual contraction of 6,4 %. In Ecuador, labor productivity has shown a decreasing trend over the past decade. Therefore, this study examines changes and spatial effects in provincial labor productivity levels in Ecuador from 2010 to 2022. Using panel data from the Central Bank of Ecuador and the National Institute of Statistics and Censuses, we applied traditional and spatial shift-share methods. These methods allow for the decomposition of productivity growth into national, structural, and regional effects. The findings revealed that the Ecuadorian economy remains vulnerable due to its reliance on primary activities, although a shift toward a more service-oriented model is evident. Provinces such as Pichincha, Guayas, and Azuay serve as development hubs, positively influencing neighboring provinces through economic spillovers. Based on these results, the paper recommends strengthening specific strategies such as economic diversification, increased investment in research and development, and promoting trade links with countries and partners that can boost labor productivity.

1. INTRODUCCIÓN

La baja productividad laboral es un desafío persistente que afecta a las economías a nivel mundial, pero especialmente a las economías de América Latina, donde la heterogeneidad estructural es una característica histórica que separa a sectores altamente productivos de sectores de baja productividad. Según el Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI] (2021), la región registró una contracción anual del 6,4 % del índice global de productividad laboral de la economía (IGPLE), llegando a su nivel más bajo de los últimos 12 años. Además, la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) y la Organización Internacional del Trabajo (OIT) destacan que la productividad laboral en América Latina y el Caribe se contrajo a una tasa promedio del 0,1 % interanual entre 1980 y 2021 (CEPAL & OIT, 2022). En el caso específico de Ecuador, los datos del Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC] (2023) muestran una tendencia decreciente en la productividad laboral durante la última década. Estas cifras reflejan una problemática, lo que implica que se produce menos con la misma cantidad de trabajo, lo que a su vez reduce el crecimiento económico y la generación de riqueza en el país. Esta situación puede resultar en un menor desarrollo, menos creación de empleo y capacidad reducida para combatir la pobreza. En este sentido, la investigación es útil para los responsables de política pública para que implementen estrategias y políticas más efectivas que promuevan un aumento en la productividad.

En el marco de la presente investigación, se ha adoptado la teoría propuesta por Rigby y Anderson (1993), la cual utiliza la técnica *shift-share*, para abordar la problemática planteada. Esta teoría sostiene que los cambios en la productividad pueden generar mejoras en el empleo en condiciones de producción constante. De manera similar, investigaciones recientes como las de Mussini (2019), Ruault y Schaeffer (2020), y Melchor-Ferrer (2020), llevadas a cabo en países europeos utilizando la misma técnica, respaldan la teoría planteada al sugerir que el aumento de la productividad puede tener impactos en los niveles de empleo y producción en las distintas regiones. Con base a lo planteado, el objetivo principal de este estudio consiste en estudiar la evolución, el cambio y los efectos espaciales en los niveles de productividad laboral del Ecuador en el periodo 2010-2022 mediante un análisis *shift-share* tradicional y espacial, con el propósito de proponer medidas para mitigar la baja productividad.

En este sentido, esta investigación resulta relevante en el análisis de la productividad laboral desde una perspectiva regional, pues, a pesar de la diversidad geográfica, los recursos naturales y el desarrollo regional en Ecuador, se ha identificado una escasez de estudios que se centren en el análisis cuantitativo del desarrollo económico regional utilizando la técnica tradicional y espacial del *shift-share*. Por lo tanto, este estudio pretende llenar ese vacío y aportar nuevos conocimientos.

Los resultados revelan que la productividad laboral en la mayoría de las provincias de Ecuador presenta decrecimientos, lo cual indica problemas en su estructura productiva y una alta dependencia de los sectores primarios con bajo valor agregado. Sin embargo, se observó que, en ciertas provincias como Azuay, El Oro, Guayas y Pichincha, las mejoras en la productividad a nivel nacional tienen un impacto positivo significativo en el empleo, lo que sugiere que incrementar la productividad a nivel nacional puede compensar las pérdidas en producción cuando esta se mantiene constante. Además, se identificaron diferencias regionales en los cambios de productividad, lo cual refleja desigualdades entre las provincias.

Se observó un patrón de concentración y dependencia espacial en el sector servicios, lo cual es común en economías que están transitando hacia una mayor dependencia en este sector. En base a estos resultados, se recomienda fortalecer el crecimiento económico a través de estrategias como la diversificación económica, la inversión en investigación y desarrollo, y fortalecer las políticas de desarrollo nacional. También se sugiere mejorar la infraestructura y fomentar vínculos comerciales con países y socios comerciales que puedan impulsar la productividad en sectores con alto valor añadido, especialmente en el sector servicios. Finalmente, el trabajo investigativo está estructurado en cinco secciones. La primera sección corresponde a la introducción, seguida de la revisión de literatura, donde se examina la base teórica y los estudios previos relevantes. La tercera sección aborda los datos y metodología, donde se detalla el tratamiento de las variables y la estrategia utilizada para el análisis. La cuarta sección corresponde al apartado de discusión de resultados y, finalmente, en la quinta sección, se detallan las principales conclusiones y posibles implicaciones de política basadas en los resultados.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

La productividad ha sido objeto de investigación en el ámbito del desarrollo y crecimiento económico, generando un notable interés entre diversos autores, quienes han contribuido con teorías y argumentos. Esta investigación se sustenta con la teoría propuesta por Rigby y Anderson (1993), quienes llevaron a cabo un análisis sobre las variaciones en la productividad del trabajo y encontraron posibles mejoras en el empleo asociadas a los cambios en la productividad bajo condiciones de producción constante. Esta teoría permite examinar detalladamente los cambios estructurales y los efectos sectoriales en una región, ya que incluye los niveles de producción y productividad, proporcionando una visión más completa del desempeño económico regional. Además, se considera el enfoque propuesto por Nazara y Hewings (2004), Ramajo y Márquez (2008) para el análisis *shift-share* espacial. Estos autores asignan una gran importancia a la estructura espacial de las regiones y a las

relaciones de vecindad en la medición del crecimiento económico y la productividad. Su enfoque descompone el cambio económico de una región en tres componentes espaciales aditivos: la participación del vecindario, el efecto estructural del vecindario y el cambio diferencial del vecindario regional.

El presente apartado se estructura en dos secciones, basadas en la clasificación del Banco Mundial, que segmenta a las economías mundiales en cuatro grupos de ingresos utilizando factores de conversión obtenidos mediante el método Atlas. En este caso, únicamente se analizan economías clasificadas como de ingresos altos y de ingresos medios altos. Así, la primera sección revisa estudios previos sobre empleo, producción y productividad en países con ingresos altos; mientras que la segunda se centra en investigaciones realizadas en países con ingresos medios altos, grupo en el que se ubica Ecuador.

Dentro de la evidencia empírica recopilada, en la primera sección se encuentran investigaciones llevadas a cabo en los países con ingresos altos; de este modo, Hidalgo-Gallego y Núñez Sánchez (2023) evidencian que el empleo industrial de las áreas urbanas españolas es más sensible a los cambios en el comercio internacional a través de los puertos. En la misma área de estudio, Zhang y Xu (2023) añaden que en España el mercado laboral está principalmente dominado por los sectores de servicios y manufactura, los cuales desempeñan un papel fundamental en la economía del país empleando a una gran cantidad de trabajadores. Por otro lado, Ruault y Schaeffer (2020), utilizando la técnica *shift share* en su estudio sobre las desigualdades en el crecimiento del empleo manufacturero francés, destacan que el efecto competitivo fue el principal factor que contribuyó a estas desigualdades a nivel regional. Desde otra perspectiva, Kazekami (2024) menciona que los sectores de alta productividad de Japón al utilizar nuevas tecnologías tienen una menor capacidad para generar empleo en comparación con otros sectores.

Desde un enfoque de estudio en base a la producción, Uxó et al. (2024) señalan que la economía española se caracteriza por una persistente brecha de producción negativa, la cual indica que la economía no ha logrado alcanzar su pleno potencial de crecimiento y desarrollo. Por otra parte, Castillo-Díaz (2023) muestra que la producción agroalimentaria de Francia se posiciona en primer lugar en términos de sostenibilidad a nivel global. Mientras que en Japón, Domínguez et al. (2021) han identificado dos sectores con mayor producción —relacionados con los servicios y las industrias de alta tecnología— y sostienen que la dinámica de la productividad agregada se explica principalmente por el comportamiento sectorial. En cambio, Li et al. (2023) destaca que Estados Unidos es uno de los países más productivos del mundo en el ámbito agrícola, donde la dedicación de tierras para la producción de cereales desempeña un papel fundamental en su economía.

Haciendo referencia a la productividad en este grupo de países, Duernecker et al. (2021) identifica al cambio estructural como uno de los factores responsables del estancamiento del crecimiento productivo. Mientras que González y Moral (2019) señalan que el acelerado proceso de cambio estructural

experimentado por la economía española ha llevado a una convergencia de la estructura productiva hacia la de los países europeos de referencia, caracterizada por un mayor peso de los sectores de servicios y manufactura. En el mismo sentido, Melchor-Ferrer (2020) analiza los cambios en la productividad laboral de las regiones de España y Portugal entre 2000 y 2015 mediante el análisis *shift share*, centrándose en la contribución del sector empresarial y la distribución espacial, lo que le llevó a la identificación de dos conglomerados: uno de alta productividad en la mitad oriental de la península ibérica y otro de baja productividad en la región oeste.

De la misma forma, Mussini (2019), utilizando la técnica *shift share* para la economía de Italia, evidencia que existe una autocorrelación espacial positiva en la distribución regional de la productividad del trabajo y destaca que el componente diferencial de productividad en áreas no adyacentes ha mostrado una tendencia creciente a lo largo del tiempo. Por otro lado, Prettnner (2023) argumenta que en Estados Unidos existe un crecimiento constante en la productividad laboral y el PIB per cápita; sin embargo, los salarios reales de la mayoría de los trabajadores han permanecido estancados. Por otra parte, Haasnoot y de Vaal (2022) añaden que la cercanía geográfica tiene un impacto en la formación de clústeres y en la productividad en Estados Unidos, Alemania, Japón, Italia y Holanda, a causa de que los efectos de difusión del conocimiento disminuyen el costo de la inversión y benefician a las empresas de alto rendimiento, lo que a su vez aumenta la productividad del clúster.

Al examinar los países con ingresos medios altos, se parte de investigaciones que analizan el empleo. De este modo, los hallazgos de Lu et al. (2024) indican que los sectores con una mayor participación en las exportaciones experimentan un aumento en el empleo y la producción, aunque esto se asocia con salarios más bajos. Para el caso ecuatoriano, Simbaña y Carrión (2021) determinan que el sector de los servicios concentra el mayor número de empresas, aunque ocupa el undécimo lugar entre los sectores que más plazas de empleo generan. No obstante, Carrillo-Maldonado et al. (2024) enfatizan que los gobiernos consideran a la exploración y extracción de petróleo, gas natural y minerales como una vía crucial para promover oportunidades económicas; en este sentido, en la provincia de Zamora Chinchipe se ha evidenciado un aumento constante del empleo y un mayor dinamismo económico desde el inicio de la explotación minera. Por su parte, Delgado et al. (2021) señalan que, en la zona costera, la pesca artesanal constituye una de las actividades económicas más relevantes, al emplear a miles de personas. Finalmente, Mendoza et al. (2021) destaca que el sector turístico es considerado una industria con gran potencial para la creación de empleo.

En cuanto a la producción, Rendón et al. (2019) utilizaron la técnica *shift share* espacial para establecer la existencia de autocorrelación espacial en seis subsectores de México, los que se caracterizan por tener una producción con escaso o nulo desarrollo tecnológico y a menudo dependiendo de proveedores externos. En otro estudio llevado a cabo por Brondino et al. (2023)

señalan que en varios países de América Latina aún no ha logrado superar su patrón tradicional de exportación, mismo que se encuentra sesgado hacia la producción de productos agrícolas y mineros. Estos hallazgos coinciden con los de Herrero (2019), quien destaca que la productividad en estos países ha sido sustancialmente inferior a la media estadounidense, pues indica que la producción en la región es menos competitiva y se caracteriza por tener una balanza comercial definida por las exportaciones de materias primas.

En cuanto a la productividad, Kurniasih y Tampubolon (2021) realizaron un análisis de descomposición laboral en el distrito de Kampar, Malasia, aplicando la metodología *shift-share*. Su estudio destaca el crecimiento acelerado y la creciente competitividad del sector de información y comunicación a partir del brote de COVID-19. En un contexto diferente, López (2023) utilizó la misma metodología y reveló que las transformaciones en el perfil exportador mexicano se deben principalmente a cambios en las necesidades del mercado norteamericano y a las estrategias productivas adoptadas por las grandes corporaciones del sector. Por otro lado, Contreras y Ríos (2021) investigaron la relación entre la IED y la productividad laboral manufacturera en México, mediante sus resultados indicaron que la incidencia de la IED es relativamente baja en comparación con la productividad laboral manufacturera y ambas variables están cointegradas en el largo plazo.

En cambio, Lara (2022) examinó el cambio estructural y la transformación industrial en Brasil utilizando un análisis *shift share* y comprobó que este es uno de los tres países latinoamericanos que ha logrado reducir su heterogeneidad estructural durante el periodo de industrialización.

Por otro lado, los resultados obtenidos por Castillo y Tandazo (2019) revelan que en Ecuador existe un mayor crecimiento en el sector de servicios debido a las ventajas de localización y características propias de la zona, lo que evidencia un mayor dinamismo en la economía y productividad. Por su parte, Quija et al. (2021) enfatiza que el uso de tecnologías de la información y comunicación, acceso al crédito y programas de capacitación impulsa la productividad empresarial en Ecuador. No obstante, Quija et al. (2021) mencionan que la productividad de las empresas nacionales se ve afectada positivamente por la competencia y la concentración geográfica, dado que estos factores favorecen la aparición de mecanismos de cooperación, aprendizaje e intercambio.

A partir de esta revisión, se plantea la siguiente hipótesis de investigación: la productividad laboral en las provincias del Ecuador está determinada no solo por la estructura económica sectorial, sino también por los efectos espaciales derivados de la proximidad geográfica, de modo que las provincias con mayor diversificación económica y vínculos con regiones más dinámicas presentan mayores niveles de productividad.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Descripción de variables

Para la realización de todas las etapas de estudio se utilizaron datos de panel de las provincias del Ecuador obtenidos del Banco Central del Ecuador [BCE] (2023) y del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos [INEC] (2023). Se ha considerado como variables la productividad laboral, obtenida a través de la división entre la producción y el número de empleados, la producción y el empleo. Estas variables se especifican en la tabla 1. De la misma forma, se utilizó 16 ramas de actividad económica, que se justifican con los estudios de Zhang y Xu (2023), Simbaña y Carrión (2021), Rendón et al. (2019), Domínguez et al. (2021), quienes sostienen que la dinámica de la productividad laboral agregada, la producción y el empleo se explica por la dinámica de cada una de las variables a nivel sectorial.

Tabla 1. Descripción de variables y fuente de datos

Nombre de la variable	Símbolo	Unidad de medida	Descripción de la variable	Fuente de datos
Productividad laboral	PDL	Dólares americanos por empleado	Representa el valor de la producción sobre el empleo por trabajador, mediante la cual se evalúa la eficiencia con la que los trabajadores utilizan los recursos para producir bienes y servicios.	BCE (2023) INEC (2023)
Producción	PRO	Miles de dólares americanos	Actividad económica destinada a la creación de bienes y servicios en el país.	BCE (2023)
Empleo	EMP	Número de personas	Comprende a todas las personas de 15 años o más que durante la semana de referencia se dedicaron a alguna actividad para producir bienes o prestar servicios a cambio de remuneración o beneficios.	INEC (2023)

En estas ramas se encuentran la agricultura, ganadería, silvicultura y pesca (AGP); explotación de minas y canteras (EMC); industrias manufactureras (MAF); suministro de electricidad y agua (SEA); construcción (CONS); comercio al por mayor y al por menor, y reparación de vehículos automotores y motocicletas (COM); actividades de alojamiento y de servicio de comidas (ASC); transporte, almacenamiento y comunicaciones (TRS); actividades financieras y de seguros (FIN); actividades inmobiliarias (INM); actividades

profesionales, científicas y técnicas (ACT); administración pública, defensa, planes de seguridad social obligatoria (APD); enseñanza (ENS); actividades y servicios sociales y de salud (SSS); entretenimiento, recreación y otras actividades de servicios (ERS), y, finalmente, hogares privados con servicio doméstico (HOG).

3.2. Estadísticos descriptivos

La tabla 2 presenta los estadísticos descriptivos de las variables, desagregados en tres niveles: total general, entre provincias y dentro de cada provincia. El promedio nacional del empleo es de 4.301 personas, lo que refleja una limitada generación de empleo. Esto se evidencia en una alta dispersión, con una desviación estándar de 6.317, asociada a la variabilidad entre provincias: por ejemplo, en Galápagos no se registraron datos de empleo en 2010, mientras que en Guayas, en 2019, se reportaron 43.353 empleos. En cuanto a la producción, el promedio nacional es de 6.839.624 dólares, con una elevada variabilidad que refleja las marcadas diferencias en los niveles de actividad económica provincial. Finalmente, la productividad laboral promedio es de 99.413,79 dólares, un valor relativamente bajo, atribuido a diversos *shocks* internos y externos que han afectado negativamente la economía nacional.

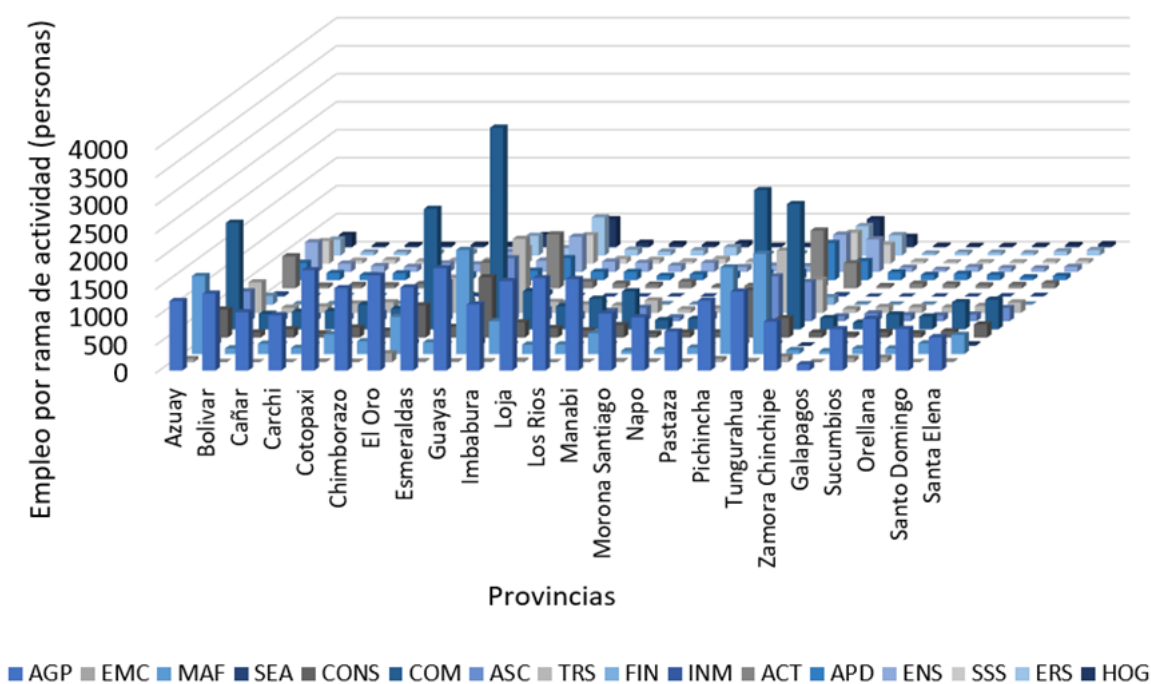
Tabla 2. Estadísticos descriptivos

Variable	Efecto	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	Observaciones
Empleo	General	4.301	6.317	0	43.353	Total = 312
	Entre		3.701	911	14.826	Provincias = 24
	Dentro		5.171	-7.242	32.828	Tiempo = 13
Producción	General	6.839.624	12.100.000	293.533,30	71.201.404	Total = 312
	Entre		12.100.000	347.908,40	46.800.000	Provincias = 24
	Dentro		2.652.126	-9.684.291	31.200.000	Tiempo = 13
Productividad laboral	General	99.413,79	154.616,90	182.274,80	34.317.144	Total = 312
	Entre		84.344,56	214.113,10	25.100.000	Provincias = 24
	Dentro		130.640,30	-4.713.467	13.100.000	Tiempo = 13

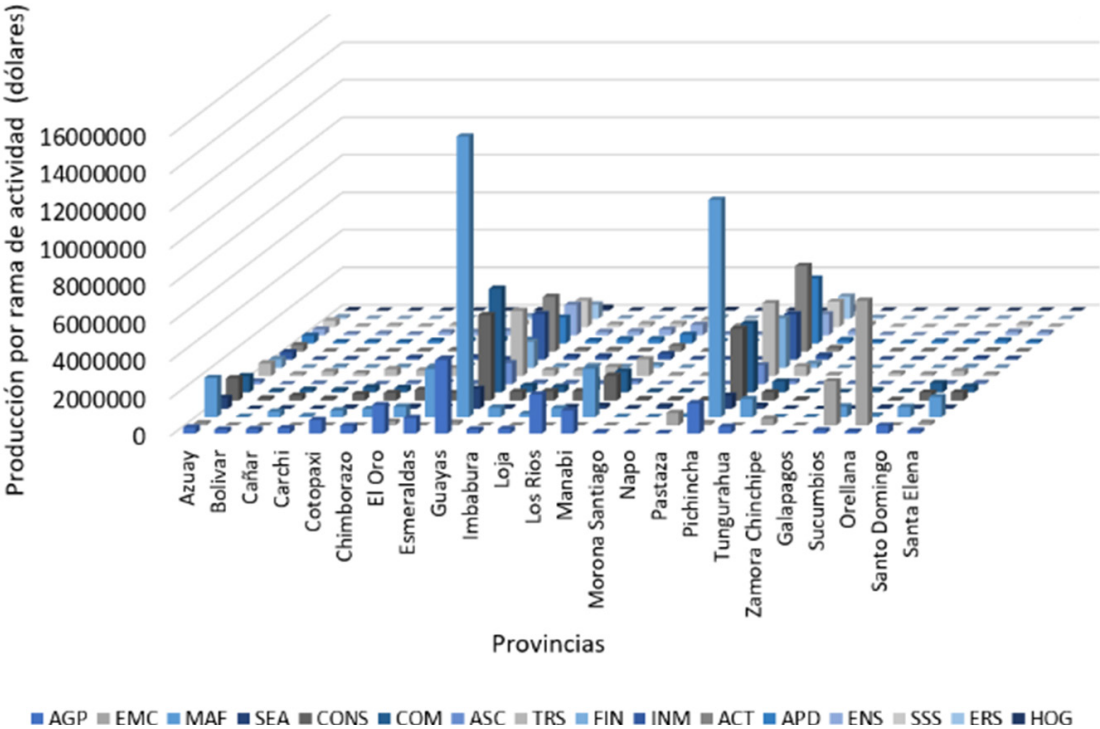
La figura 1 presenta los promedios de empleo (panel *a*), producción (panel *b*) y productividad (panel *c*), desagregados por ramas de actividad económica y por provincia, correspondientes al período analizado. En general, se puede observar que provincias como Pichincha y Guayas tienen un mayor

nivel en empleo y producción en comparación con otras provincias, lo cual es coherente con su mayor densidad poblacional y desarrollo económico. Es importante destacar que la agricultura, ganadería, silvicultura y pesca (AGP) y el comercio (COM) son actividades clave que generan empleo en todas las provincias. Sin embargo, se evidencia que el sector manufacturero (MAF) es el que genera una mayor producción. Por otro lado, se observa que provincias como Orellana, Sucumbíos y Pastaza son líderes en la producción de la explotación de minas y canteras (EMC). Además, en estas provincias se registra un mayor promedio de productividad laboral, lo cual indica la presencia de industrias extractivas importantes y la adopción de nuevas tecnologías y métodos de extracción más eficientes que podrían haber influido en su productividad.

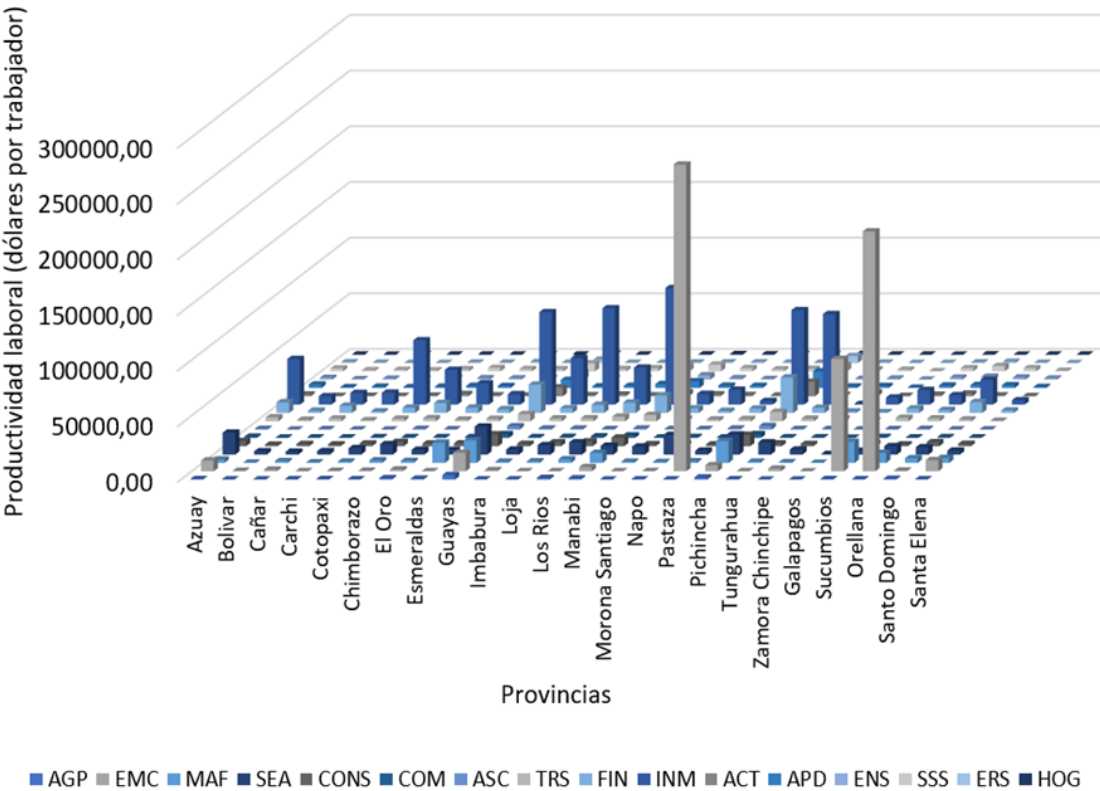
Figura 1. Promedio del empleo, producción y productividad
(a)



(b)



(c)



3.3. Metodología

La estrategia metodológica de esta investigación parte de la descomposición del crecimiento de la productividad de una región en tres efectos: efecto de crecimiento nacional, efecto de mezcla industrial y efecto competitivo. De este modo, se plantean las ecuaciones iniciales 1, 2 y 3, propuestas por Rigby y Anderson (1993). Posterior a ello, para llevar a cabo el análisis *shift-share* espacial, se ha realizado una prueba de autocorrelación espacial propuesto por Moran (1950), las cuales se detallan en la tabla 3.

Tabla 3. Ecuaciones y descripción

Nº	Ecuación	Descripción
1	$r = \frac{PDL_{n_{t+1}} - PDL_{n_t}}{PDL_{n_t}}$	Donde, r es la tasa de crecimiento de la productividad a nivel nacional; $PDL_{n_{t+1}}$ es el nivel de productividad a nivel nacional en año final 2022; PDL_{n_t} es el nivel de productividad a nivel nacional en el año inicial 2010. Por otro lado, r_i es la tasa de crecimiento de la productividad de la industria i a nivel nacional; r_{ij} es la tasa de crecimiento de la productividad de la industria i en la región j .
2	$r_i = \frac{PDL_{in_{t+1}} - PDL_{in_t}}{PDL_{in_t}}$	
3	$r_{ij} = \frac{PDL_{ij_{t+1}} - PDL_{ij_t}}{PDL_{ij_t}}$	
4	$\Delta PDL_{ij} = PDL_{ij} r + PDL_{ij} (r_i - r) + PDL_{ij} (r_{ij} - r_i)$	ΔPDL_{ij} es la variación de la productividad de la industria i en la región j , donde $PDL_{ij} r$ hace referencia al efecto nacional, $PDL_{ij} (r_i - r)$ muestra el efecto industria y $PDL_{ij} (r_{ij} - r_i)$ recoge el efecto competitivo.
5	$q_{ij_t} = \frac{PRO_{ij_t}}{EMP_{ij_t}}$	Siguiendo a Rigby y Anderson, la productividad laboral, q_{ij_t} , viene determinada por el cociente entre la producción de la industria i de la región j , PRO_{ij_t} , y el empleo de la industria i de la región j en el tiempo t , EMP_{ij_t} .
6	$A_{ij} = \frac{PRO_{ij_{t+1}} - PRO_{ij_t}}{q_{ij_t}}$	A_{ij} es el cambio en el empleo anticipado en la industria i en la región j durante un periodo de tiempo dado.
7	$B_{ij} = \left(\frac{PRO_{ij_{t+1}}}{q_{ij_{t+1}}} - \frac{PRO_{ij_t}}{q_{ij_t}} \right)$	B_{ij} es cambio en el empleo anticipado en la industria i en la región j durante un periodo de tiempo dado.

$$8 \quad I = \frac{\frac{n}{W} \sum_{i=1}^n \sum_{r=1}^n W_{ij} (Z_i - \bar{Z})(Z_r - \bar{Z})}{\sigma^2(z)}$$

Esta ecuación es la prueba de autocorrelación espacial propuesto por Moran (1950). W es la suma de la matriz de ponderación espacial W_{ij} ; Z_i es una variable observada en la ubicación i , en la que $i = 1, \dots, n$, donde $n = 23$ provincias; $\bar{Z}$ es el promedio muestral de z , y $\sigma^2(z)$ es la varianza muestral de z .

$$9 \quad \begin{aligned} \Delta PDL_{ijt+1} = & PDL_{ijt} \cdot r_{t+1} \\ & + PDL_{ijt}(r_{it+1} - r_{t+1}) \\ & + PDL_{ijt}(r_{ijt+1} - r_{it+1}^1) \\ & + PDL_{ijt}(r_{it+1}^1 - r_{it+1}) \end{aligned}$$

Se incluyen los efectos espaciales a la ecuación.

Para modelar las relaciones espaciales entre provincias, se construyó una matriz de pesos espaciales binaria W utilizando el criterio de contigüidad tipo reina. Este criterio establece que dos unidades espaciales son vecinas si comparten un borde o un vértice, es decir, si tienen contacto en al menos un punto geográfico. En este caso, la matriz W toma el valor de 1 si la provincia i es vecina de la provincia j , y 0 en caso contrario. El uso del criterio de contigüidad tipo reina se justifica por su mayor sensibilidad para capturar relaciones espaciales complejas, especialmente en regiones con formas geográficas irregulares como Ecuador. A diferencia del criterio de contigüidad tipo torre o *rook*, que considera solo provincias con fronteras comunes, el tipo reina incluye también aquellas que se conectan por vértices, lo cual proporciona una representación más completa de las interacciones espaciales y posibles *spillovers*. Esta aproximación es ampliamente aceptada en estudios de economía regional y geografía económica (Getis & Ord, 1992), particularmente cuando se analizan economías subnacionales con proximidad física variable.

Cabe señalar que la provincia de Galápagos fue excluida del análisis espacial debido a su ubicación insular, lo que imposibilita establecer relaciones vecinales bajo este criterio de contigüidad. Adicional a ello, se utilizaron los indicadores locales de asociación espacial (LISA) para incorporar la estructura espacial en el modelo tradicional,

4. RESULTADOS Y LIMITACIONES

La tabla 3 muestra los resultados obtenidos luego de haber aplicado la técnica *shift-share* tradicional a la productividad laboral. Se logró capturar el crecimiento o decrecimiento de cada provincia y los cambios a nivel nacional que hacen referencia a la participación de cada provincia con respecto a la productividad nacional. A partir de esta información, se puede observar

que la mayoría de las provincias tienen decrecimientos en su productividad laboral, a pesar de contribuir en gran parte a la productividad nacional. Esto refleja problemas en la matriz productiva y una fuerte dependencia en los sectores primarios, los cuales cuentan con un valor agregado bajo y son más vulnerables a las fluctuaciones de precios en los mercados internacionales. Este resultado coincide con lo señalado por Herrero (2019) y Brondino et al. (2023), quienes han encontrado que en varios países de América Latina aún no han logrado superar su patrón tradicional de exportación, el cual se encuentra sesgado hacia la producción de productos agrícolas y mineros. Estos sectores se caracterizan por ser menos competitivos.

Tabla 3. Cambio total en la productividad laboral por provincias del Ecuador entre 2010-2022

Provincias	Crecimiento ($T_1 - T$)	Cambio nacional	Cambio industrial	Cambio regional
Azuay	-87,78	4,36	72,03	100,00
Bolívar	3,41	0,85	19,30	99,07
Cañar	76,94	1,40	31,14	99,17
Carchi	-68,98	0,97	20,59	98,61
Cotopaxi	14,15	3,45	42,78	99,33
Chimborazo	-65,30	2,96	55,88	99,45
El Oro	-69,63	1,93	46,67	97,12
Esmeraldas	-50,29	2,04	52,32	98,03
Guayas	-50,53	9,71	216,05	98,23
Imbabura	-75,40	2,78	43,42	99,57
Loja	-59,57	5,07	58,67	99,78
Los Ríos	153,00	3,48	78,20	98,18
Manabí	24,18	7,57	122,99	99,34
Morona Santiago	-42,90	1,56	43,37	99,56
Napo	-36,44	1,95	43,41	99,36
Pastaza	-98,97	12,52	75,50	99,93
Pichincha	-74,75	9,79	238,47	99,14
Tungurahua	-96,11	4,66	49,77	99,62
Zamora Chinchipe	-38,26	1,01	34,63	99,46
Galápagos	331,31	0,47	9,48	98,76
Sucumbíos	-93,95	6,64	77,87	99,65
Orellana	-97,41	11,05	91,72	99,84
Santo Domingo	361,14	2,50	49,66	98,73
Santa Elena	24,66	1,31	26,10	98,98

Por otro lado, la tabla 4 muestra los resultados de la extensión del análisis *shift-share* en la que se muestra los efectos en el empleo manteniendo la productividad constante con cambios en la producción (a) y manteniendo la producción constante con cambios en la productividad (b). En términos generales se destaca que, en varias provincias como Azuay, El Oro, Guayas, y Pichincha, los cambios en la productividad nacional tienen un impacto positivo significativo en el empleo, lo que sugiere que las mejoras en la productividad a nivel nacional pueden compensar las pérdidas en producción cuando esta se mantiene constante.

Este hallazgo respalda la teoría base de la investigación planteada por Rigby y Anderson (1993), quienes mencionan que existen posibles mejoras en el empleo asociadas a los cambios en la productividad bajo condiciones de producción constante. Por otro lado, es importante destacar que las diferencias en los cambios regionales reflejan las influencias específicas de cada provincia en la productividad y la producción. Algunas provincias experimentan efectos positivos, mientras que otras experimentan efectos negativos. Esto destaca las desigualdades regionales y respalda el argumento planteado por Ruault y Schaeffer (2020), quienes sostienen que el factor competitivo es un determinante clave de las disparidades regionales.

Tabla 4. Extensión de Rigby-Anderson

Provincias	Cambio nacional (a)	Cambio nacional (b)	Cambio industrial (a)	Cambio industrial (b)	Cambio regional (a)	Cambio regional (b)
Azuay	-49,63	373,23	-149,40	1,50	99,77	371,73
Bolívar	1,62	3,44	5,80	4,88	-4,18	-1,44
Cañar	-2,91	-3,72	-8,66	-37,14	5,75	33,42
Carchi	-0,12	33,10	4,95	14,43	-5,08	18,67
Cotopaxi	-4,18	0,67	6,10	-14,66	-10,28	15,32
Chimborazo	0,41	35,54	8,68	9,73	-8,27	25,81
El Oro	-116,98	307,13	27,80	58,16	-144,77	248,97
Esmeraldas	-25,30	105,24	-45,53	-16,93	20,23	122,17
Guayas	-247,00	276,91	244,41	552,19	-491,41	-275,28
Imbabura	-0,54	118,99	-3,62	-1,72	3,08	120,71
Loja	-7,30	76,76	-25,01	-10,18	17,71	86,94
Los Ríos	-7,68	-58,39	8,19	-32,36	-15,88	-26,03
Manabí	-19,19	-12,90	-6,21	-5,85	-12,98	-7,05
Morona Santiago	-5,44	12,95	1,93	-7,89	-7,37	20,83
Napo	-20,57	49,49	-26,21	-14,35	5,64	63,85
Pastaza	16,28	69,17	13,04	0,92	3,24	68,25
Pichincha	-123,36	481,59	-152,93	126,16	29,57	355,44
Tungurahua	-44,08	313,12	111,95	104,09	-156,03	209,03
Zamora Chinchipe	-265,08	30,35	-300,36	-19,49	35,28	49,85
Galápagos	-2,23	0,00	-16,94	0,00	14,71	0,00
Sucumbíos	24,63	86,06	41,80	1,01	-17,16	85,05
Orellana	32,94	84,46	21,27	1,01	11,67	83,45
Santo Domingo	0,52	-87,69	35,45	-100,10	-34,93	12,41
Santa Elena	7,82	6,85	31,12	-30,81	-23,31	37,66

Nota: Efectos en el empleo manteniendo la productividad constante con cambios en la producción (a) y manteniendo la producción constante con cambios en la productividad (b).

Para aplicar el modelo *shift-share* espacial se realizó la prueba de autocorrelación espacial propuesto por Moran (1950). Los resultados obtenidos, presentados en la tabla 5, muestran de manera general un patrón de dependencia espacial en las actividades de servicios, lo cual se traduce en un crecimiento significativo tanto en empleo como en producción en este sector en los últimos

años. Esta concentración y dependencia espacial son características comunes en economías que experimentan una transición hacia una mayor dependencia en los sectores de servicios. Estos hallazgos concuerdan con lo expuesto por Mendez et al. (2023), quienes mencionan que tanto en países desarrollados como en países en desarrollo se ha observado un crecimiento de los servicios en términos de empleo y PIB. Además, los resultados obtenidos por Castillo y Tandazo (2019) respaldan estos hallazgos al revelar un crecimiento en el sector de servicios en Ecuador debido a ventajas de localización y características propias de la zona. Estos aportes sustentan la conclusión de que existe autocorrelación espacial en las actividades de servicios en el país.

Tabla 5. Prueba I de Moran para autocorrelación espacial

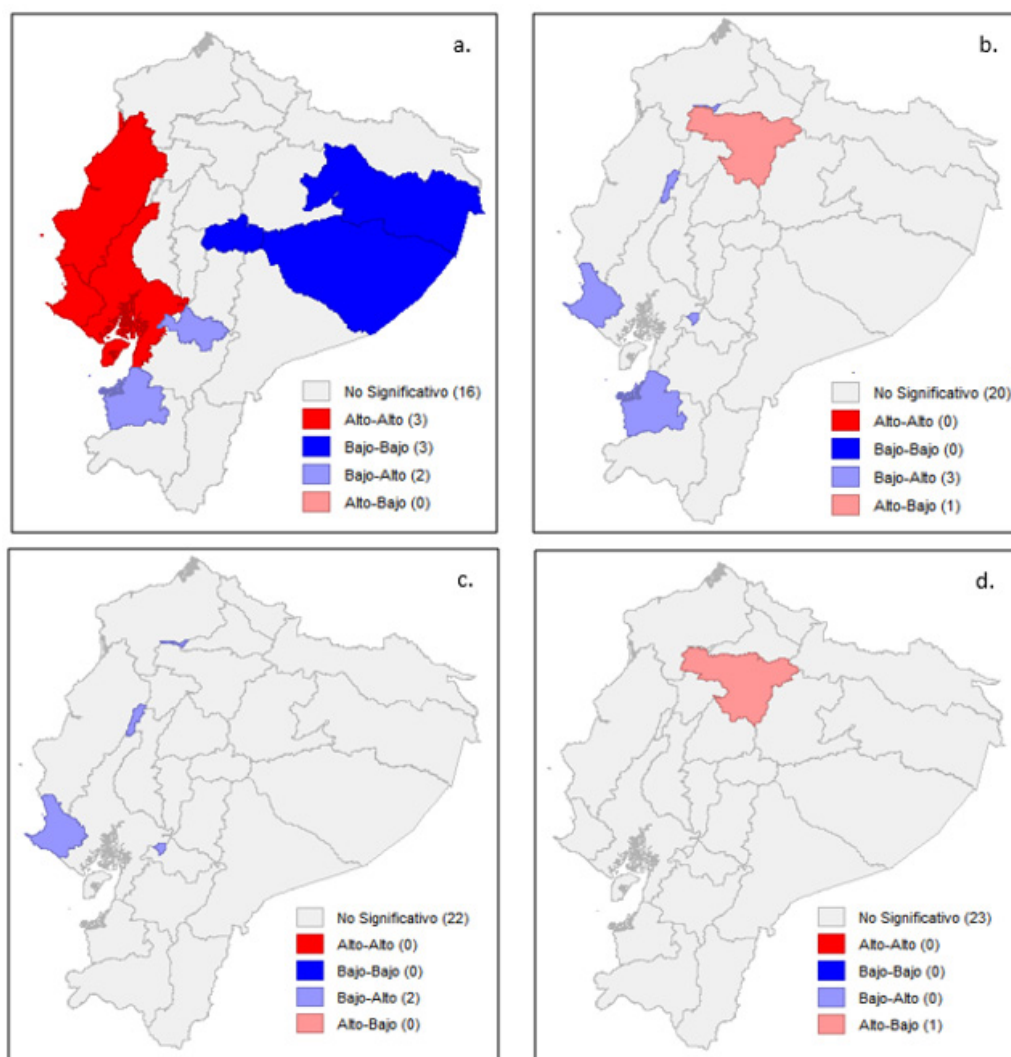
Sector económico	I	p-valor
Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca (AGP)	-0,03	0,40
Explotación de minas y canteras (EMC)	0,21	0,02*
Industrias manufactureras (MAF)	-0,03	0,10
Suministro de electricidad y agua (SEA)	-0,19	0,07
Construcción (CONS)	-0,14	0,18
Comercio al por mayor y al por menor, y reparación de vehículos automotores y motocicletas (COM)	-0,15	0,12
Actividades de alojamiento y de servicio de comidas (ASC)	-0,23	0,01*
Transporte, almacenamiento y comunicaciones (TRS)	-0,30	0,006**
Actividades financieras y de seguros (FIN)	-0,16	0,15
Actividades inmobiliarias (INM)	-0,16	0,17
Actividades profesionales, científicas y técnicas (ACT)	-0,20	0,007**
Administración pública, defensa, y planes de seguridad social obligatoria (APD)	-0,16	0,04*
Enseñanza (ENS)	-0,14	0,20
Actividades y servicios sociales y de salud (SSS)	-0,27	0,01*
Entretenimiento, recreación y otras actividades de servicios (ERS)	-0,14	0,04*
Hogares privados con servicio doméstico (HOG)	-0,18	0,08

Nota: Nivel de significancia de la prueba I de Moran global * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$

A continuación, para complementar el análisis de autocorrelación espacial, se muestra la figura 2 obtenida a través de los indicadores locales de asociación

espacial (LISA). En el panel *a*, se observa la existencia de clústeres en la explotación de minas y canteras, identificando áreas con alta productividad laboral rodeadas por regiones igualmente productivas en color rojo, mientras que las áreas en azul oscuro indican regiones con baja productividad laboral rodeadas por áreas igualmente poco productivas. En el panel *b*, se analizan las actividades de alojamiento y servicio de comidas, donde se observa en color azul claro que algunas regiones enfrentan desafíos locales que limitan su productividad, a pesar de estar rodeadas por regiones más productivas. El panel *c* muestra la autocorrelación espacial en el sector del transporte, mientras que en el panel *d* se evidencian las actividades profesionales. En estas áreas, que presentan *outliers* tanto de bajo-alto como de alto-bajo, se refleja la heterogeneidad dentro de regiones cercanas, lo que sugiere la existencia de factores locales específicos que pueden influir en la productividad de manera diferente.

Figura 2. Mapas de clúster del efecto competitivo por sector económico



Nota: Panel *a*: explotación de minas y canteras; *b*: actividades de alojamiento y servicio de comidas; *c*: transporte almacenamiento y comunicaciones; *d*: actividades profesionales, científicas y técnicas.

Además, se encontró evidencia del efecto competitivo al considerar cambios en la producción antes y después de incluir el efecto de vecindad, como se muestra en el anexo A. Los resultados muestran que, al incluir el efecto de vecindad, en algunos casos, este efecto pasa de ser positivo a negativo o viceversa. Esto sugiere que las interacciones espaciales pueden amplificar o mitigar los impactos competitivos iniciales en la producción. Sin embargo, Montanía et al. (2021) argumentan que no es necesario tener ventajas comparativas con respecto a las regiones vecinas, medida a través del efecto competitivo de vecindad, para experimentar un crecimiento en las regiones españolas. Por otro lado, Sheng et al. (2021) respaldan la idea inicial de que en muchas provincias el efecto competitivo de los vecinos fue negativo, lo que afectó desfavorablemente la inversión y el desarrollo. No obstante, es importante destacar que, en el caso de Ecuador, la influencia de las regiones vecinas afecta la competitividad de cada provincia en cada sector económico, y esta influencia puede variar dependiendo de las características particulares de cada unidad geográfica y sector productivo.

De manera similar, se presenta la tabla 6, que revela el efecto regional en relación con los cambios en la productividad antes y después de considerar el efecto del vecindario. Es evidente que en todas las ramas de actividades de servicios de las provincias existe una influencia positiva significativa proveniente de las regiones vecinas, lo cual mejora la competitividad regional. Esto demuestra cómo la interacción y la proximidad entre las provincias favorecen a la productividad a través de sinergias y transferencia de conocimientos o prácticas efectivas. Este resultado respalda la propuesta de Quijia et al. (2021), quienes destacan que la productividad se ve positivamente afectada por la competencia y la concentración geográfica de las regiones vecinas, ya que estos factores promueven la aparición de mecanismos de cooperación, aprendizaje e intercambio. Por lo tanto, se recalca que la economía ecuatoriana está empezando a beneficiarse de la tercerización, donde los servicios desempeñan un papel crucial en el desarrollo regional.

Además, se observa que en la provincia de Guayas el efecto competitivo espacial es positivo en todos los sectores, lo cual indica que se están beneficiando de las ventajas provenientes de sus provincias vecinas. En cambio, en la provincia de Pichincha, tanto el efecto competitivo sin efectos espaciales como con efectos espaciales es positivo en todos los sectores. Este hallazgo lleva al supuesto de que en Ecuador existen dos conglomerados importantes en términos de productividad que promueven un mayor dinamismo en la economía ecuatoriana. Esto concuerda en parte a lo mencionado por Melchor-Ferrer (2020), quien identifica un conglomerado de alta productividad en la mitad oriental de la península ibérica y otro de baja productividad en la región oeste. Además, estos resultados respaldan lo establecido por Orellana et al. (2023), quienes señalan que las provincias de Guayas y Pichincha concentran el 50 % del valor agregado bruto (VAB) nacional. Por lo tanto, las mejoras en la productividad de estas provincias tienen impactos positivos a nivel nacional.

Adicionalmente, es fundamental poner en consideración la limitante con respecto a la base de datos. Para futuras investigaciones se recomienda utilizar la base móvil de las cuentas nacionales, la cual facilita la medición del crecimiento de la economía a partir de un año reciente y de estabilidad. De igual manera, se sugiere ampliar el periodo de estudio y, si es posible, realizar el análisis a nivel cantonal en los sectores en los que existe dependencia espacial. De esta forma se daría más información para la toma de decisiones y se obtendría un análisis más profundo.

Tabla 6. Efecto competitivo (cambio regional) con cambios en la productividad antes y después de incluir efecto vecindario

Provincia	EMC	EMC_W	ASC	ASC_W	TRS	TRS_W	ACT	ACT_W	APD	APD_W	SSS	SSS_W	ERS	ERS_W
Azuay	49,56	-1101,16	802,86	877,65	897,69	722,63	833,27	569,31	387,56	361,86	659,74	286,74	484,60	339,31
Bolívar	0,00	-17,00	109,97	451,17	90,34	365,41	58,01	255,50	99,37	107,66	48,57	179,71	55,96	199,96
Cañar	1,06	-0,02	177,58	319,83	125,28	314,30	78,93	269,43	38,94	109,52	67,20	165,48	-28,25	186,56
Carchi	5,74	23,90	116,29	239,50	79,46	105,63	14,82	105,13	84,30	141,84	47,42	63,26	63,80	89,60
Cotopaxi	-58,23	14,14	71,98	486,29	147,99	426,38	-7,22	387,15	-10,33	256,47	43,78	223,74	29,68	225,66
Chimborazo	-2,50	-310,55	199,01	581,27	125,49	496,49	33,76	419,94	79,04	203,71	7,73	308,37	60,94	254,22
El Oro	-330,51	16,48	1337,38	369,84	1084,17	378,74	940,49	307,19	472,02	146,29	493,24	158,86	641,34	171,13
Esmeraldas	-5,68	25,09	525,84	388,98	-16,15	366,96	188,49	317,11	247,63	235,50	126,17	143,45	213,66	174,14
Guayas	-53,48	104,08	1375,71	772,76	1321,14	621,32	1158,14	486,04	327,86	252,33	559,57	285,41	857,44	300,93
Imbabura	35,34	31,32	386,02	377,53	321,06	284,18	160,88	325,99	227,12	265,94	115,91	154,84	101,81	213,64
Loja	48,26	-791,38	249,54	625,46	256,07	526,03	130,17	462,18	149,83	285,10	-16,00	282,37	-15,83	300,74
Los Ríos	-3,73	-16,39	159,98	205,95	92,28	207,88	-23,38	155,17	-16,99	59,14	-2,31	86,96	27,16	123,32
Manabí	0,00	-7,82	231,71	277,13	111,53	161,91	63,26	182,46	-8,64	90,51	-24,32	95,18	-3,20	149,91
Morona Santiago	-1560	-677,89	96,91	466,29	58,33	364,18	30,33	291,41	75,22	252,93	51,57	243,25	25,78	178,98
Napo	0,00	64,57	206,87	575,43	127,87	497,77	78,61	435,12	171,59	348,87	48,65	264,87	51,41	265,91
Pastaza	12,00	-271,30	237,63	324,29	188,01	198,16	99,77	147,19	210,13	153,38	89,01	139,94	43,92	114,06
Pichincha	86,05	14,19	1174,67	285,97	1393,93	151,61	1536,83	117,03	916,67	168,72	628,47	78,67	769,36	103,12
Tungurahua	4,42	-319,16	1164,29	180,42	789,69	143,63	672,91	60,14	356,80	127,50	610,51	58,98	425,32	51,00
Zamora Ch.	-2064,86	-288,87	194,92	217,25	109,21	225,26	88,95	168,49	217,18	120,35	71,13	99,23	53,18	69,11
Sucumbíos	80,99	65,09	189,11	441,91	142,99	393,95	136,07	330,28	177,69	316,53	45,25	177,41	107,08	212,96
Orellana	120,00	19,20	229,15	131,71	100,70	96,91	47,63	65,26	150,82	116,67	59,31	39,41	88,35	40,97
Santo Domingo	0,00	2,57	0,00	410,86	0,00	304,71	0,00	302,60	0,00	194,18	0,00	130,62	0,00	181,89
Santa Elena	0,00	-6,68	0,00	229,89	0,00	193,03	0,00	160,58	0,00	38,82	0,00	63,87	0,00	106,38

Nota: *W* hace referencia a la matriz de efecto espacial. Se muestra los resultados antes y después de incluir el efecto del vecindario. Conclusiones y discusión

5. CONCLUSIONES Y DISCUSIÓN

La economía ecuatoriana, debido a su fuerte dependencia de actividades primarias, está expuesta a riesgos por las fluctuaciones de los mercados internacionales, mostrando una considerable vulnerabilidad ante los ciclos de los precios de materias primas. Aunque ha habido un crecimiento sostenido en la producción total, la productividad laboral ha mostrado una tendencia negativa, lo que podría indicar rendimientos decrecientes o un desacoplamiento entre el crecimiento económico general y la productividad por trabajador. Resultado que se le atribuye en parte a la preponderancia de sectores intensivos en mano de obra con baja productividad. Este resultado es coherente con lo expuesto por Herrero (2019) y Brondino et al. (2023), quienes destacan que las economías latinoamericanas aún mantienen una estructura productiva sesgada hacia sectores primarios de bajo valor agregado, poco integrados a cadenas globales de valor, lo que limita su capacidad de generar mejoras sostenidas en productividad.

Por otra parte, el análisis *shift-share* resalta la importancia de la diversificación industrial y el crecimiento poblacional, sugiriendo que una economía diversificada es más capaz de sostener el crecimiento a largo plazo. En algunas provincias, las mejoras en la productividad pueden compensar los desafíos en la producción, subrayando la relevancia de la innovación como motor del crecimiento económico sostenible. Asimismo, es importante tener en consideración las disparidades regionales que se presentan, pues el crecimiento y la diversificación económica no son uniformes en todas las provincias, confirmando que la proximidad geográfica y la especialización sectorial son determinantes claves del desempeño regional. Este hallazgo apoya los planteamientos de Quijia et al. (2021), Orellana et al. (2023), quienes subrayan que la productividad mejora cuando existen dinámicas de cooperación e intercambio entre territorios vecinos, reforzando las ventajas comparativas locales mediante mecanismos de aprendizaje colectivo.

El análisis *shift-share* espacial destaca la importancia de las interacciones regionales en la competitividad sectorial, mientras que la dependencia espacial de las actividades del sector servicios recalca una transición hacia una economía tercerizada, indicando que, a medida que las economías se desarrollan, una mayor proporción de empleo y producción se desplaza hacia el sector servicios. Por otro lado, las externalidades espaciales y las economías de aglomeración sugieren que la proximidad geográfica puede generar efectos positivos o negativos en el desarrollo económico regional, de tal forma en la que provincias como Pichincha, Guayas y Azuay actúan como polos de desarrollo, influenciando positivamente en sus vecinos a través de *spillovers* económicos. Este patrón concuerda con lo identificado por Melchor-Ferrer (2020) en regiones ibéricas, donde núcleos con alta productividad generan *spillovers* positivos a su entorno inmediato. En el contexto ecuatoriano, estos efectos positivos se evidencian a través de la autocorrelación espacial positiva

encontrada en actividades de servicios, respaldando así los hallazgos de Musini (2019), Ruault y Schaeffer (2020) sobre la importancia del componente espacial en la desigual distribución de la productividad.

Se comprobó que el sector terciario (servicios) muestra una clara tendencia a la concentración y expansión, lo cual es consistente con lo señalado por Mendez et al. (2023), Castillo y Tandazo (2019), quienes afirman que las economías, tanto desarrolladas como en desarrollo, están migrando hacia una mayor dependencia en el sector servicios como motor del crecimiento económico y del empleo. Esta transición también ha sido observada en países como Estados Unidos y España, donde el crecimiento del PIB se ha desacoplado del empleo industrial, tal como reportan Uxó et al. (2024) y Lu et al. (2024). Por otro lado, es importante considerar las limitaciones del estudio, como el cambio de año base de las cuentas nacionales por el Banco Central y la disponibilidad de los datos para un conjunto de años más amplio, que pueden influir significativamente en análisis posteriores, lo cual difiere con Brondino et al. (2023) y Herrero (2019).

Es fundamental potenciar la diversificación de la estructura productiva, aprovechando las ventajas competitivas de cada provincia. Para lograr esto, se sugiere a los encargados de política pública aumentar la inversión en infraestructura y diseñar políticas específicas que fortalezcan sectores clave, como los servicios en la Sierra, el ecoturismo en la Amazonía y el comercio internacional en la región Costa. Asimismo, se recomienda al Estado fomentar una educación de calidad que esté alineada con las necesidades del mercado, complementada con una mayor inversión en investigación y desarrollo. Esto permitirá generar las capacidades necesarias para crear nuevos productos y servicios que sean competitivos en los mercados internacionales. Además, es crucial fortalecer la capacitación y mejorar las condiciones laborales de la fuerza laboral en áreas con alta demanda de habilidades técnicas y profesionales, tales como tecnología, comunicación, industrias y salud. Esto no solo mejorará la productividad, sino que también contribuirá al desarrollo económico del país.

Finalmente, es indispensable promover un crecimiento económico sostenido mediante estrategias específicas, como la diversificación productiva y la inversión en investigación y desarrollo, fortaleciendo así las políticas del Plan Nacional de Desarrollo. Estas políticas se orientan a mejorar la competitividad y productividad de los sectores turístico, agrícola, pesquero e industrial, mediante el incentivo al acceso a infraestructura adecuada, la provisión de insumos y la incorporación de tecnologías modernas y limpias. También se enfocan en el fortalecimiento de vínculos comerciales con socios y países de mercados potenciales, logrando niveles más elevados de productividad, centrándose en los sectores con gran valor añadido. Se debe recalcar que las estrategias deben considerar tanto las características estructurales internas como las dinámicas espaciales entre provincias, promoviendo encadenamientos

productivos, innovación regional y una planificación más inteligente del desarrollo territorial.

Adicionalmente, es fundamental poner en consideración la limitante con respecto a la base de datos. Para futuras investigaciones se recomienda utilizar la base móvil de las cuentas nacionales, la cual facilita la medición del crecimiento de la economía a partir de un año reciente y de estabilidad. De igual manera, se sugiere ampliar el periodo de estudio y, si es posible, realizar el análisis a nivel cantonal en los sectores en los que existe dependencia espacial. De esta forma se daría más información para la toma de decisiones y se obtendría un análisis más profundo.

BIBLIOGRAFÍA

- Banco Central del Ecuador. (2023). *Informe de la evolución de la economía ecuatoriana en 2022 y perspectivas 2023*. BCE.
- Balaji, S. J., & Babu, S. C. (2020). *Agricultural Productivity, Inter-Sectoral Labor Shift, and Economic Growth in India* (Vol. 1943). Intl Food Policy Res Inst.
- Brondino, G., Lucero, J., & Roitbarg, H. (2023). Productive Specialization and Integration in South America: A Global Input–Output Analysis. *Structural Change and Economic Dynamics*, 67, 89–97.
- Carrillo-Maldonado, P., Arias, K., Zanoni, W., & Cruz, Z. (2024). Local Socioeconomic Impacts of Large-Scale Mining Projects in Ecuador: The Case of Fruta del Norte. *Resources Policy*, 89, 104625.
- Castillo, K., & Tandazo, T. (2019). *Análisis regional del sector servicios en el Ecuador, 2007–2014*.
- CEPAL & OIT. (2022). *Coyuntura laboral en América Latina y el Caribe: Dinámica de la productividad laboral en América Latina*. CEPAL & OIT.
- Delgado, E. R. M., Ríos, E. B. R., Casasola, D. B., & Jiménez, M. D. M. C. (2021). Artisanal Fishery in Ecuador: A Case Study of Manta City and Its Economic Policies to Improve Competitiveness of the Sector. *Marine Policy*, 124, 104313.
- Domínguez, A., Santos-Márquez, F., & Mendez, C. (2021). Sectoral Productivity Convergence, Input-Output Structure and Network Communities in Japan. *Structural Change and Economic Dynamics*, 59, 582–599.
- Duernecker, G., Herrendorf, B., & Valentinyi, A. (2021). The Productivity Growth Slowdown and Kaldor’s Growth Facts. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 130, 104200.
- Getis, A., & Ord, J. K. (1992). The Analysis of Spatial Association by Use of Distance Statistics. *Geographical Analysis*, 24(3), 189–206.
- González, V., & Moral Benito, E. (2019). El proceso de cambio estructural de la economía española desde una perspectiva histórica. *Documentos Ocasionales/Banco de España*, 1907.
- Haasnoot, C. W., & de Vaal, A. (2022). Heterogeneous Firms and Cluster Externalities: How Asymmetric Effects at the Firm Level Affect Cluster Productivity. *Research Policy*, 51(6), 104529.
- Herrero, S. (2019). La influencia de la productividad y de los factores de producción en las exportaciones de manufacturas sudamericanas. *Regional and Sectoral Economic Studies*, 19(2), 79–98.

- Hidalgo-Gallego, S., & Núñez-Sánchez, R. (2023). The Effect of Port Activity on Urban Employment: An Analysis for the Spanish Functional Urban Areas. *Journal of Transport Geography*, 108, 103570.
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. (2023). Encuesta Nacional de Empleo, Desempleo y Subempleo-ENEMDU. INEC.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2021). Indicadores de productividad laboral y del costo unitario de la mano de obra: Cifras durante el primer trimestre de 2021. INEGI.
- Kazekami, S. (2024). Linkage, sectoral productivity, and employment spread. *Structural Change and Economic Dynamics*, 69, 108–123.
- Lara, M. (2022). Cambio estructural y transformación industrial en Brasil, Chile y Uruguay. *Revista de Historia Industrial*, 31(86), 47-77.
- Li, G., Zhang, X., Xiao, Z., Liu, W., & He, Q. (2023). Land Under Cereal Production and Environmental Sustainability: Influence of Total Natural Resources Rents in the United States. *Resources Policy*, 85, 103984.
- López, R. (2023). La competitividad de las exportaciones del sector químico mexicano en los Estados Unidos de América y la Unión Europea, 1994–2015. *Apuntes del Cenes*, 42(75).
- Lu, Y., Sica, E., & Wolszczak-Derlacz, J. (2024). Global Value Chains, Wages, Employment and Labour Production in China: A Regional Approach. *Structural Change and Economic Dynamics*, 69, 124–142.
- Melchor-Ferrer, E. (2020). Determinants of Labour Productivity Growth in Spanish and Portuguese Regions: A Spatial Shift-Share Approach. *The Annals of Regional Science*, 65(1), 45–65.
- Mendez, P., Atienza, M., & Modrego, F. (2023). Urbanization and Productivity at a Global Level: New Empirical Evidence for the Services Sector. *Regional Science Policy & Practice*, 15(9), 1981–1998.
- Mendoza, Á. G. F., Mateos, M. R., & Reinoso, N. G. (2021). Perception and Rating of Tourism Entrepreneurs in the Recovery of Travel Destinations Affected by Social-Natural Disasters: Case Study From the April 16th Earthquake in Ecuador. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 64, 102488.
- Montanía, C. V., Márquez, M. A., Fernández-Núñez, T., & Hewings, G. J. (2021). Spatial Shift-Share Analysis: Some New Developments. *Papers in Regional Science*, 100(2), 305–326.
- Moran, P. (1950). Notes on continuous stochastic phenomena. *Biometrika*, 37(1–2), 17–23.

- Mussini, M. (2019). A Spatial Decomposition of the Shift-Share Components of Labour Productivity Inequality in Italy. *Papers in Regional Science*, 98(1), 283–307.
- Nazara, S., & Hewings, G. J. (2004). Spatial Structure and Taxonomy of Decomposition in Shift-Share Analysis. *Growth and Change*, 35(4), 476–490.
- Orellana, M., Urgilés, M. P., & Sarmiento, S. (2023). Las compras públicas en Ecuador como dinamizadora de la economía local. *Grupo de Investigación en Economía Regional*.
- Prettner, K. (2023). Stagnant Wages in the Face of Rising Labor Productivity: The Potential Role of Industrial Robots. *Finance Research Letters*, 58, 104687.
- Quijia-Pillajo, J., Guevara-Rosero, C., & Ramírez-Álvarez, J. (2021). Determinantes de la Productividad Laboral para las Empresas Ecuatorianas en el Periodo 2009 2014. *Revista Politécnica*, 47(1), 17-26.
- Ramajo, J., & Márquez, M. A. (2008). Componentes espaciales en el modelo shift-share: Una aplicación al caso de las regiones peninsulares españolas. *Estadística Española*, 50(168), 41–65.
- Rendón, L., Andrés, R., & Mejía, P. (2019). Shift-share espacial del empleo manufacturero municipal: zonas metropolitanas Valle de México y Toluca, 2008–2013. *Economía, Sociedad y Territorio*, 19(59), 1213–1242.
- Rigby, D., & Anderson, W. (1993). Employment Change, Growth and Productivity in Canadian Manufacturing: An Extension and Application of Shift-Share Analysis. *Canadian Journal of Regional Science*, 16, 69–88.
- Ruault, J. F., & Schaeffer, Y. (2020). Scalable Shift-Share Analysis: Novel Framework and Application to France. *Papers in Regional Science*, 99(6), 1667–1691.
- Sheng, R., Du, J., Liu, S., Wang, C., Wang, Z., & Liu, X. (2021). Solar Photovoltaic Investment Changes Across China Regions Using a Spatial Shift-Share Analysis. *Energies*, 14(19), 6418.
- Simbaña, L., & Carrión, C. (2021). Determinantes de la productividad de las empresas del sector de los servicios en el Ecuador durante los años 2010–2019. *Cuestiones Económicas*, 31(3), 50–50.
- Tampubolon D, Mardiana, Bunga C, & Handoko T. (2021). Perubahan pekerjaan di Kabupaten Kampar selama wabah COVID-19: Analisis dekomposisi sektoral. *Juremi: Jurnal Riset Ekonomi*, 1 (2), 95–104.
- Uxó, J., Febrero, E., Ayala, I., & Villanueva, P. (2024). Debt Sustainability and Policy Targets: Full Employment or Structural Balance? A Simulation

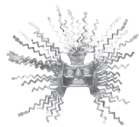
for the Spanish Economy. *Structural Change and Economic Dynamics*, 69, 475–487.

Zhang, Y., & Xu, D. (2023). Service on the Rise, Agriculture and Manufacturing in Decline: The Labor Market Effects of High-Speed Rail Services in Spain. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 171, 103617.

ANEXOS

Anexo A. Efecto competitivo (cambio regional) con cambios en la producción antes y después de incluir el efecto vecindario

Provincia	EMC	ASC	TRS	ACT	APD	SSS	ERS	EMC_W	ASC_W	TRS_W	ACT_W	APD_W	SSS_W	ERS_W
Azuay	19,60	100,54	-38,97	224,46	76,25	115,15	62,61	456,45	-13,36	70,81	152,17	120,23	67,06	65,10
Bolívar	13,39	-8,20	-29,61	25,72	15,67	3,06	-3,02	11,10	40,32	27,71	108,21	67,16	40,38	18,91
Cañar	-1,31	-32,90	-27,68	61,80	88,95	4,54	45,89	5,16	19,95	53,78	74,31	22,76	51,84	13,14
Carchi	-0,74	-39,58	55,71	57,69	48,99	-0,32	11,83	-3,76	-35,69	39,16	42,99	5,13	18,91	24,27
Cotopaxi	29,70	189,31	-31,38	103,01	111,47	7,54	12,90	11,94	30,54	37,53	122,86	65,84	66,65	37,69
Chimborazo	9,86	-31,05	-46,50	25,76	-34,37	22,56	5,24	50,82	7,61	29,30	117,86	103,87	53,04	39,11
El Oro	219,82	14,25	49,25	207,78	66,40	39,15	10,25	17,39	14,40	56,22	84,60	53,21	63,42	38,37
Esmeraldas	1,22	-107,41	249,73	53,95	58,32	4,46	43,19	11,96	17,50	75,94	134,01	40,32	81,11	51,83
Guayas	5,72	86,11	536,78	303,63	140,76	253,02	26,60	79,35	6,11	-5,08	328,48	180,07	86,55	200,37
Imbabura	28,77	-26,38	-37,47	112,00	-18,02	26,46	54,49	-10,68	-19,80	144,94	74,17	30,63	70,74	17,46
Loja	41,62	-32,18	-15,94	43,75	74,16	46,02	78,30	400,91	20,18	21,57	104,58	51,04	31,18	26,73
Los Ríos	5,07	20,07	-41,82	115,67	31,85	3,94	8,53	12,04	49,30	47,92	87,21	55,39	36,89	24,14
Manabí	3,24	24,71	-12,32	79,55	31,00	50,66	48,50	1,97	-8,52	129,52	223,99	149,61	73,43	189,41
Morona Santiago	212,72	-15,37	-5,66	11,13	69,19	0,42	8,63	331,09	1,39	-20,44	64,80	64,11	26,04	43,36
Napo	7,58	-12,63	0,26	12,19	31,47	2,17	21,61	-11,28	48,23	74,83	98,84	75,66	76,00	28,41
Pastaza	-2,83	-28,15	-7,55	21,23	48,70	5,59	35,02	38,96	3,66	4,44	36,48	61,36	3,85	17,96
Pichincha	3,10	134,94	467,06	239,69	27,99	351,26	17,22	6,15	2,38	25,94	89,13	45,03	23,93	49,29
Tungurahua	15,12	-11,04	-95,72	119,26	172,53	16,51	62,54	52,37	12,52	-21,88	36,17	47,24	7,47	16,50
Zamora Chinchipe	974,51	3,22	32,15	9,76	54,05	5,05	43,10	59,22	0,56	-12,01	48,87	49,45	31,88	36,77
Sucumbíos	-55,96	-38,06	-7,11	21,00	-10,14	57,03	10,04	1,36	11,27	108,57	101,55	35,25	66,06	26,24
Orellana	-22,10	32,03	64,45	37,03	40,55	1,95	6,61	-10,64	-16,75	-3,27	11,54	15,39	13,17	14,36
Santo Domingo	18,48	43,10	-40,14	134,72	80,39	16,98	96,33	7,79	43,76	109,02	116,71	50,62	74,34	27,92
Santa Elena	-5,37	-12,84	41,02	296,62	208,55	75,03	316,36	1,53	16,94	64,02	57,84	25,35	44,29	15,45



INFLACIÓN EN MOVIMIENTO: EFECTO DEL PRECIO DE LOS COMBUSTIBLES EN UNA ECONOMÍA DOLARIZADA, CASO DE ECUADOR

*Emanuel Yaselga^{*1} y Alan Bunce^{**2}*

*Banco Central del Ecuador - Subgerencia de Estudios y Programación Macroeconómica

**Universidad de las Américas - Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas

Quito, Ecuador

Información

Recibido:

28 de marzo de 2025

Aceptado:

4 de junio de 2025

Palabras clave:

Inflación

Precios de materias primas

Proyecciones locales

Traspaso de la inflación

JEL:

E31, E37, Q43

DOI:

<https://doi.org/10.47550/RCE/35.1.2>

Resumen

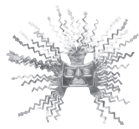
Este artículo se centra en la influencia de los precios de los combustibles en la inflación en Ecuador desde el año 2015. A partir del 2018, el Ecuador implementó una serie de medidas en los precios de los combustibles en los diferentes gobiernos, algunas asociadas al incremento de márgenes específicos y otras con la liberalización a través de un sistema de bandas. El incremento en los precios de los combustibles tuvo un efecto significativo sobre la inflación, incidiendo principalmente en la división de transporte y generando un efecto spillover —o de segunda ronda— hacia otras divisiones del índice de precios. El estudio emplea la metodología de proyecciones locales con el fin de evaluar la magnitud y la duración de este incremento en los precios de los combustibles, así como también la asimetría en la inflación ante una disminución. Los resultados muestran que el alza en el precio del WTI incide manera significativa y asimétrica en la inflación; es decir, ante un shock positivo en el WTI, la inflación se incrementa, pero no hay efecto similar ante una disminución. Además, se analizan los efectos de transmisión adicionales para los precios del diésel en los servicios de transporte.

¹ORCID: 0009-0003-4239-7499. CRediT: conceptualización, investigación, curación de datos, análisis formal, metodología, validación, visualización, redacción – borrador original, redacción – revisión y edición. Correo electrónico: eyaselga@bce.ec.

²ORCID: 0000-0001-8693-9155. CRediT: investigación, metodología, validación, visualización, redacción – revisión y edición. Correo electrónico: alan.bunce@udla.edu.ec

Copyright © 2025 Yaselga y Bunce. Los autores conservan los derechos de autor del artículo. El artículo se distribuye bajo la licencia Creative Commons Attribution 4.0 License.

Esta investigación no representa la posición del Banco Central del Ecuador ni de sus autoridades.



INFLATION IN MOTION: THE EFFECT OF FUEL PRICES ON A DOLLARIZED ECONOMY, THE CASE OF ECUADOR

*Emanuel Yaselga^{*1} and Alan Bunce^{**2}*

^{*}Central Bank of Ecuador - Division of Macroeconomic Studies and Programming

^{**}Universidad de las Américas - Faculty of Economic and Administrative Sciences

Quito, Ecuador

Article Info

Received:

28th March 2025

Accepted:

4th June 2025

Keywords:

Commodities Prices
Inflation Pass-Through
Local Projection

JEL:

E31, E37, Q43

DOI:

<https://doi.org/10.47550/RCE/35.1.2>

Abstract

This paper examines the influence of fuel prices on inflation in Ecuador since 2015. Since 2018, Ecuador has implemented a series of measures on fuel prices, some linked to increased margins or liberalization through a banding system. This rise in fuel prices has had a significant effect on inflation directly related to transportation and has also spilled over into other inflation components. The study uses local projection methodology to assess the magnitude and duration of these price changes. The results indicate that the increase in WTI fuel prices had a significant, asymmetric impact on inflation—specifically, a positive WTI shock raises inflation, while a decrease does not have a comparable effect. We also identified additional transmission effects of diesel prices on transportation services.

¹ORCID: 0009-0003-4239-7499. CRediT: Conceptualization, Investigation, Data Curation, Formal Analysis, Methodology, Validation, Visualization, Writing – Original Draft, Writing – Review and Editing. Email: eyaselga@bce.ec

²ORCID: 0000-0001-8693-9155. CRediT: Investigation, Methodology, Validation, Visualization, Writing – Review and Editing. Email: alan.bunce@udla.edu.ec

Copyright © 2025 Yaselga and Bunce. Authors retain the copyright of this article. This article is published under the terms of the Creative Commons Attribution Licence 4.0.

This paper does not represent the view of the Central Bank of Ecuador or its authorities.

1. INTRODUCCIÓN

Los subsidios llegaron a la economía ecuatoriana en 1974, como resultado del auge petrolero de esa década, y se han utilizado como instrumento de la política fiscal del Estado para la redistribución de los ingresos, según lo establecido en el artículo 285 de la Constitución de la República del Ecuador. No obstante, es importante resaltar que el subsidio a los combustibles beneficia en mayor medida a hogares con mayor nivel de ingresos (Schaffitzel et. al. 2019).

En agosto 2018, se decidió reducir progresivamente el subsidio a los combustibles y, para el caso de la gasolina Súper (de alto octanaje), eliminarlo por completo¹. Esta medida generó una caída en la demanda de gasolina Súper como una reacción del mercado y un desplazamiento hacia el consumo de gasolina Extra (bajo octanaje). Luego, en diciembre del mismo año, el precio del galón de la gasolina Extra y Ecopaís (Extra con etanol) se incrementó de USD 1,48 a 1,85². Entre enero y junio de 2019, la demanda de gasolina Súper cayó 38,32%, al pasar de 2,3 millones de barriles en el primer semestre de 2018 a 1,4 millones de barriles, de acuerdo con las cifras de Petroecuador (Primicias, 2019).

En octubre 2019, se viabilizó el Decreto 883³, que provocó un incremento de los precios de las gasolinas Extra, Ecopaís y diésel. En el decreto, el presidente de Ecuador, Lenín Moreno, liberó oficialmente los precios de los combustibles, dando paso a un paro nacional. La movilización llevó al país a una paralización y terminó con la derogación del decreto, que dio fin al incremento de los precios.

Posteriormente, mediante Decreto Ejecutivo No. 1054 de 19 de mayo de 2020, se estableció un sistema de bandas de precios de los combustibles de forma que el valor de venta al público de la gasolina Extra, Ecopaís y diésel tengan un incremento mensual gradual hasta llegar a liberar sus precios, como en los mercados internacionales.

A partir de 2021, los precios de materias primas energéticas y agrícolas reflejaron un incremento. La inflación ecuatoriana estuvo asociada principalmente a un incremento en los precios de la división de transporte, de manera directa debido al encarecimiento de los combustibles, e indirectamente en otros productos de la canasta del IPC, vía efecto traspaso.

Sin embargo, el 22 de octubre de 2021, mediante Decreto Ejecutivo No. 231, se suspendieron los incrementos mensuales en el precio de los

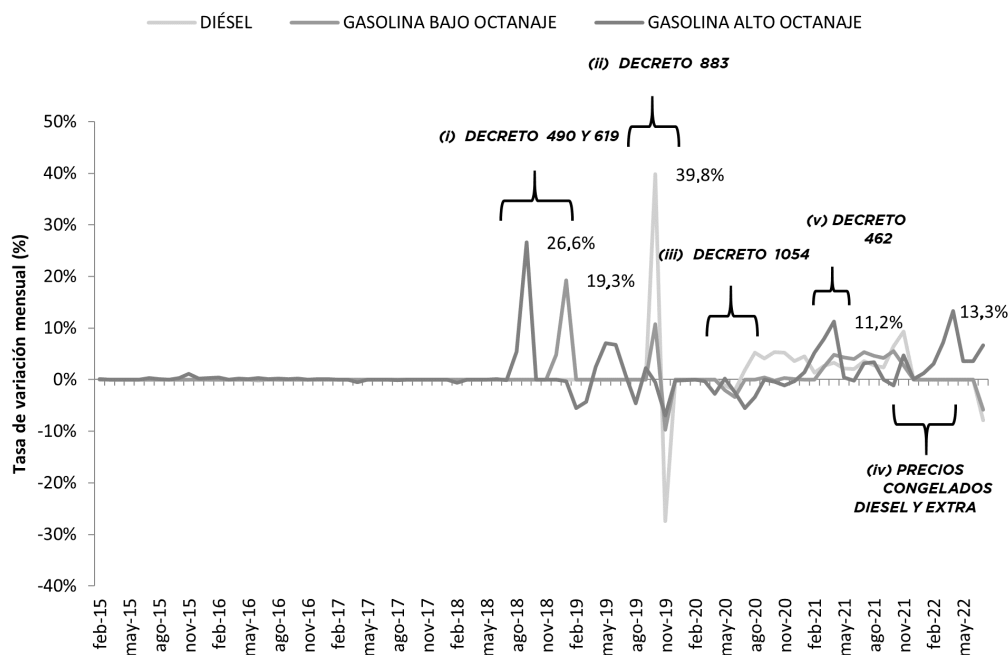
¹ Con la aplicación del Decreto Ejecutivo No. 490, se eliminó el subsidio de la gasolina Súper.

² Con la aplicación del Decreto Ejecutivo No. 619 del 21 de diciembre del 2018, se elevó los precios de la gasolina Extra y Ecopaís.

³ Publicado el 2 de octubre 2019.

combustibles⁴ y se fijaron los precios de las gasolinas Extra y Ecopaís en USD 2,55 por galón, y el diésel en USD 1,90 por galón (figura 1). Esta disposición mantuvo la liberalización de precios para la gasolina Súper.

Figura 1. Variación mensual del IPC de combustibles (2015-2022)



Fuente: INEC, BCE

Por su parte, en 2022, luego de las movilizaciones del paro nacional de junio, el Gobierno decidió reducir el precio de los combustibles⁵ como parte de los acuerdos realizados en el Acta por la Paz (BCE, 2022). El Decreto Ejecutivo No. 462, emitido el 26 de junio de 2022, fijó el precio del diésel en USD 1,80 por galón y el precio de la gasolina Extra en USD 2,45 por galón. Posteriormente, el 1 de julio de 2022, el Decreto Ejecutivo No. 467 derogó la anterior disposición y redujo cinco centavos tanto el valor del diésel (USD 1,75 por galón) como el de la gasolina Extra (USD 2,40 por galón).

⁴ Por medio del Decreto Ejecutivo No. 231 del 22 de octubre de 2021, se eliminó el sistema de bandas y se congelaron los precios de las gasolinas Extra, Ecopaís y diésel. De esta manera, se dejó sin vigencia el Decreto No. 1054 de mayo 2020, a través del cual se activó este sistema de precios para los combustibles.

⁵ Por medio del Decreto Ejecutivo No. 462 del 26 de junio de 2022, a partir del 28 junio de 2022 se oficializó una reducción en los precios de las gasolinas Extra, Ecopaís y Diesel, en respuesta del gobierno a uno de los 10 pedidos de la Confederación Nacionalidades Indígenas del Ecuador (Conaie), que motivaron el paro nacional desde el 13 de junio.

El efecto la liberalización del precio de los combustibles en la inflación se observó en mayor intensidad a partir de la segunda mitad del año 2021 y se mantuvo durante el 2022. Este impacto fue particularmente notorio en esos meses, pues el precio del WTI empezó a recuperarse y alcanzó picos sobre todo en 2022, generando presiones en el sector productivo ecuatoriano como en los hogares e incidiendo en el precio del consumidor (figura 2). La división de transporte se convirtió en la principal fuente del incremento de precios, a pesar de que la división de alimentos y bebidas no alcohólicas tiene la mayor participación en la canasta de consumo (22,5 %) (figura 3).

Figura 2. Evolución anual del precio del WTI y la inflación

En tasas de variación, enero, 2019-diciembre, 2022

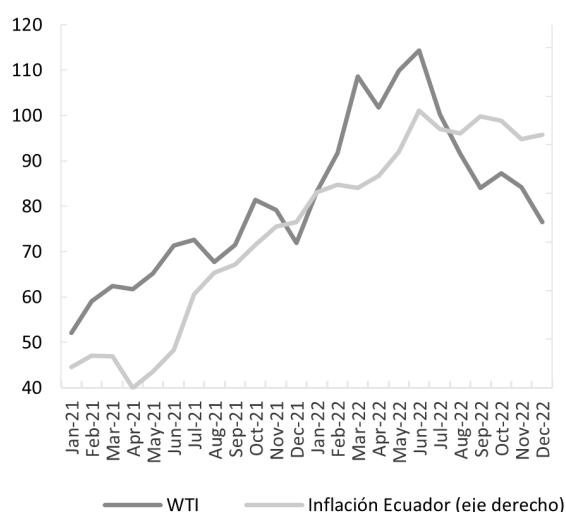
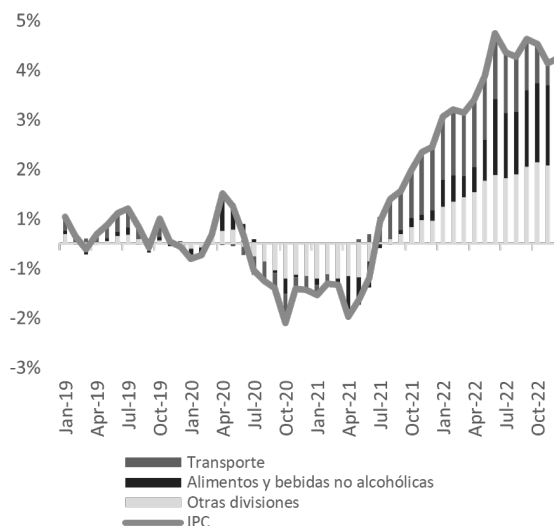


Figura 3. Inflación anual, aportes por división e índice de precios

En tasas de variación, enero, 2019-diciembre, 2022



Fuente: INEC, BCE

Considerando lo anterior, la presente investigación se centra en evaluar cuándo y en qué magnitud un *shock* en el precio del WTI incide en los precios de la economía ecuatoriana durante el período 2013-2022. Para ello, se emplea la metodología de proyecciones locales (*local projections*), propuesta por Jordà (2005), la cual permite estimar, mediante funciones impulso-respuesta, la magnitud y persistencia del efecto de variaciones en los precios sobre la inflación.

Asimismo, se considera la literatura relacionada a efectos asimétricos de los precios de *commodities* (Hamilton, 1996; Kilian & Vigfusson, 2011; Mork, 1989), a través del análisis de modelos asimétricos, con el objetivo de determinar si el impacto difiere entre un aumento y una disminución en el precio del crudo.

Los resultados sugieren que una subida en el WTI incide en un mayor nivel de inflación. Cuando disminuye el nivel de precios del crudo, se observa un efecto asimétrico; es decir, el nivel de precios se internaliza. Estos resultados invitan a reflexionar sobre recomendaciones de política pública, especialmente en contextos de liberalización de los precios de los combustibles, donde podrían intensificarse presiones inflacionarias ante *shocks* externos.

El presente documento se estructura de la siguiente manera: en la sección 2 se realiza una revisión de la literatura económica y empírica sobre los precios de *commodities* en la inflación. en la sección siguiente se describe el enfoque metodológico econométrico utilizado en el estudio; posteriormente, se exponen los principales resultados obtenidos. Finalmente, se presentan las conclusiones y se plantean algunas recomendaciones de política pública.

2. REVISIÓN DE LA LITERATURA

A partir de la década de 1970, diversos autores, como Blinder (1982), han señalado que los *shocks* de oferta, en particular el aumento de los precios de los alimentos y la energía, fueron factores determinantes en el incremento de la inflación a nivel global. Esta perspectiva destaca que la inflación no se explica únicamente por factores internos, sino también por eventos externos que inciden sobre la economía. Desde entonces, los precios internacionales han evidenciado una elevada volatilidad, atribuible, entre otros factores, a interrupciones en las cadenas de suministro de materias primas, provocadas por conflictos internacionales —como la guerra entre Rusia y Ucrania—, crisis financieras y eventos sanitarios de gran escala, como la pandemia de COVID-19.

A partir de los eventos internacionales mencionados, la literatura económica se ha enfocado en la influencia de los factores internacionales y globales en la inflación, tanto para economías desarrolladas, como en emergentes, pertenecientes en su mayoría a Asia y Europa (Ciccarelli, 2005). Los fundamentos de la inflación global sostienen que la volatilidad de precios es un fenómeno determinado en gran medida por factores de alcance mundial. Un primer acercamiento empírico a este enfoque se encuentra en el estudio de Rogoff (2003), quien, si bien reafirma el papel de la política monetaria como herramienta clave para enfrentar la deflación posterior a los picos inflacionarios de los años setenta, advierte que existen otros factores —entre ellos los determinantes globales— que también podrían incidir en la evolución de los precios.

El citado hallazgo empírico ha motivado estudios tales como los de Ciccarelli (2005) y Borio y Filardo (2007), en los cuales se cuestionan el enfoque y los supuestos de las investigaciones del siglo pasado entorno a la estabilización en los precios. Específicamente, se critica que los estudios previos

se hayan enfocado en las particularidades de cada economía (Gordon, 1975), y no en factores globales e internacionales. Esto se debe a que el proceso de estabilización en los precios se lo atribuyó, netamente, a los Bancos Centrales, y no a los avances tecnológicos en la oferta que hubo entre las décadas de 1980 y 1990, como producto de una mayor interrelación entre las economías (globalización) (Orphanides et al., 1997).

Asimismo, los supuestos acogidos en los estudios preliminares sobre inflación no reflejaban la realidad económica ni tampoco la integración entre economías (Ciccarelli, 2005). Un primer supuesto planteaba que la inflación se originaba exclusivamente a partir de un exceso de demanda interna, sin considerar influencias externas. Además, se asumía que los bienes y servicios locales no eran sustitutos de los externos y que no existía libre movilidad de los factores productivos, como el capital y la mano de obra. Estos supuestos derivaron en estudios que, al incorporar tales restricciones, excluían del análisis los elementos externos, sugiriendo que la dinámica de los precios dependía únicamente de los objetivos de inflación y del ajuste de la política monetaria de cada país (Aksoy et al., 2006).

A partir de la década de los 2000, se da énfasis a la posible incidencia global en los precios locales. Por ejemplo, Forni et al. (2000) identificaron que los factores comunes que comparten los países miembros de la Unión Europea explican gran parte de la volatilidad de las principales variables macroeconómicas, incluida la inflación. En cuanto a los factores globales compartidos entre economías, resultados similares se reportaron para países europeos (Kose et al., 2003; Canova et al., 2004). La razón principal a la cual se atribuye estos resultados es la sincronización en los precios domésticos en dichas economías. Diversos estudios respaldan que estos efectos se han presentado durante *shocks* sistemáticos ocurridos en la mayoría de los países y políticas económicas semejantes (Levin & Piger, 2003; Ciccarelli & Mojon, 2010).

En el contexto internacional, y en particular en lo referente a los *shocks* de oferta, uno de los temas más debatidos en los últimos años ha sido el papel de los precios de los principales *commodities* en la dinámica inflacionaria. La literatura económica ha desarrollado un marco teórico que explica cómo las variaciones en los precios de las materias primas y la energía pueden traducirse en cambios generalizados en los niveles de precios. Taylor (2000) planteó un enfoque microeconómico en el que el incremento en los costos de producción de las empresas, debido a la importación de insumos básicos, se traduce en un aumento de los precios finales para los consumidores. S

Cuanto más relevante es un determinado *commodity* en la economía, más evidente y persistente será su impacto en la inflación. Los productos energéticos, como el petróleo, y los insumos agrícolas, están estrechamente vinculados a cambios en la actividad económica, tanto en su comercialización como por la demanda en el mercado mundial, ya sea por factores internos o externos (Baumeister & Kilian, 2014; Durevall et al. 2013; Carrière-Swallow et al. 2023).

La volatilidad de los precios de los *commodities* se debe a una combinación de factores internos y externos, lo que hace que los ajustes de precios sean rápidos y flexibles en comparación con otros productos. Sin embargo, no es sencillo determinar si estos cambios son de corto plazo o si perdurarán a mediano o largo plazo, lo que podría afectar la tendencia de los precios y, por ende, tener un efecto persistente en la inflación (Cecchetti & Moessner, 2008).

La literatura empírica ha explorado las implicaciones económicas de las materias primas, como el petróleo y otros *commodities*, desde la década de 1970, utilizando herramientas econométricas para medir y estimar su impacto en la economía, así como para proponer políticas económicas adecuadas. Estudios anteriores, como los de Garner (1985), Kugler (1991), Cody y Mills (1991) han demostrado que los precios de las materias primas tienen un impacto persistente en la inflación en economías avanzadas y emergentes, lo que continúa generando investigaciones posteriores con nuevas metodologías y en diferentes contextos económicos. Por ejemplo, la investigación de Garratt y Petrella (2022) muestra que los precios de las materias primas mejoran significativamente la evaluación del riesgo de inflación. Asimismo, Rizvi et. al (2020) muestran que el efecto de la volatilidad de los precios de los *commodities* energéticos (por ejemplo, el petróleo) incide fuertemente en los precios generales.

En algunas economías, como la ecuatoriana, los precios de los combustibles se han controlado, pues un aumento generalizado en los precios de estos *commodities* resulta en un incremento de los precios finales, lo que afecta el poder adquisitivo de los actores económicos.

La evidencia empírica sobre la inflación en América Latina es limitada, posiblemente debido a la exclusión de estos países en investigaciones previas sobre economías emergentes. Los primeros estudios que incorporaron a la región se enfocaron principalmente en el análisis del impacto de la política monetaria. Más adelante, Capistrán y Ramos-Francia (2009) publicaron el primer artículo académico orientado a investigar de manera sistemática los determinantes de la inflación en las economías latinoamericanas.

En el caso ecuatoriano, las investigaciones relacionadas a la inflación son aún más limitadas, considerando que Ecuador es un país dolarizado. El estudio de Gachet, Maldonado y Pérez (2008) ha sido el último aporte académico publicado formalmente como artículo académico, el cual se enfoca en analizar los determinantes de la inflación del Ecuador. Considerando cinco subcanastas⁶ del índice de precios del consumidor (IPC), los resultados indican que los factores predominantes que influyeron en la inflación en Ecuador fueron los precios a nivel internacional, las fluctuaciones en los tipos de cambio y las acciones gubernamentales del momento. Este hallazgo sugiere que existe una

⁶ Las cinco canastas de bienes utilizando análisis de clusters jerárquicos son: agricultura inflacionaria, agricultura no inflacionaria, agroindustria, industria y servicios.

relación sólida entre el precio del petróleo y el nivel de precios para Ecuador, economía cuya fuente principal de ingresos son los provenientes del petróleo.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

Para estimar el impacto y persistencia de un *shock* del precio del WTI en la inflación del Ecuador, se realizaron funciones impulso-respuesta a través de proyecciones locales (*local projections*). La metodología fue formalizada por Jordà (2005) y fue establecida como una alternativa para estimar impactos usando regresiones por mínimos cuadrados ordinarios (MCO). Este método genera regresiones consecutivas de la variable de interés respecto a cada periodo de tiempo que se intenta pronosticar. De esta manera, se obtienen coeficientes que representan el impacto promedio por cada horizonte de tiempo.

Ante esta nueva propuesta metodológica de estimación, autores como Ramey (2012) y Romer y Romer (2010) han cuestionado cuál ha sido su aporte a la literatura econométrica y la robustez de los resultados. En tal razón, el autor compara las funciones de impulso-respuesta estimadas utilizando el método de Jordà versus un VAR estándar y una simulación dinámica. Los resultados son cualitativamente similares para los primeros 16 trimestres, aunque las respuestas de las proyecciones locales tienden a ser más erráticas, en horizontes más largos. Sin embargo, el interés del presente artículo reside en respuestas de más corto plazo (ocho trimestres), considerando que el efecto es inmediato ante este tipo de políticas en los precios de los combustibles.

De esta manera la metodología de proyecciones locales permite: (i) interpretar fácilmente los resultados obtenidos; (ii) estimar por medio de una sola ecuación usando MCO; (iii) evitar especificaciones erróneas, y (iv) brindar robustez de los resultados. Sin embargo, las debilidades de esta técnica frente a otras metodologías radican en la evaluación de *shocks* endógenos en el largo plazo y en el diseño de pronósticos.

3.1. Modelo simétrico

Para estimar el impacto del precio del WTI en la inflación, se establece la siguiente ecuación del modelo simétrico:

$$\Delta^h y_t = a_0 + a_1^h \Delta x_t + \sum_{j=1}^p b_j \Delta y_{t-j} + \sum_{i=1}^p c_i \Delta x_{t-i} + \varepsilon_t \quad (1)$$

En la parte izquierda de la ecuación, se encuentra la variable explicada y_{t+h} , que hace referencia en primera instancia al IPC en diferencias en el

periodo $(t+h)$. Posteriormente, se cambia las variables dependientes por otras canastas de precios como el transporte y los combustibles (Extra, Súper y diésel) con el fin de conocer el efecto frente al regresor de interés. En el lado derecho de la ecuación, se encuentra la variable explicativa de hipótesis x_t , la cual refleja al precio del WTI; mientras que y_{t-j} y x_{t-i} son los rezagos del IPC y del WTI en el periodo $(t-j)$ respectivamente. Por último, a_0 es el valor constante del modelo y ε_t es la parte residual del modelo.

3.2. Modelo asimétrico

Con el fin de entender si el impacto del WTI es el mismo cuando el nivel de precios crece o decrece, se plantea un modelo asimétrico que logra diferenciar cuál impacto influye más en la inflación. Para ello, se integra en el modelo una variable binaria cuando existe un crecimiento en el precio del WTI, y otra en el caso en que el indicador decrece.

La ecuación del modelo asimétrico se determina de la siguiente forma:

$$\Delta^h y_t = a_h^+ (\Delta x_t * WTI_t^+) + a_h^- (\Delta x_t * WTI_t^-) + \sum_{j=1}^p b_1 \Delta y_{t-j} + \sum_{i=1}^p c_1 \Delta x_{t-i} + r_1 \Delta IDEAC_{t-i} + \sum_{i=1}^p r_2 \Delta IDEAC_{t-i} + r_3 \Delta IA_{t-i} + \sum_{i=1}^p r_4 \Delta IA_{t-i} + \varepsilon_t \quad (2)$$

Las variables que se integran al modelo son: (i) las variables objetivo del estudio como la variación del IPC general, los IPC de combustibles y adicionalmente los precios al productor (IPP); desde los regresores se incluye: (ii) WTI_t^+ , haciendo referencia a una variable binaria que toma el valor de 1 si el índice crece, caso contrario, su valor es cero; (iii) WTI_t^- , que toma el valor de 1 si el índice decrece y 0, caso contrario, y, por último, se incorporan las variables de control del nivel de actividad (*IDEAC*) y del precio de los alimentos (*IA*), al ser un componente importante en la canasta de productos. Cabe mencionar que la selección del número de rezagos para las variables de control parte de los criterios de información de Akaike y Schwarz, al igual que un VAR. En las especificaciones se consideró dos rezagos.

3.3. Datos y fuentes de información

La variable de interés de la investigación es la inflación medida a través de la variación del IPC del Ecuador. Adicionalmente, se analiza el efecto en variables como el IPC de la división de transporte y el IPC de combustibles y lubricantes. El Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) es la institución encargada de publicar los datos de estos índices de manera mensual.

Por otro lado, la variable que genera *shock* en el modelo es principalmente el precio del WTI. La información de este índice fue obtenida de las estadísticas mensuales publicadas por el Banco Central del Ecuador (BCE). De manera adicional, con el fin de capturar efectos adicionales que pueden surgir en el transporte, se utiliza el índice de precios del diésel de la canasta del IPC del INEC para evidenciar los efectos de transmisión en los servicios de transporte.

Por último, se incorpora en el modelo controles como índice de actividad económica (IDEAC)⁷, el volumen de crédito del sector privado y el índice de precios de los alimentos con el fin de extraer otros elementos que inciden en la inflación. Los datos de estas variables fueron proporcionados por el BCE y el Banco Mundial (BM). Las series de tiempo tienen una frecuencia mensual y su periodo de análisis comprende desde enero de 2015 hasta diciembre de 2022.

4. RESULTADOS Y LIMITACIONES

Para obtener las estimaciones de las funciones impulso-respuesta, se hace uso de la metodología propuesta por Jordà (2005), en los modelos simétricos. Asimismo, con el objetivo de analizar si existe o no diferencias en el efecto ante un incremento/decremento en el precio del WTI, esta investigación realiza modelos asimétricos con base a Hamilton (1996), donde se logra separar el ascenso y descenso de los precios.

Las estimaciones incorporan las variables de control antes descritas con el fin de capturar los cambios en el componente de precios que no estén explicados por el WTI.

4.1. Modelos base

4.1.1. Modelo lineal/simétrico

La tabla 1 y figura 4 muestran los resultados del modelo lineal base modelizado en la ecuación 1. La variable explicada es la variación del IPC, mientras que la variable explicativa del modelo es el cambio en el precio del WTI. Los resultados del modelo incluyen variables de control como el IDEAC y el índice de alimentos, debido a que estos indicadores capturan las fluctuaciones de precios frente a la actividad económica (calentamiento o enfriamiento de la economía) y los alimentos que inciden de manera importante en la canasta

⁷ Se toma en cuenta la nueva estimación del IDEAC, la cual constituye una aproximación al producto interno bruto (PIB). La metodología resume la actividad de los distintos sectores de la economía en un determinado mes, a precios del año anterior. Se encuentra disponible en la Nota Técnica interna de 2022.

del IPC, controlando así la especificación de elementos que generan presiones en los precios.

Estimar la elasticidad frente a una innovación en el precio del WTI permite identificar el grado en que dicha variación puede incidir en el nivel general de precios de la economía. Los resultados indican que un incremento de USD 1 en el precio del crudo tiene un efecto positivo sobre la inflación mensual en Ecuador.

Específicamente, el efecto comienza a percibirse desde el cuarto mes del *shock* de manera significativa, elevando así el nivel de precios. Este retraso en el ejercicio econométrico estaría asociado a los diferentes esquemas de medidas aplicadas en el tiempo. Por ejemplo, el decreto 883 de 2019 aplicó un margen específico que cambió el nivel de precios de los combustibles en terminal. Por su parte, el decreto 1054 en 2020 consideraba un sistema de bandas que actualizaba el precio del combustible cada mes de acuerdo con el esquema definido y el comportamiento del precio del WTI.

De este modo, un incremento en el precio del WTI genera un aumento neto de 0,014 puntos en el IPC, modificando el nivel de precios en Ecuador a lo largo del año. Adicionalmente, se identifica un efecto *spillover* que, al mes doce, representa 0,012 puntos del IPC, con un nivel de confianza del 95 %.

Los resultados anteriores sugieren que el precio del WTI tiene una relación positiva en la inflación del Ecuador. El país mantuvo de manera estable los precios de los combustibles mediante el mecanismo del subsidio. Sin embargo, las políticas aplicadas a partir de 2018 plantearon liberalizar los precios con diferentes esquemas de políticas principalmente bandas de precios.

En general, las políticas aplicadas generaron efectos directos e indirectos en la inflación y trajeron consigo una mayor volatilidad asociada al precio del WTI. En el estudio de Gachet, Maldonado y Pérez (2008), se encontró que en el año 2008 los precios internacionales de los *commodities* incidieron en la inflación y se plantea que deben verse como temporales. Sin embargo, en ese periodo no se observaba una transmisión directa de los precios internacionales hacia los combustibles, ya que estos eran clasificados como bienes administrados, al mantenerse estables debido a los subsidios vigentes.

Con el fin de demostrar mayor significancia y robustez en el canal de transmisión, se estimaron especificaciones adicionales del modelo, considerando como variable dependiente la división de transporte en la inflación, así como la subclase asociada a combustibles y lubricantes, que incluye diésel, Súper y Extra. En este contexto, los efectos se acentúan debido a la relación más directa que se mantiene con el WTI en un entorno con mayor grado de liberalización. La tabla 2 y la tabla 3, junto con la figura 5 y la figura 6, presentan los resultados correspondientes.

En todos los modelos se capturan los cambios en los componentes de precios generados por el dinamismo económico y las presiones de precios de los alimentos. Estos resultados robustecen aún más los impactos encontrados, debido al sistema de bandas en los combustibles basados en el precio del WTI,

reforzando la noción de que estos cambios en los precios internos fueron explicados por la transmisión del precio de los combustibles en la economía ecuatoriana.

Tabla 1. Modelo simétrico del efecto del precio del WTI en la inflación

	k=0	k=1	k=2	k=3	k=4	k=5	k=6	k=7	k=8	k=9	k=10	k=11	k=12
WTI	0,001 (0,005)	-0,004 (0,007)	-0,007 (0,006)	0,006 (0,006)	0,014*** (0,005)	0,005 (0,006)	0,002 (0,006)	-0,001 (0,005)	0,003 (0,004)	0,005 (0,004)	-0,003 (0,004)	-0,000 (0,005)	0,012** (0,005)
R^2	0,084	0,030	0,109	0,135	0,128	0,051	0,031	0,044	0,070	0,054	0,059	0,159	0,110
Nº observaciones	94	93	92	91	90	89	88	87	86	85	84	83	82

Nota: La variable explicada y explicativa se consideraron en su primera diferencia. Los errores estándar robustos a la heterocedasticidad (Eicker-Huber-White) se muestran en paréntesis por cada coeficiente. ***, ** y * hacen referencia al nivel de significancia estadística al 1 %, 5 % y 10 %.

Tabla 2. Modelo simétrico del efecto del precio del WTI en la división de transporte

	k=0	k=1	k=2	k=3	k=4	k=5	k=6	k=7	k=8	k=9	k=10	k=11	k=12
WTI	0,002 (0,014)	0,008 (0,008)	0,005 (0,012)	0,016 (0,010)	0,035*** (0,009)	0,005 (0,015)	0,007 (0,016)	-0,003 (0,008)	-0,009 (0,009)	0,011 (0,010)	-0,001 (0,013)	0,006 (0,015)	0,018 (0,019)
R^2	0,027	0,055	0,080	0,195	0,161	0,052	0,057	0,053	0,068	0,122	0,050	0,080	0,067
Nº observaciones	94	93	92	91	90	89	88	87	86	85	84	83	82

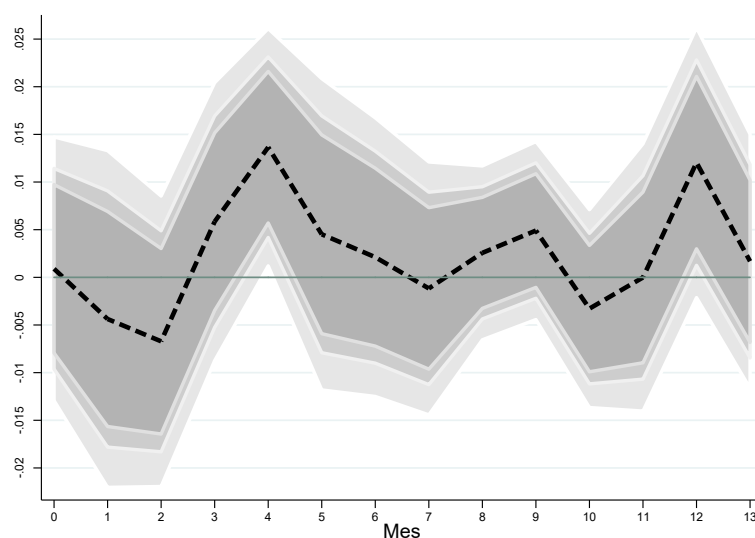
Nota: La variable explicada y explicativa se consideraron en su primera diferencia. Los errores estándar robustos a la heterocedasticidad (Eicker-Huber-White) se muestran en paréntesis por cada coeficiente. ***, ** y * hacen referencia al nivel de significancia estadística al 1 %, 5 % y 10 %.

Tabla 3. Modelo simétrico del efecto del WTI en combustibles y lubricantes

	k=0	k=1	k=2	k=3	k=4	k=5	k=6	k=7	k=8	k=9	k=10	k=11	k=12
WTI	0,003 (0,039)	0,038 (0,041)	0,038 (0,056)	0,142*** (0,046)	0,111** (0,048)	-0,013 (0,064)	0,027 (0,052)	-0,028 (0,040)	-0,007 (0,038)	0,022 (0,050)	0,008 (0,058)	0,054 (0,076)	0,035 (0,076)
R^2	0,108	0,060	0,176	0,252	0,091	0,043	0,036	0,034	0,060	0,070	0,072	0,049	0,034
Nº observaciones	94	93	92	91	90	89	88	87	86	85	84	83	82

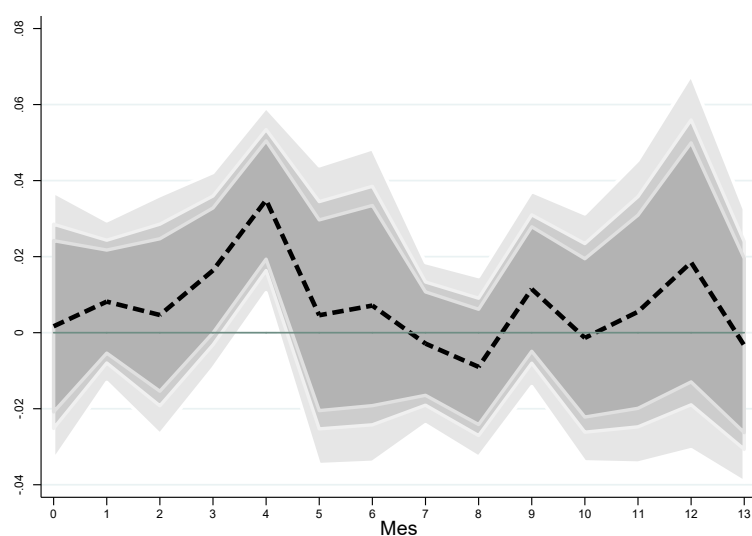
Nota: La variable explicada y explicativa se consideraron en su primera diferencia. Los errores estándar robustos a la heterocedasticidad (Eicker-Huber-White) se muestran en paréntesis por cada coeficiente. ***, ** y * hacen referencia al nivel de significancia estadística al 1 %, 5 % y 10 %.

Figura 4. Impacto del precio del petróleo WTI en la inflación mensual



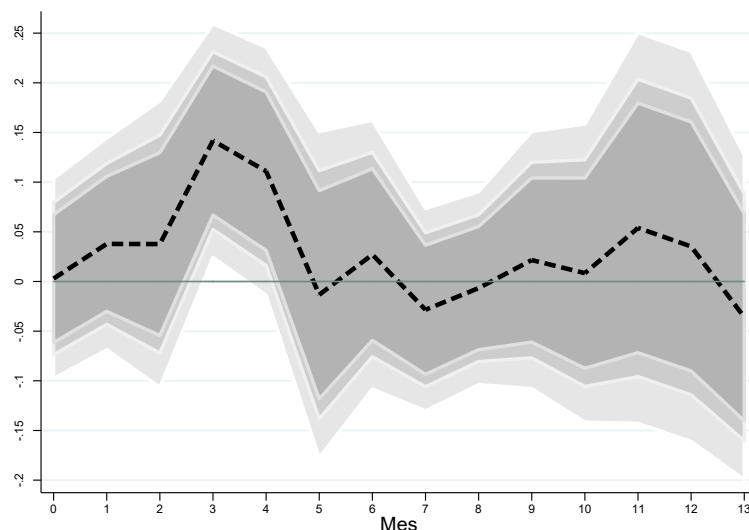
Nota: La figura muestra el impacto de cambios en el precio del petróleo *West Texas Intermediate* (WTI) en la inflación mensual del Ecuador, medidos en desviaciones estándar. La línea entrecortada representa la función impulso-respuesta (FIR). Las regiones sombreadas corresponden a los intervalos de significancia estadística al 1 % (gris claro), 5 % (gris intermedio) y 10 % (gris oscuro).

Figura 5. Impacto del precio del petróleo WTI en la división de transporte



Nota: La figura muestra el impacto de cambios en el WTI en la división de transporte, la misma que pertenece al IPC. El impacto está medido en desviaciones estándar. La línea entrecortada representa la función impulso-respuesta (FIR). Las regiones sombreadas corresponden a los intervalos de significancia estadística al 1 % (gris claro), 5 % (gris intermedio) y 10 % (gris oscuro).

Figura 6. Impacto del precio del petróleo WTI en la subclase de combustibles y lubricantes



Nota: La figura muestra el impacto de cambios en el WTI en la subclase de combustibles y lubricantes para equipo de transporte personal, la misma que pertenece al IPC. La subclase contiene a los productos catalogados como combustibles: diésel, gasolina ecológica, gasolina bajo octanaje y gasolina alto octanaje. La línea entrecortada representa la función impulso-respuesta (FIR). Las regiones sombreadas corresponden a los intervalos de significancia estadística al 1 % (gris claro), 5 % (gris intermedio) y 10 % (gris oscuro).

4.2. Modelos adicionales

Como se mencionó en el apartado metodológico, el modelo simétrico supone implícitamente que los impactos son idénticos para ambos escenarios (crecimiento y decrecimiento del precio del WTI). En otras palabras, no se logra identificar cuál escenario es el que mayor incidencia aporta a los cambios en la inflación. Por esta razón, se plantea un modelo asimétrico, modelizado a través de la ecuación 2, el cual permite (i) separar los escenarios (*shock* positivo o negativo) en coeficientes distintos; (ii) brindar resultados más claros de los efectos estimados, e (iii) identificar cuál variación influye en mayor magnitud y persistencia en la inflación del Ecuador.

Con el objetivo de comprender el canal de transmisión de un *shock* en el precio del WTI sobre la inflación ecuatoriana, se realizó un ejercicio econométrico que considera el efecto directo sobre tres productos de la división de transporte: diésel, gasolina de bajo octanaje y gasolina de alto octanaje. Adicionalmente, se analiza el comportamiento tanto simétrico como asimétrico de dicho efecto.

4.2.1. Mecanismos de transmisión a la inflación

La gasolina de alto octanaje (Super) fue la primera en liberalizarse y su aplicación se ha mantenido. Luego, fue el turno del diésel y la gasolina de bajo octanaje (Extra) presentaron incrementos del nivel de precios y mantuvieron un sistema de bandas hasta junio de 2022⁸.

Dados los efectos adicionales que pueden generarse, se realizó un ejercicio para medir el efecto del *shock* en el diésel en los servicios de transporte urbano e interurbano⁹. Se considera que el aumento en el costo de este insumo clave generó presiones en el sector, lo que se tradujo en un incremento del IPC correspondiente a dichos servicios, a pesar de que el sistema de bandas se eliminó tras el paro de junio de 2022.

La tabla 4y la figura 7 sugieren que no se evidencia un *shock* positivo del precio del WTI en el diésel desde el punto de vista simétrico. No obstante, al observar el efecto asimétrico, sí hay diferencias cuando se observa un incremento/decremento en el precio del WTI. Los resultados sugieren que el efecto al alza en el WTI genera un efecto incremental en el cuarto mes (en 0,22) en el diésel; pero, si el precio cae, se tiene un mayor rezago (séptimo y noveno mes) en la disminución de este (tabla 5 y figura 8). Sobre este tipo de combustible no se han tomado medidas con bandas en los precios a diferencia de la gasolina Súper y la Extra, las cuales se han mantenido por más de un año. Por esta razón, si bien hay un efecto, este podría ser mayor debido a los encadenamientos en el transporte de carga de productos, el transporte urbano e interprovincial, cuyos pesos no son despreciables.

En el caso de la gasolina de bajo octanaje, se observa un efecto asimétrico ante un aumento en el precio del WTI, con un impacto de 0,16 en el cuarto mes, mientras que ante una disminución del precio no se evidencia una caída significativa (tabla 8 y figura 10). Por su parte, para la gasolina de alto octanaje, el efecto es de mayor magnitud, con un impacto de 0,5 en el tercer mes tras un incremento en el precio del WTI, en contraste con la ausencia de una respuesta significativa ante reducciones del mismo (tabla 6 y figura 9).

Por último, se evidencia un efecto inmediato del incremento de precio del diésel en el transporte urbano (0,20) e interurbano (0,16) de manera inmediata. Los resultados de estos modelos dan señales de los efectos indirectos como posible vía de transmisión de un *shock* del WTI al diésel y este a su vez al transporte urbano e interurbano, concluyendo de esta manera en una mayor inflación.

⁸ Este sistema se retomó nuevamente en junio de 2024 para el caso de la gasolina Extra y Ecopaís.

⁹ La subida en el precio del Diesel provocó demandas por parte de los transportistas, quienes solicitaron que se incremente el costo del pasaje.

Tabla 4. Modelo simétrico del efecto del WTI en el diésel

	k=0	k=1	k=2	k=3	k=4	k=5	k=6	k=7	k=8	k=9	k=10	k=11	k=12
WTI	-0,029 (0,095)	0,070 (0,052)	-0,016 (0,068)	0,044 (0,055)	0,091 (0,065)	-0,153 (0,142)	0,097 (0,145)	-0,083 (0,065)	0,057 (0,112)	0,046 (0,111)	-0,209 (0,126)	-0,070 (0,186)	0,067 (0,209)
R^2	0,273	0,088	0,064	0,062	0,078	0,099	0,071	0,077	0,078	0,139	0,137	0,152	0,102
N° observaciones	94	93	92	91	90	89	88	87	86	85	84	83	82

Nota: La variable explicada y explicativas se consideraron en su primera diferencia. Los errores estándar robustos a la heterocedasticidad (Eicker-Huber-White) se muestran en paréntesis por cada coeficiente. ***, ** y * hacen referencia al nivel de significancia estadística al 1 %, 5 % y 10 %.

Tabla 5. Modelo asimétrico robusto del efecto del WTI en el diésel

	k=0	k=1	k=2	k=3	k=4	k=5	k=6	k=7	k=8	k=9	k=10	k=11	k=12
WTI+	0,051 (0,131)	0,070 (0,133)	0,032 (0,162)	0,016 (0,145)	0,194 (0,147)	0,218* (0,111)	0,042 (0,147)	0,058 (0,135)	0,075 (0,160)	0,369 (0,310)	-0,539 (0,386)	0,131 (0,230)	0,276 (0,190)
WTI-	-0,130 (0,191)	0,072 (0,111)	-0,063 (0,088)	0,075 (0,077)	0,064 (0,119)	-0,374 (0,249)	0,173 (0,261)	-0,169* (0,093)	0,021 (0,202)	-0,245** (0,094)	-0,141 (0,104)	-0,209 (0,240)	-0,082 (0,281)
R^2	0,293	0,100	0,055	0,045	0,081	0,120	0,050	0,040	0,080	0,162	0,182	0,171	0,099
N° observaciones	94	93	92	91	90	89	88	87	86	85	84	83	82

Nota: La variable explicada y explicativas se consideraron en su primera diferencia. Los errores estándar robustos a la heterocedasticidad (Eicker-Huber-White) se muestran en paréntesis por cada coeficiente. ***, ** y * hacen referencia al nivel de significancia estadística al 1 %, 5 % y 10 %.

Tabla 6. Modelo asimétrico del efecto del WTI en la gasolina de alto octanaje

	k=0	k=1	k=2	k=3	k=4	k=5	k=6	k=7	k=8	k=9	k=10	k=11	k=12
WTI+	0,083 (0,107)	0,067 (0,121)	0,293 (0,198)	0,552** (0,267)	0,219 (0,155)	0,241 (0,168)	0,291 (0,179)	0,108 (0,131)	0,047 (0,163)	0,032 (0,245)	0,149 (0,214)	0,208 (0,214)	0,058 (0,216)
WTI -	-0,076 (0,093)	0,141 (0,113)	0,122 (0,126)	0,201* (0,117)	0,131 (0,162)	-0,165 (0,218)	-0,118 (0,130)	-0,211 (0,138)	-0,192 (0,164)	0,009 (0,083)	0,059 (0,162)	0,137 (0,237)	0,017 (0,168)
R ²	0,234	0,126	0,265	0,236	0,127	0,209	0,090	0,062	0,046	0,023	0,048	0,082	0,039
N° observaciones	0,191	0,077	0,223	0,191	0,075	0,161	0,035	0,004	-0,013	-0,038	-0,012	0,023	-0,024

Nota: La tabla muestra únicamente los coeficientes de las variables binarias del WTI. La variable explicada y explicativas se consideraron en su primera diferencia. Los errores estándar robustos a la heterocedasticidad (Eicker-Huber-White) se muestran en paréntesis por cada coeficiente. ***, ** y * hacen referencia al nivel de significancia estadística al 1 %, 5 % y 10 %

Tabla 7. Modelo asimétrico robusto del efecto del WTI en la gasolina de alto octanaje

	k=0	k=1	k=2	k=3	k=4	k=5	k=6	k=7	k=8	k=9	k=10	k=11	k=12
WTI +	-0,016 (0,133)	-0,064 (0,162)	0,247 (0,169)	0,389 (0,241)	-0,069 (0,153)	0,108 (0,177)	0,247 (0,198)	0,098 (0,164)	0,095 (0,192)	0,093 (0,238)	0,078 (0,176)	0,214 (0,194)	0,142 (0,231)
WTI-	-0,031 (0,091)	0,190 (0,115)	0,074 (0,093)	0,103 (0,096)	0,136 (0,135)	-0,152 (0,206)	-0,119 (0,128)	-0,186 (0,159)	-0,133 (0,178)	0,083 (0,115)	0,141 (0,204)	0,158 (0,238)	-0,005 (0,145)
R ²	0,291	0,186	0,370	0,400	0,313	0,287	0,140	0,087	0,115	0,126	0,119	0,132	0,057
N° observaciones	94	93	92	91	90	89	88	87	86	85	84	83	82

Nota: La tabla muestra únicamente los coeficientes de las variables binarias del WTI. La variable explicada y explicativas se consideraron en su primera diferencia. Los errores estándar robustos a la heterocedasticidad (Eicker-Huber-White) se muestran en paréntesis por cada coeficiente. ***, ** y * hacen referencia al nivel de significancia estadística al 1 %, 5 % y 10 %

Tabla 8. Modelo asimétrico del efecto del WTI en la gasolina de bajo octanaje

	k=0	k=1	k=2	k=3	k=4	k=5	k=6	k=7	k=8	k=9	k=10	k=11	k=12
WTI+	0,092 (0,121)	-0,005 (0,105)	0,035 (0,091)	0,009 (0,063)	0,162* (0,092)	0,030 (0,077)	0,002 (0,124)	0,123 (0,135)	0,049 (0,095)	0,204 (0,124)	-0,036 (0,121)	0,156 (0,102)	0,180* (0,103)
WTI-	-0,018 (0,045)	-0,010 (0,058)	-0,168 (0,158)	0,022 (0,100)	0,036 (0,038)	-0,067 (0,093)	0,040 (0,087)	-0,054 (0,042)	0,089 (0,109)	-0,048 (0,044)	-0,023 (0,039)	-0,090 (0,115)	-0,009 (0,136)
R ²	0,056	0,081	0,082	0,059	0,054	0,022	0,024	0,052	0,056	0,123	0,073	0,083	0,061
N° observaciones	0,003	0,029	0,030	0,005	-0,002	-0,036	-0,035	-0,005	-0,002	0,068	0,015	0,025	-0,000

Nota: La tabla muestra únicamente los coeficientes de las variables binarias del WTI. La variable explicada y explicativas se consideraron en su primera diferencia. Los errores estándar robustos a la heterocedasticidad (Eicker-Huber-White) se muestran en paréntesis por cada coeficiente. ***, ** y * hacen referencia al nivel de significancia estadística al 1 %, 5 % y 10 %

Tabla 9. Modelo asimétrico robusto del efecto del WTI en la gasolina de bajo octanaje

	k=0	k=1	k=2	k=3	k=4	k=5	k=6	k=7	k=8	k=9	k=10	k=11	k=12
WTI+	0,149 (0,155)	-0,080 (0,095)	-0,063 (0,109)	0,027 (0,091)	0,177 (0,108)	0,004 (0,100)	-0,013 (0,117)	0,126 (0,153)	0,024 (0,122)	0,124 (0,136)	-0,183 (0,142)	0,111 (0,115)	0,220* (0,119)
WTI-	-0,047 (0,084)	0,016 (0,056)	-0,123 (0,125)	0,029 (0,109)	0,068 (0,055)	-0,059 (0,105)	0,068 (0,094)	-0,055 (0,049)	0,069 (0,120)	-0,062 (0,044)	-0,035 (0,046)	-0,087 (0,093)	-0,056 (0,105)
R ²	0,243	0,253	0,170	0,101	0,080	0,047	0,051	0,075	0,087	0,200	0,184	0,190	0,129
N° observaciones	94	93	92	91	90	89	88	87	86	85	84	83	82

Nota: La tabla muestra únicamente los coeficientes de las variables binarias del WTI. La variable explicada y explicativas se consideraron en su primera diferencia. Los errores estándar robustos a la heterocedasticidad (Eicker-Huber-White) se muestran en paréntesis por cada coeficiente. ***, ** y * hacen referencia al nivel de significancia estadística al 1 %, 5 % y 10 %

Tabla 10. Modelo simétrico robusto del efecto del diésel en el transporte urbano

	k=0	k=1	k=2	k=3	k=4	k=5	k=6	k=7	k=8	k=9	k=10	k=11	k=12
Diesel	0,197*** (0,036)	-0,068 (0,071)	0,012 (0,016)	-0,006 (0,013)	-0,003 (0,017)	0,017 (0,015)	-0,005 (0,011)	0,007 (0,015)	0,009 (0,010)	0,009 (0,017)	0,034 (0,032)	0,023 (0,023)	0,011 (0,023)
R^2	0,561	0,146	0,078	0,014	0,041	0,128	0,079	0,044	0,045	0,121	0,090	0,137	0,090
Nº observaciones	94	93	92	91	90	89	88	87	86	85	84	83	82

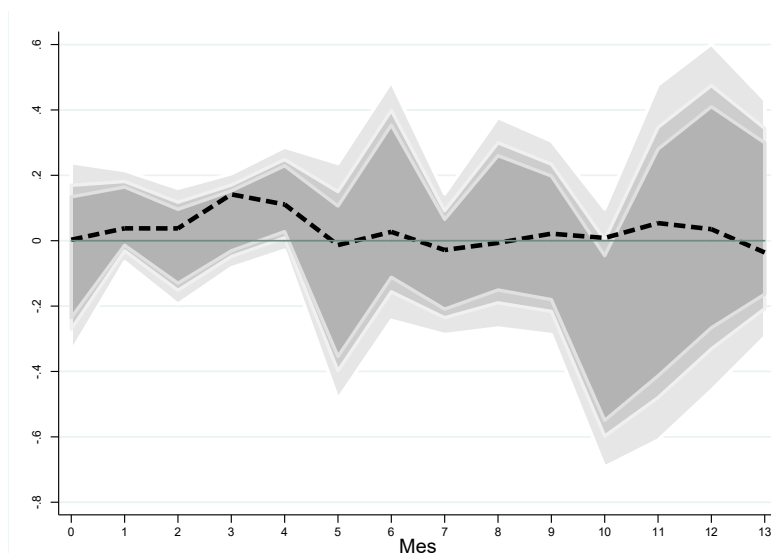
Nota: La variable explicada y explicativas se consideraron en su primera diferencia. Los errores estándar robustos a la heterocedasticidad (Eicker-Huber-White) se muestran en paréntesis por cada coeficiente. ***, ** y * hacen referencia al nivel de significancia estadística al 1 %, 5 % y 10 %.

Tabla 11. Modelo simétrico robusto del efecto del diésel en el transporte interurbano

	k=0	k=1	k=2	k=3	k=4	k=5	k=6	k=7	k=8	k=9	k=10	k=11	k=12
Diesel	0,161*** (0,026)	-0,071 (0,080)	0,033 (0,028)	0,014 (0,020)	0,035 (0,039)	0,004 (0,022)	0,022 (0,031)	0,044 (0,043)	0,018 (0,028)	0,001 (0,023)	-0,002 (0,023)	0,009 (0,035)	-0,003 (0,024)
R^2	0,247	0,117	0,038	0,101	0,129	0,074	0,043	0,064	0,058	0,049	0,081	0,158	0,357
Nº observaciones	94	93	92	91	90	89	88	87	86	85	84	83	82

Nota: La variable explicada y explicativas se consideraron en su primera diferencia. Los errores estándar robustos a la heterocedasticidad (Eicker-Huber-White) se muestran en paréntesis por cada coeficiente. ***, ** y * hacen referencia al nivel de significancia estadística al 1 %, 5 % y 10 %.

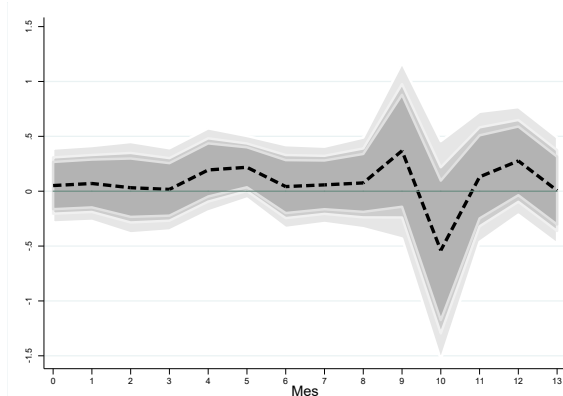
Figura 7. Impacto simétrico del precio del petróleo WTI en el producto diésel



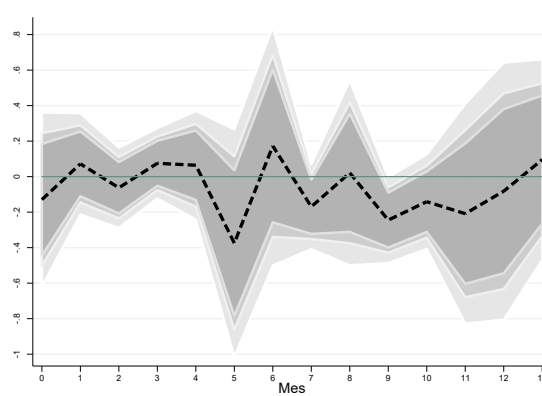
Nota: La figura muestra el impacto de cambios en el WTI en el producto de diésel, la misma que pertenece al IPC. El impacto está medido en desviaciones estándar. La línea entrecortada representa la función impulso-respuesta (FIR). Las regiones sombreadas corresponden a los intervalos de significancia estadística al 1 % (gris claro), 5 % (gris intermedio) y 10 % (gris oscuro).

Figura 8. Impacto asimétrico del precio del petróleo WTI en el producto diésel

a) FIR-Crecimiento WTI

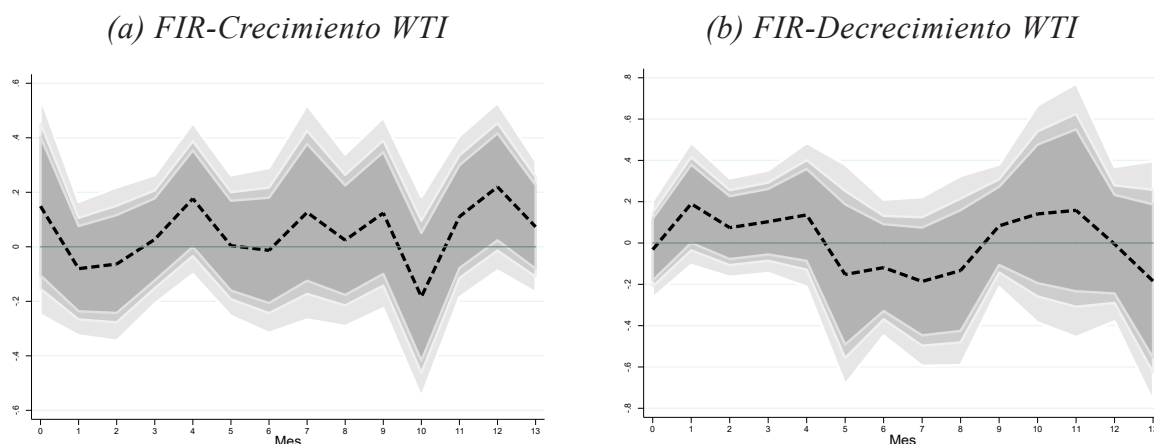


(b) FIR-Decrecimiento WTI



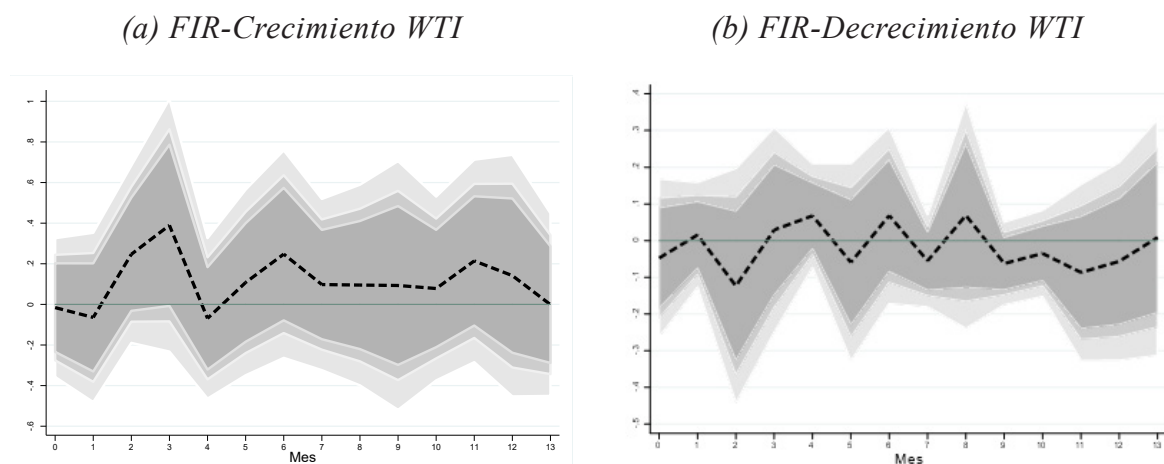
Nota: La figura 8 (a) muestra el impacto un *shock* positivo del WTI en el producto de diésel, mientras que la figura 8 (b) muestra el impacto de un *shock* negativo. Las líneas entrecortadas representan la función impulso-respuesta (FIR). Las regiones sombreadas corresponden a los intervalos de significancia estadística al 1 % (gris claro), 5 % (gris intermedio) y 10 % (gris oscuro).

Figura 9. Impacto asimétrico del precio del petróleo WTI en el producto gasolina bajo octanaje



Nota: La figura 9 (a) muestra el impacto un *shock* positivo del WTI en el producto de gasolina bajo octanaje, mientras que la figura 9 (b) muestra el impacto de un *shock* negativo. Las líneas entrecortadas representan la función impulso-respuesta (FIR). Las regiones sombreadas corresponden a los intervalos de significancia estadística al 1 % (gris claro), 5 % (gris intermedio) y 10 % (gris oscuro).

Figura 10. Impacto asimétrico del precio del petróleo WTI en el producto gasolina alto octanaje



Nota: La figura 10 (a) muestra el impacto un *shock* positivo del WTI en el producto de gasolina alto octanaje, mientras que la figura 10 (b) muestra el impacto de un *shock* negativo. Las líneas entrecortadas representan la función impulso-respuesta (FIR). Las regiones sombreadas corresponden a los intervalos de significancia estadística al 1 % (gris claro), 5 % (gris intermedio) y 10 % (gris oscuro).

5. CONCLUSIONES Y DISCUSIÓN

La presente investigación se enfocó en evaluar el momento y la magnitud con que un *shock* en el precio del WTI incide en los niveles de precios de la economía ecuatoriana durante el periodo 2015-2022. Para ello, se utilizó la metodología de proyecciones locales (*local projections*), propuesta por Jordà (2005), la cual permite estimar, mediante funciones impulso-respuesta, la magnitud y persistencia del impacto de variaciones en los precios sobre la inflación.

En cuanto a los resultados, se plantean modelos simétricos y asimétricos. Los primeros capturan el impacto, suponiendo que el impacto del precio del WTI es el mismo en el crecimiento y decrecimiento de los precios. Por otro lado, los modelos asimétricos logran separar ambos escenarios en estimaciones distintas, permitiendo comparar los resultados y determinar cuál efecto predomina en la inflación. Los modelos base representan los hallazgos principales del estudio, que estiman los efectos del WTI en la inflación, mientras que los modelos adicionales complementan los canales de transmisión en subcanastas del IPC.

En el periodo de pandemia se presentó una disminución en el precio del WTI, bajo el cual se agregó al sistema de bandas a la gasolina de bajo octanaje y al diésel. Este efecto no generó un impacto directo en la inflación. Sin embargo, desde mediados de 2021 y 2022 con el repunte de los precios del petróleo, generó presiones importantes en la inflación, convirtiendo a la división de transporte en una de las principales fuentes de incidencia en los precios, considerando un panorama de recuperación en la economía.

Los resultados de los modelos base sugieren una relación positiva entre el precio del WTI y la inflación en Ecuador, con un incremento neto acumulado de 0,026 puntos en el nivel de precios a lo largo de un año. Adicionalmente, se identifica que el principal canal de transmisión corresponde a la división de transporte, la cual registra un efecto de 0,14 puntos.

Se observa que un *shock* positivo en el precio del WTI genera incrementos en el precio del diésel (0,22), con un efecto que se manifiesta en el quinto mes de manera asimétrica; pero, si el precio cae, se tiene un mayor rezago (séptimo y noveno mes) en la disminución del diésel.

En el caso de la gasolina de bajo y alto octanaje, se observan efectos asimétricos significativos, donde un incremento en el precio del WTI genera aumentos en el precio de las gasolinas de 0,16 (cuarto mes) y 0,5 (tercer mes) respectivamente, magnitudes y tiempos de respuesta variables para cada tipo de gasolina.

Adicionalmente, se identificaron efectos inflacionarios del precio del diésel sobre los servicios de transporte, con un impacto inmediato de 0,20 puntos en el transporte urbano y de 0,16 puntos en el transporte interurbano.

Este artículo contribuye a la literatura sobre los efectos de los combustibles fósiles en los precios de una economía dolarizada medida en la

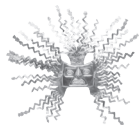
inflación. Se enfocó en estudiar los impactos en el caso del Ecuador, una economía latinoamericana dolarizada que mantuvo históricamente subsidios a las gasolinas (diésel, Súper y Extra) y a partir del 2018 ha intervenido con medidas el precio de los combustibles.

BIBLIOGRAFÍA

- Aksoy, Y., Orphanides, A., Small, D., Wieland, V., & Wilcox, D. (2006). A Quantitative Exploration of the Opportunistic Approach to Disinflation. *Journal of Monetary Economics*, 53(8), 1877–1893.
- Baumeister, C., & Kilian, L. (2014). Do Oil Price Increases Cause Higher Food Prices? *Economic Policy*, 29(80).
- Blinder, A. S. (1982). The Anatomy of Double-Digit Inflation in the 1970s. En *Inflation: Causes and Effects*. University of Chicago Press.
- Borio, C. E., & Filardo, A. J. (2007). *Globalisation and Inflation: New Cross-Country Evidence on the Global Determinants of Domestic Inflation*.
- Canova, F., Ortega, E., & Ciccarelli, M. (2004). *Similarities and Convergence in G-7 Cycles*.
- Carrière-Swallow, Y., Deb, P., Furceri, D., Jimenez, D., & Ostry, J. D. (2023). Shipping Costs and Inflation. *Journal of International Money and Finance*, 130.
- Capistrán, C., & Ramos-Francia, M. (2009). Inflation Dynamics in Latin America. *Contemporary Economic Policy*, 27(3), 349–362.
- Cecchetti, S. G., & Moessner, R. (2008). Commodity Prices and Inflation Dynamics. *BIS Quarterly Review*.
- Ciccarelli, M., & Mojon, B. (2005). *Global Inflation* (No. 537). ECB Working Paper.
- Cody, B. J., & Mills, L. O. (1991). The Role of Commodity Prices in Formulating Monetary Policy. *The Review of Economics and Statistics*, 73(2).
- Durevall, D., Loening, J. L., & Birru, Y. A. (2013). Inflation Dynamics and Food Prices in Ethiopia. *Journal of development economics*, 104.
- Forni, M., Hallin, M., Lippi, M., & Reichlin, L. (2000). The Generalized Dynamic-Factor Model: Identification and Estimation. *The Review of Economics and Statistics*, 82(4), 540–554.
- Gachet, I., Maldonado, D., & Pérez, W. (2008). Determinantes de la inflación en una economía dolarizada: El caso ecuatoriano. Banco Central del Ecuador, *Cuestiones Económicas*, 24(1), 5–26.
- Garner, C. A. (1985). Commodity Prices and Monetary Policy Reform. *Economic Review*, 70, Federal Reserve Bank of Kansas City.
- Garratt, A., & Petrella, I. (2022). Commodity Prices and Inflation Risk. *Journal of Applied Econometrics*, 37(2).

- Gordon, Robert (1975). The Demand for and Supply of Inflation. *Journal of Law and Economics: Vol. 18: No. 3*, Article 22. <https://chicagounbound.uchicago.edu/jle/vol18/iss3/22>
- Hamilton, J. D. (1996), “This is What Happened to the Oil Price–Macroeconomy Relationship,” *Journal of Monetary Economics*, 38, 215–220.
- Jarque, C. M., & Bera, A. K. (1987). A Test for Normality of Observations and Regression Residuals. *International Statistical Review / Revue Internationale de Statistique*, 55(2), 163–172. <https://doi.org/10.2307/1403192>
- Johansen, S. (1995). *Likelihood Based Inference in Cointegrated Vector Autoregressive Models*. Oxford: Oxford University Press. *Journal of Money Credit and Banking*, 10.
- Jordà, Ò. (2005). Estimation and Inference of Impulse Responses by Local Projections. *American Economic Review*, 95(1).
- Kilian, L., and R.J. Vigfusson (2011), “Nonlinearities in the Oil Price-Output Relationship,” *Macroeconomic Dynamics*, 15, 337-363.
- Kose, M. A., Otrok, C., & Whiteman, C. H. (2003). International Business Cycles: World, Region, and Country-Specific Factors. *American Economic Review*, 93(4), 1216–1239.
- Kugler, P. (1991). Common Trends, Commodity Prices and Consumer Prices. *Economics Letters*, 37(4), 345–349.
- Levin, A. T., & Piger, J. (2003). *Is Inflation Persistence Intrinsic in Industrial Economies?*
- Mork, K.A. (1989), “Oil and the Macroeconomy. When Prices Go Up and Down: An Extension of Hamilton’s Results,” *Journal of Political Economy*, 97, 740-744.
- Orphanides, A., Small, D. H., Wieland, V., & Wilcox, D. W. (1997). A Quantitative Exploration of the Opportunistic Approach to Disinflation. *Board of Governors of the Federal Reserve System and Econ. Disc. Series*, 97-36.
- Primicias. (2019). Demanda de gasolina Súper cae 38,32% tras la eliminación del subsidio. <https://www.primicias.ec/noticias/economia/demanda-gasolina-super-subsidio-petroecuador/>
- Ramey, V. A. (2012). Comment on Roads to Prosperity or Bridges to Nowhere? Theory and Evidence on the Impact of Public Infrastructure Investment. En *NBER Macroeconomics Annual 2012, Volume 27* (pp. 147–153). National Bureau of Economic Research.
- Rizvi, S. A. R., & Sahminan, S. (2020). Commodity Price and Inflation Dynamics: Evidence from BRIICS. *Bulletin of Monetary Economics and Banking*, 23(4), 485–500.

- Rogoff, K. (2003). Globalization and Global Disinflation. *Economic Review—Federal Reserve Bank of Kansas City*, 88(4), 45–80.
- Romer, C., & Romer, D. (2010). The Macroeconomic Effects of Tax Changes: Estimates Based on a New Measure of Fiscal Shocks. *American Economic Review*, 100, 763–801.
- Schaffitzel, F., Jakob, M., Soria, R., & Vogt-Schilb, A. (2019). *Can Government Transfers Make Energy Subsidy Reform Socially Acceptable? A Case Study on Ecuador*. Inter-American Development Bank. <http://dx.doi.org/10.18235/0001740>
- Taylor, J. B. (2000). Low Inflation, Pass-Through, and the Pricing Power of Firms. *European Economic Review*, 44(7).



UN ANÁLISIS DE LA DINÁMICA INTERRELACIONAL ENTRE CRECIMIENTO ECONÓMICO, GASTO PÚBLICO E INGRESOS PETROLEROS: CASO ECUATORIANO (1970-2022)

Erika Arce¹, Alfredo Loja² y Luis Sarmiento³

Universidad de Cuenca - Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas
Cuenca, Ecuador

Información

Recibido:

27 de septiembre de 2024

Aceptado:

4 de junio de 2025

Palabras clave:

ARDL
Crecimiento económico
Gasto público
Ingresos petroleros
VEC

JEL:

C32, F43

DOI:

<https://doi.org/10.47550/RCE/35.1.3>

Resumen

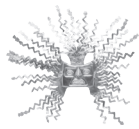
En la economía ecuatoriana, se observa una fuerte relación entre el crecimiento económico, los ingresos petroleros y el gasto público. Comprender la dinámica interrelacional de estas variables es fundamental para una gestión eficiente de los recursos; esta comprensión permitirá implementar políticas que optimicen el uso de los ingresos petroleros y del gasto público, generando un escenario económico más favorable y sostenible. La presente investigación modela dicha dinámica en el periodo 1970-2022, aplicando técnicas econométricas robustas como el modelo de vectores autorregresivos (VEC) y el modelo autorregresivo de rezagos distribuidos (ARDL), además de pruebas estadísticas de estacionariedad (ADF, PP y KPSS) y transformaciones de Box-Cox. Los resultados indican una relación de cointegración entre el PIB per cápita, el gasto público y los ingresos petroleros, sugiriendo un equilibrio a largo plazo. A corto plazo, los ingresos petroleros tienen un impacto positivo significativo en el crecimiento económico, desafiando la hipótesis de la maldición de los recursos naturales. Sin embargo, a largo plazo, el efecto del gasto público sobre el crecimiento económico es inverso.

¹ORCID: 0009-0006-5064-2089. CRediT: conceptualización, análisis formal, investigación, visualización, redacción - borrador original, redacción - revisión y edición. Correo electrónico: erikav.arce@ucuenca.edu.ec

²ORCID: 0009-0004-2299-6133. CRediT: curación de datos, análisis formal, investigación, metodología, redacción - borrador original, redacción - revisión y edición. Correo electrónico: alfredoal.loja@ucuenca.edu.ec

³ORCID: 0000-0002-1527-9898. CRediT: conceptualización, supervisión, validación, revisión y edición. Correo electrónico: santiago.sarmiento@ucuenca.edu.ec

Copyright © 2025 Arce, Loja y Sarmiento. Los autores conservan los derechos de autor del artículo. El artículo se distribuye bajo la licencia Creative Commons Attribution 4.0 License.



AN ANALYSIS OF THE INTERRELATIONAL DYNAMICS BETWEEN ECONOMIC GROWTH, PUBLIC SPENDING AND OIL REVENUES: THE ECUADORIAN CASE (1970-2022)

Erika Arce¹, Alfredo Loja² and Luis Sarmiento³

Universidad de Cuenca - School of Economic and Management Sciences
Cuenca, Ecuador

Article Info

Received:

27th September 2024

Accepted:

4th June 2025

Keywords:

ARDL
Economic Growth
Public Expenditure
Oil Revenues
VEC

JEL:

C32, F43

DOI:

<https://doi.org/10.47550/RCE/35.1.3>

Abstract

In the Ecuadorian economy, there is a strong relationship between economic growth, oil revenues and public spending. Understanding the interrelational dynamics of these variables is fundamental for efficient resource management; this understanding will allow the implementation of policies that optimise the use of oil revenues and public spending, generating a more favourable and sustainable economic scenario. This paper models these dynamics over the period 1970-2022, applying robust econometric methods such as the Vector Autoregressive (VEC) and the Autoregressive Distributed Lag (ARDL) models, in addition to statistical stationarity tests (ADF, PP, and KPSS) and Box-Cox transformations. The results indicate a cointegration relationship among GDP per capita, public spending, and oil revenues, indicating a long-term equilibrium. In the short term, oil revenues have a significant positive effect on economic growth, which challenges the natural resource curse hypothesis. However, over the long term, the impact of public spending on economic growth is the opposite.

¹ORCID: 0009-0006-5064-2089. CRediT: conceptualization, formal analysis, research, visualization, writing - original draft, writing - revision and editing. E-mail: erikav.arce@ucuenca.edu.ec

²ORCID: 0009-0004-2299-6133. CRediT: data curation, formal analysis, research, methodology, writing - original draft, writing - review and editing. E-mail: alfredoa.loja@ucuenca.edu.ec

³ORCID: 0000-0002-1527-9898. CRediT: conceptualization, supervision, validation, review and editing. E-mail: santiago.sarmiento@ucuenca.edu.ec

Copyright © 2025 Arce, Loja y Sarmiento. The authors retain the copyright of the article. The article is distributed under the Creative Commons Attribution 4.0 License.

1. INTRODUCCIÓN

La economía ecuatoriana se caracteriza fundamentalmente por su dependencia de las exportaciones, especialmente de materias primas como productos agrícolas y petróleo. Esta condición la vuelve vulnerable a *shocks* tanto internos como externos, que pueden afectar los precios y los niveles de producción de dichos bienes.

Esta vulnerabilidad se evidencia en las fluctuaciones del crecimiento económico a lo largo del tiempo; por ejemplo, a partir de la década de los 70, con el *boom* petrolero, la economía ecuatoriana experimentó una fuerte expansión. El PIB tuvo un crecimiento anual promedio de 8,6 % durante el periodo 1972-1980, lo que conllevó un cambio en la estructura económica del país. El Estado tuvo una mayor participación, al ser el receptor directo de los ingresos obtenidos por la actividad petrolera, lo que a su vez permitió un mayor gasto público, que aumentó de 328 millones en 1972 a 2.929 millones de dólares en 1981. Estos recursos se destinaron principalmente a inversión en infraestructura, lo que aceleró y profundizó la modernización económica y social del país (Cardoso & Chavez, 2023). Sin embargo, en la década de los 80, la drástica caída en los precios del petróleo y diversos *shocks* llevaron al país a una desaceleración económica, con un crecimiento anual promedio del PIB de solo 2,4 %, mientras que del gasto público fue de 1,42 %. Esto resultó en la implementación de programas de ajuste, como recortes de gastos corrientes, eliminación de subsidios, entre otros (Pareja, 1992).

Por otra parte, en la primera década de los años 2000, el país experimentó un nuevo auge petrolero, impulsado por un incremento significativo en los precios de las materias primas, con un crecimiento promedio anual del 5,5 %. Como resultado, la economía ecuatoriana registró un crecimiento promedio del PIB de 3,86 % anual. Esta expansión permitió también un aumento sostenido del gasto público, que creció en promedio un 4,43 %, con una mayor asignación de recursos a los sectores de educación, salud e infraestructura, lo que contribuyó al desarrollo del país (Gruss, 2014). Sin embargo, a partir de 2011, la caída de los precios del petróleo, sumada a la escasa diversificación productiva y al impacto de la pandemia de COVID-19, provocaron una fuerte recesión económica. Entre 2015 y 2022, el crecimiento promedio del PIB fue de apenas 0,24 %, mientras que el gasto público creció en promedio un 0,54 % anual.

Bajo este contexto, se evidencia que en la economía ecuatoriana existe una fuerte relación entre el crecimiento económico, los ingresos petroleros y el gasto público. Por esta razón, resulta fundamental comprender la dinámica entre estas variables, a fin de establecer una gestión adecuada de los recursos que contribuya a generar un escenario económico más favorable para el país.

La importancia del presente trabajo de investigación, en la literatura ecuatoriana, radica en un riguroso análisis empírico de las relaciones existentes entre el crecimiento económico, el ingreso petrolero y el gasto público, puesto

que, si bien este comprende un tópico ampliamente estudiado, en su mayoría se han aplicado metodologías que no logran capturar efectivamente los efectos a corto y largo plazo. Por ello, en el presente estudio, se aplican técnicas dinámicas robustas, como el modelo de vectores autorregresivos (VEC) y el modelo autorregresivo de rezagos distribuidos (ARDL), utilizando una serie de datos que abarca el periodo 1970-2022.

Entre los principales resultados de esta investigación, se ha encontrado evidencia de una relación causal entre el gasto público y los ingresos petroleros sobre el crecimiento económico del país. En el corto plazo, ambas variables muestran un efecto positivo sobre la actividad económica; sin embargo, a largo plazo, el gasto público presenta un efecto inverso sobre el crecimiento. Estos resultados son consistentes con la literatura. Por ejemplo, Carrillo (2017) sostiene que el gasto público tiene un impacto positivo principalmente en períodos de recesión, mientras que el ingreso petrolero genera un efecto positivo permanente, con mayor intensidad durante los periodos de expansión. De manera similar, Viscarra (2011) concluye que el efecto positivo del gasto público es transitorio, ya que, en el mediano plazo, las variables tienden a volver a su estado estacionario.

2. REVISIÓN DE LA LITERATURA

A nivel mundial, se ha evidenciado que los países con abundancia de recursos naturales y cuya economía se basa en la exportación de materias primas muestran una fuerte dependencia de la venta de estos productos y, por lo general, no cuentan con una mayor diversificación productiva, lo que los vuelve vulnerables a las condiciones externas, principalmente a la variación de los precios. Además, tienden a registrar un crecimiento económico más lento en comparación con países mayormente industrializados. Por esta razón, en la literatura ha surgido el interés por analizar las relaciones entre las variables económicas de este tipo de países, especialmente para identificar los determinantes del crecimiento económico. Entre estas investigaciones destaca la conocida hipótesis de la maldición de los recursos naturales, la cual plantea una relación negativa entre la abundancia de dichos recursos y el crecimiento económico.

Tiba (2019) y Sharma & Mishra (2022), en sus respectivos artículos, demostraron que, en países exportadores de petróleo, se corrobora dicha teoría, resaltando la importancia de las instituciones y la corrupción en el impacto de los recursos naturales sobre el crecimiento económico. Resultados similares se obtienen para América Latina: Cuenca & Ochoa Jimenez (2017) demuestran que, en los países de ingresos altos, los recursos naturales ejercen un impacto negativo y significativo sobre el producto interno; mientras que, en

las naciones de ingresos medios, dicho efecto también es negativo, pero no alcanza significancia estadística.

Otros, por el contrario, no son concluyentes respecto a la manifestación de la hipótesis previamente mencionada. Este es el caso del estudio realizado por Alvarado et al. (2022), quienes señalan que el vínculo entre las rentas de los recursos naturales y el progreso económico es heterogéneo a lo largo de la distribución, para el caso de Latinoamérica. Por su parte, Fubara et al. (2019) deducen que la extracción de recursos naturales tiene un impacto económico positivo en los estados de la región nigeriana productora de petróleo, a diferencia del impacto negativo que se observa a nivel nacional.

Por otra parte, existen estudios que establecen una relación positiva, como el trabajo de Muhammad et al. (2021) para América Latina. Este resultado se confirma en lo encontrado por Bonet-Morón (2020) para Colombia, donde se menciona que un mayor precio del petróleo condujo a una mayor inversión subnacional, lo que sugeriría una menor probabilidad de maldición de los recursos. Esta relación también se evidencia en algunos países africanos y de Medio Oriente; autores como Adabor et al. (2022) y Sultan & Haque (2018) la demostraron empleando técnicas econométricas de cointegración. Se destaca que este último cuerpo de literatura, además, ha encontrado un efecto positivo del gasto público en consumo sobre el crecimiento económico.

Adicionalmente, se debe tener en cuenta la relación que existe entre las instituciones públicas, el gasto y el ingreso. Según los resultados obtenidos por Damette y Seghir (2018), los países altamente dependientes del petróleo tienen mayor probabilidad de experimentar ineficiencias en las decisiones gubernamentales y, por tanto, una mala asignación de recursos que conduce al subdesarrollo. Asimismo, según lo expuesto por Pazouki y Zhu (2022), en países democráticos un aumento en la volatilidad del petróleo genera un incremento del gasto público, lo cual está relacionado con la calidad institucional, por lo que sugieren que debería existir una mejor planificación estratégica para mejorar dicho desempeño.

En Ecuador, dado que su economía es altamente dependiente de las exportaciones petroleras, es importante analizar cómo estas influyen en el gasto público y el crecimiento económico. Guichay, Vacacela y León (2022), en su investigación realizada para el país, encontraron que los ingresos no petroleros (recaudación de impuestos) generan actualmente mayores beneficios para la economía que las rentas petroleras. Por su parte, en la investigación de Quinde et al. (2020), se resalta la importancia de establecer la relación entre el gasto público y el ingreso petrolero para determinar el comportamiento de la política pública. Con dicho objetivo, realizaron un análisis de cointegración, en el cual encontraron que estas variables presentan una tendencia positiva y no estacionaria; además, determinaron la existencia de causalidad unidireccional de Granger desde las exportaciones petroleras hacia el gasto público. Por otra parte, Martin-Mayoral y Carvajal (2023) evidenciaron que los precios

del petróleo tienen un efecto asimétrico sobre el crecimiento económico del país, con un mayor impacto durante los períodos de desaceleración.

Asimismo, existen otras economías dependientes de los ingresos petroleros, en las cuales la investigación sobre cómo estos afectan al gasto público ha adquirido gran relevancia, como es el caso de Arabia Saudita, país con la mayor producción y exportación de petróleo del mundo. Al Kahteeb et al. (2017) realizaron un estudio con el fin de determinar las relaciones entre los ingresos petroleros, el nivel de empleo, el gasto público y el PIB, aplicado al período 1991-2016. A partir de un modelo de vectores autorregresivos (VAR), concluyeron que los ingresos petroleros y el gasto público inciden en el nivel de empleo en este país. Además, encontraron que la caída del precio del petróleo representa un desafío para su economía y sugieren la necesidad de diversificarla. Resultados similares fueron obtenidos por Al Rasasi, Qualls y Algambi (2019), quienes, mediante un modelo de corrección por el error (MCE), concluyeron que los ingresos públicos provenientes del petróleo causan a la Granger el crecimiento real de dicha economía.

Según el estudio realizado por Raouf (2021), para países exportadores e importadores de petróleo, las crisis de los precios de este hidrocarburo afectan positivamente al gasto público de los exportadores y, por el contrario, de manera negativa a los importadores. Asimismo, Hassan (2021) demuestra, a través de un modelo ARDL, que el gasto público responde de forma asimétrica a los cambios positivos y negativos de los ingresos petroleros en el largo plazo, mientras que la respuesta es simétrica en el corto plazo.

Por otro lado, en una investigación realizada por Eregha y Mesagan (2020), aplicada a los países ricos en petróleo de África, se determinó que es esencial para estos países invertir los ingresos obtenidos por la venta del hidrocarburo en el fortalecimiento de su base productiva, con el fin de reducir sus déficits fiscales durante los periodos de incertidumbre en los precios y, de este modo, impulsar el crecimiento del PIB. Por su parte, Mohammed et al. (2020) determinaron, a partir de un modelo VAR aplicado a 83 países productores de petróleo, que la inversión pública de ingresos petroleros afecta positivamente al crecimiento económico, condicionado al desarrollo del sector bancario; sin embargo, no tiene ningún efecto en el caso del desarrollo del mercado de valores, salvo a través de la tasa de rotación. Además, se encontró que la inversión privada de ingresos petroleros tiene un impacto negativo en el crecimiento económico, también condicionado al desarrollo del sector bancario.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

Este trabajo empírico plantea dos objetivos específicos. En primer lugar, analizar y determinar la relación a largo plazo entre el crecimiento económico¹, el gasto público y los ingresos derivados del petróleo, y, en un segundo punto, investigar la dinámica causal a corto plazo entre dichas variables.

Para ello, se propone utilizar modelos econométricos, específicamente los modelos ARDL y VAR, ya que permiten comprender y modelar relaciones dinámicas a corto y largo plazo. Con la salvedad de que el método VAR resulta útil cuando existe evidencia de simultaneidad entre un conjunto de variables; por tanto, todas deben tratarse en igualdad de condiciones, evitando establecer a priori distinciones entre variables endógenas o exógenas.

3.1. Análisis de estacionariedad

Previo a la estimación de los modelos autorregresivos, es fundamental analizar una de las principales propiedades para el modelado estadístico de series temporales: la estacionariedad (Stock & Watson, 2012).

Una serie temporal Y_t es estacionaria si su distribución de probabilidad no varía en el tiempo, es decir, si la distribución conjunta de $(Y_{s+1}, Y_{s+2}, \dots, Y_{s+T})$ no depende de s sea cual sea el valor de T ; de lo contrario, se dice que es no estacionaria (Stock & Watson, 2012, p. 387)

Como demuestra la literatura, omitir esta fase puede generar resultados espurios, invalidar pruebas de cointegración y comprometer la interpretación de las relaciones económicas (Enders, 2015). Para ello se llevarán a cabo rigurosas pruebas destinadas a detectar la presencia de estacionariedad en media, concretamente la prueba de Dickey-Fuller aumentada (ADF), siguiendo el algoritmo propuesto por Mahadeva y Robinson (2004), Phillips-Perron (PP) (1988) y Kwiatkowski et al. (1992).

Además, se evaluará dicho supuesto considerando la posible presencia de quiebres estructurales, que podrían afectar los resultados de las pruebas mencionadas. En este contexto, la prueba de Zivot & Andrews (2002) se convierte en una herramienta esencial, ya que permite detectar puntos de quiebre endógenos en las series, mejorando la precisión del análisis de integración.

¹ Se empleará el PIB per cápita como *proxy* del crecimiento económico.

3.2. Modelos de vectores autorregresivos (VAR)

Propuesto por Christopher Sims en los años 80, estos modelos se componen de ecuaciones simultáneas en su forma reducida sin restricciones, lo que implica que los valores actuales de las variables no se utilizan como explicativas en ninguna de las ecuaciones. En su lugar, cada ecuación incluye un conjunto de variables explicativas que consisten en rezagos de todas las variables del modelo. La falta de restricciones significa que cada ecuación incorpora el mismo conjunto de variables explicativas, reflejando así una relación equitativa entre todas las variables del sistema.

El modelo de vectores autorregresivos pretende

especificar un modelo que recoja de la mejor forma posible la evolución de un sistema económico sin que sea necesario imponer demasiadas restricciones a priori; únicamente se necesita especificar las variables que intervienen y el número de rezagos adecuado. Una vez determinadas las variables y los rezagos adecuados, bastará con especificar cada variable en función de sus propios rezagos y de los valores rezagados del resto de las variables (Enders, 2015, pp. 259-337).

En el caso de las tres variables a analizar, el VAR puede escribirse como:

$$\begin{aligned} Y_t &= \pi_{10} + \pi_{11}Y_{t-1} + \pi_{12}GP_{t-1} + \pi_{13}IP_{t-1} + \dots + \varepsilon_{1t} \\ GP_t &= \pi_{20} + \pi_{21}Y_{t-1} + \pi_{22}GP_{t-1} + \pi_{23}IP_{t-1} + \dots + \varepsilon_{2t} \\ IP_t &= \pi_{30} + \pi_{31}Y_{t-1} + \pi_{32}GP_{t-1} + \pi_{33}IP_{t-1} + \dots + \varepsilon_{3t} \end{aligned} \quad (1)$$

Donde Y_t indica el PIB per cápita, IP_t representa los ingresos petroleros y GP_t el nivel de gasto público durante el periodo $t = 1, \dots, T$. Este modelo ofrece varias ventajas como flexibilidad en la inclusión de variables no estacionarias; la capacidad para manejar errores correlacionados contemporáneamente; aborda problemas de endogeneidad, y mejora la comprensión de las relaciones entre el conjunto de variables.

Además, con este enfoque, Johansen (1988) propone una prueba de cointegración bajo un procedimiento que tiene como paso inicial la determinación del orden de integración² de cada variable incluida en el modelo. Si todas las series analizadas son integradas de orden uno ($I(1)$) se especifica una extensión del VAR denominada modelo vectorial de corrección por el error (VEC), con el que se determinará si las series cointegran.

Este modelo, fue introducido por Engle & Yoo (1987) e incorpora un mecanismo de corrección que modela los cambios en las variables dependientes

² El orden de integración de una serie de tiempo hace referencia al número de veces que debe ser diferenciada para alcanzar la estacionariedad; es decir, para que su media, varianza y autocovarianza se mantengan constantes en el tiempo (Stock & Watson, 2012).

en función de desequilibrios en la relación de cointegración, representado por el término de corrección por el error (ECM). Además, considera los cambios en las demás variables explicativas para capturar todas las relaciones a corto plazo entre las variables. El VEC para este caso de estudio se escribirse como:

$$\begin{aligned}\Delta Y_t &= \alpha_1 + \sum_{i=1}^p \delta_{1i} Y_{t-i} + \sum_{k=1}^r \gamma_{1k} GP_{t-k} + \sum_{j=1}^q \beta_{1j} IP_{t-j} + \lambda_1 ECM_{t-1} + \mu_{1t} \\ \Delta GP_t &= \alpha_3 + \sum_{i=1}^p \delta_{3i} Y_{t-i} + \sum_{k=1}^r \gamma_{3k} GP_{t-k} + \sum_{j=1}^q \beta_{3j} IP_{t-j} + \lambda_3 ECM_{t-1} + \mu_{3t} \\ \Delta IP_t &= \alpha_2 + \sum_{i=1}^p \delta_{2i} Y_{t-i} + \sum_{k=1}^r \gamma_{2k} GP_{t-k} + \sum_{j=1}^q \beta_{2j} IP_{t-j} + \lambda_2 ECM_{t-1} + \mu_{2t}\end{aligned}\quad (2)$$

Donde $ECM_{t-1} = y_t - \alpha - \gamma GP_t - \beta IP_t$.

3.3. Modelos autorregresivos de rezagos distribuidos (ADRL)

Según Pesaran (2015), estos son modelos dinámicos, ya que incorporan términos rezagados de la variable dependiente como de los regresores. Para este caso de interés, se lo puede representar de la siguiente manera:

$$Y_t - \lambda_1 Y_{t-1} - \dots - \lambda_p Y_{t-p} = \alpha + \beta_0 GP_t + \dots + \beta_q GP_{t-q} + \gamma_0 IPR_t + \dots + \gamma_r IPR_{t-r} + u_t \quad (3)$$

O:

$$\lambda(L)Y_t = \alpha + B(L)GP_t + Y(L)IPR_t + u_t$$

Donde $\lambda(L)$, $B(L)$, $Y(L)$ representan el polinomio de rezagos correspondiente a cada serie temporal, y u_t es una perturbación aleatoria de largo plazo.

El modelo es autorregresivo, puesto que Y_t está explicado (en parte) por los valores rezagados de sí mismo. Además, tiene un componente de rezago distribuido, en forma de retrasos sucesivos de la variable explicativa de las variables dependientes. Presenta ventajas frente a otros modelos de series de tiempo, pues:

- no requiere que todas las variables posean el mismo orden de integración y puede ser aplicado cuando las variables son integradas de orden cero u orden $I(1)$, lo que evita la necesidad de realizar una prueba previa del orden de integración de las series;

- es relativamente más eficiente en el caso de muestras pequeñas, y
- permite obtener estimaciones insesgadas de los parámetros del modelo de largo plazo. Por lo que, analíticamente es más sencillo de trabajar, además se pueden agregar tendencias determinísticas, así como *dummies* estacionales.

Se dice que el modelo ARDL es estable si todas las raíces de la ecuación polinómica de orden p -ésimo ($\lambda(z) = 1 + \lambda_1 z + \lambda_2 z^2 + \dots + \lambda_p z^p = 0$) están todas dentro del círculo unitario, es decir, $|z|, |z^2|, \dots, |z^p| < 1$; caso contrario, y_t tendría una trayectoria explosiva, no habiendo relevancia práctica en el análisis de series de tiempo económicas.

Por otra parte, todo proceso ARDL(p, q, r) puede ser expresado como un modelo de corrección por el error (MCE), el cual describe la relación a corto plazo entre las series cointegradas; además puede representarse en la forma de cambios y niveles rezagados (MCNR). Basándose en este último modelo, Pesarán et al. (2001) plantea una prueba para testear la existencia de una relación a largo plazo entre las variables de interés, sin la necesidad de estar seguro de si las series en cuestión son $I(0)$ o $I(1)$; esta prueba sigue los pasos descritos a continuación:

1. Estimar el modelo en su representación MCNR

$$\Delta Y_t = \alpha + \sum_{i=1}^p \psi_i \Delta Y_{t-i} + \sum_{j=0}^q \beta_j \Delta IP_{t-j} + \sum_{k=0}^r \gamma_k \Delta GP_{t-k} + \lambda_1 u_{t-1} + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 GP_{t-1} + \phi_3 IP_{t-1} + u_t \quad (4)$$

2. Calcular el estadístico F o Wald para testear la siguiente hipótesis nula:

$$H_0: \phi_1 = \phi_2 = \phi_3 = 0$$

3. Los valores críticos no siguen una distribución conocida, por lo que valores críticos límite han sido tabulados por los mismos autores. Estos valores dependen de si la ecuación de regresión tiene o no tendencia.

En este contexto, la combinación de los modelos ARDL y VAR ofrece ventajas significativas facilitando no solo contrastar los resultados, sino también enriquecer el análisis con una validación cruzada de los resultados. Por ejemplo, el VECM, generalmente, es sensible al tamaño de la muestra (muestras pequeñas), pero el modelo ARDL es más eficiente en dicho contexto, de esta forma se actúa como un contrapeso metodológico (Odhiambo, 2009).

Asimismo, el VECM proporciona una visión sistémica de las relaciones de equilibrio a través de vectores de cointegración y mecanismos de corrección de error (Engle & Granger, 1987), mientras que el ARDL permite profundizar en las dinámicas de corto plazo mediante la inclusión explícita de rezagos distribuidos. Esto es clave para entender la velocidad de ajuste del crecimiento económico ante cambios fiscales (Shin, Yu & Greenwood-Nimmo, 2014).

El VECM, al ser un modelo multivariado, también permite evaluar la causalidad en el sentido de Granger (Granger, 1988) y descomponer los efectos de los *shocks* mediante funciones de impulso-respuesta. Sin embargo, el ARDL aporta un mayor nivel de detalle en la ecuación específica de interés (en nuestro caso, el PIB per cápita en relación con el gasto público e ingresos petroleros por persona), lo que resulta valioso para el diseño del análisis.

Esta estrategia combinada ha sido empleada con éxito en estudios como los de (Mehrra, 2008), quien analizó el impacto de los ingresos petroleros en el crecimiento económico, y Cavalcanti et al. (2011), que examinaron la relación entre rentas de recursos naturales y variables fiscales. Al integrar ambas metodologías, no solo se mejora la robustez de los hallazgos, sino que se obtiene una comprensión más matizada de las interacciones entre las principales variables.

3.4. Datos

En la presente investigación, los datos se recopilieron a través de la consolidación de fuentes de información estadística provenientes del Banco Mundial (BM) y el Banco Central del Ecuador (BCE), con una temporalidad anual desde 1970 hasta 2022. Las variables empleadas en la estimación se presentan en la tabla 1.

Tabla 1. Descripción de variables

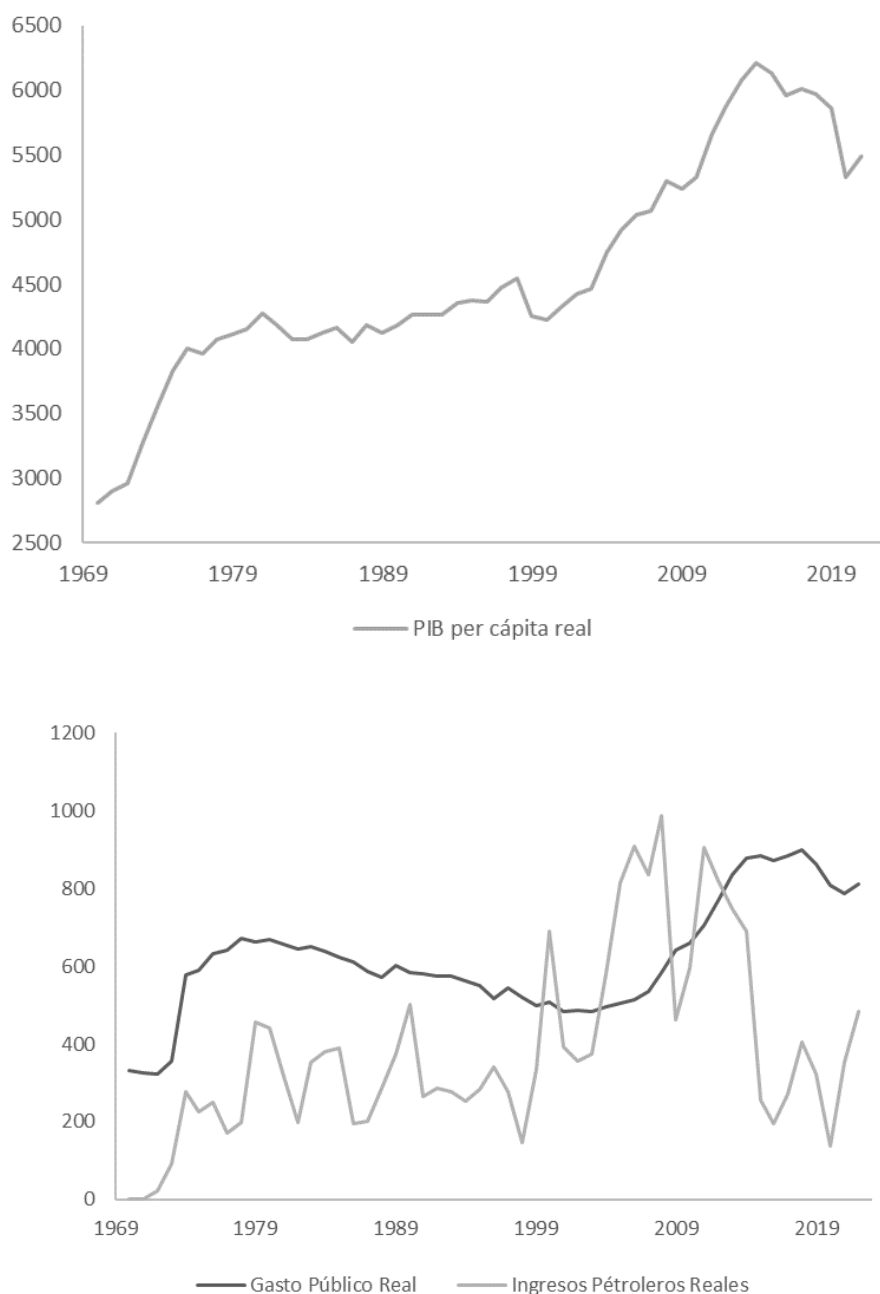
Nombre de la variable	Descripción
PIB per cápita real (Y_t)	Es el producto interno bruto (PIB) por cada habitante, a precios constantes (con base en el año 2015)
Gasto público per cápita real (GP_t)	Medido por el gasto de consumo final del gobierno por cada habitante a precios constantes de 2015.
Ingresos petroleros reales per cápita (IP_t)	Son las rentas petroleras, por individuo, ajustadas por inflación.

Es importante mencionar que, para obtener los ingresos petroleros por habitante en términos reales, se utilizó la metodología planteada por el mismo

BM, donde se ajusta dichas rentas nominales según el deflactor del PIB con base en el año 2015.

En la figura 1, se examina la evolución de las variables de interés:

Figura 1. PIB, gasto público e ingresos petroleros per cápita (términos reales) para Ecuador



Fuente: Basado en datos del Banco Mundial (2024)

En cuanto a las series cronológicas se puede evidenciar, a breves rasgos, para el caso del PIB per cápita, la posible presencia de tendencia determinística creciente, mientras que, para el gasto público y los ingresos petroleros, por individuo, indicios de tendencias estocásticas (con cierta volatilidad en las rentas). La diferencia entre el PIB y el gasto público pareciera ser (hasta cierto grado) sistemática; sin embargo, se observa variaciones distintivas, como por ejemplo entre los años 80 y 90, y la más representativa en el 2021. Sin duda la caída más abrupta se presentó en el primer trimestre de 2020; justificada por las medidas de confinamiento a razón de la pandemia COVID-19. Por otra parte, se observa que los mayores ingresos petroleros, por persona, que ha tenido el país se han dado durante la primera década del 2000, a razón de un aumento de los precios, de hasta un 5,5 %; se observa que existe una estrecha relación entre el PIB per cápita y estos últimos.

Como paso previo a la estimación, se determinó mediante la prueba de Dickey-Fuller que las variables analizadas no son estacionarias en media³. No obstante, los resultados revelan presencia de autocorrelación en las perturbaciones del PIB y el gasto público per cápita, siendo significativa incluso con 5 rezagos al 5 % de confianza (ver anexo B.1); adicionalmente, la prueba de Breusch-Pagan evidenció heterocedasticidad (varianza no constante) en las tres series estudiadas (anexo B.2). Para abordar estos inconvenientes, se aplicó la prueba ADF, la prueba de PP y el KPSS como prueba alternativa; mismos que complementaron el hallazgo inicial y determinaron que cada variable es integrada de orden uno $I(1)$,⁴ como se observa en la tabla 2.

Tabla 2. Pruebas de estacionariedad y orden de integración

Series	ADF		P-P		KPSS		Orden de integración
	Nivel	1ra diferencia	Nivel	1ra diferencia	Nivel	1ra diferencia	
Y_t	1,369	-3,282(***)	1,786(*)	-4,835(***)	2,27(***)	0,202	$I(1)$
GP_t	0,778	-3,428(***)	1,037	-4,977(***)	1,11(***)	0,169	$I(1)$
IP_t	-1,206	-7,460(***)	-0,939	-7,772(***)	1,73(***)	0,027	$I(1)$
Errores estándar en paréntesis				* $p < 0,1$, ** $p < 0,05$, *** $p < 0,01$			

³ Ver anexo A.

⁴ Al efectuar cada una de estas pruebas, no se incluyeron tendencia ni intercepto, conforme a los resultados obtenidos a partir del procedimiento secuencial de Mahadeva & Robinson (2004). Se estableció un rezago por parsimonia, de acuerdo con los criterios informacionales, para el PIB per cápita y el gasto público.

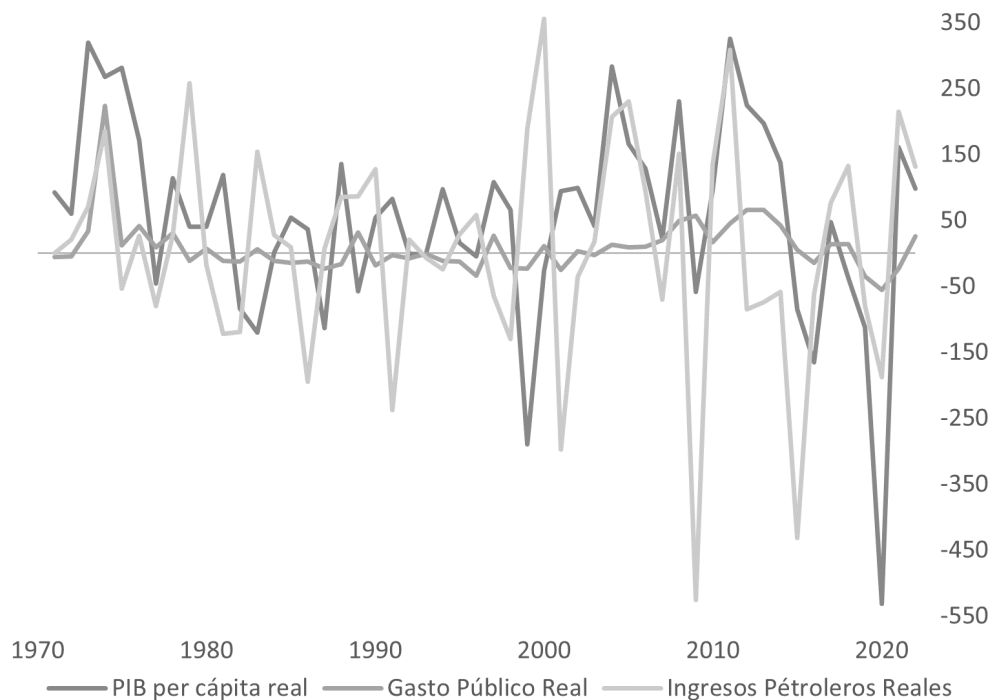
Bajo esta lógica, según con los resultados obtenidos mediante la prueba de Zivot-Andrews, no se rechaza la hipótesis nula de raíz unitaria con quiebre estructural, para dos de las tres variables analizadas, pero sí se rechaza marginalmente, al 10 %, para el caso de los ingresos petroleros per cápita. Esto sugiere que las series mantienen su carácter no estacionario incluso al permitir la presencia de un quiebre endógeno, en consecuencia, y dado que no existe evidencia concluyente de quiebres estructurales que alteren significativamente el orden de integración de las series, es metodológicamente válido emplear los modelos econométricos autorregresivos planteados en la sección previa. Tal como lo señalan Lütkepohl y Krätzig (2004), las pruebas estándar de cointegración pueden aplicarse de forma apropiada siempre que las series involucradas sean integradas del mismo orden y no presenten perturbaciones estructurales evidentes que invaliden dicha condición.

Tabla 3. Prueba de Zivot-Andrews

Series	Intercepto	Tendencia	Tendencia e intercepto
Y_t	-3,391	-2,796	-3,306
GP_t	-4,048	-3,619	-3,532
IP_t	-4,442*	-3,946	-5,026*
* $p < 0,1$, ** $p < 0,05$, *** $p < 0,01$			

La figura 2 presenta la primera diferenciación, donde claramente se puede observar la estacionariedad en media de las series analizadas. Sin embargo, esta conclusión no se puede extender al caso de la varianza.

Figura 2. Primera diferencia correspondiente al PIB, gasto público e ingresos petroleros per cápita



Fuente: Basado en Banco Central del Ecuador (2022)

Por tal motivo, se utiliza transformaciones de Box & Cox (1964), que permite inducir normalidad, homocedasticidad y estacionariedad en varianza a los datos (Cai, Lu & Zhao, 2020), cumpliendo así con los supuestos claves requeridos para un correcto ajuste del modelo de regresión y la validez de las inferencias estadísticas subsecuentes sobre los coeficientes estimados (Kartsonakis & Dritsakakis, 2020). Dichas transformaciones se sustentan en la obtención del parámetro λ y se expresan como:

$$X_t' = g(X_t) = \frac{(X_t)^\lambda - 1}{\lambda} \quad (5)$$

En el caso del PIB per cápita y el gasto público por habitante, los resultados evidenciaron que la desviación estándar es proporcional a la media, es decir $\lambda = 0$, por lo cual la transformación adecuada (de acuerdo con Mauricio (2007)) es el logaritmo natural. Dicha transformación se representará por y_t y gp_t respectivamente. En tanto para los ingresos petroleros por persona se determinó que $\lambda = 1/2$; por tanto su transformación es de la forma (anexo C):

$$ip_t = 2(IP_t)^{0,5} \quad (6)$$

4. RESULTADOS Y LIMITACIONES

En primera instancia, se aplicó la prueba de cointegración multivariada propuesta por Johansen (1988), que utiliza dos estadísticos: el de la traza y del máximo valor propio; cuyas hipótesis nulas asociadas a dichos estadísticos establecen que no existe más de R relaciones de cointegración, es decir $H_0: r \leq R$, y que el número de vectores cointegrantes es igual a c ($H_0: r = c$), respectivamente.

Los resultados de las pruebas se muestran en la tabla 4. El estadístico de la traza sugiere la existencia de un vector de cointegración al 5 % de significancia. En este sentido, Engle & Yoo (1987) indican que dicho hallazgo plantea la presencia de causalidad a la Granger entre las series analizadas y, además, valida la existencia de al menos una relación de equilibrio a largo plazo. Sin embargo, el estadístico del máximo valor propio no respalda contundentemente dicho resultado, ya que el valor calculado se encuentra muy próximo al valor crítico al 5 % de significancia.

Tabla 4. Resultados de la prueba de cointegración de Johansen

r	Estadístico de la traza			Estadístico del máximo valor propio		
	Estadístico de la prueba	Valor crítico		Estadístico de la prueba	Valor crítico	
		5 %	1 %		5 %	1 %
0	30,2226**	29,68	35,65	19,8827*	20,97	25,52
1	10,3398	15,41	20,04	8,3563	14,07	18,63
2	1,9835	3,76	6,65	0,15391	3,76	6,65
Errores estándar en paréntesis				* p<0,1, ** p<0,05, *** p<0,01		

Con el fin de brindar mayor solidez a los resultados obtenidos, adicionalmente, se implementó la prueba de cointegración propuesta por Pesarán et al., comúnmente denominada PSS, que ofrece ventajas metodológicas en comparación al enfoque desarrollado por Johansen. Además, se aplica la corrección propuesta por Kripfganz & Schneider (2023) a los valores críticos, los cuáles se derivan de regresiones respuesta-superficie, facilitando de esta manera la inferencia estadística. La aplicación de esta prueba permitió corroborar la existencia de al menos un vector de cointegración, validando así la evidencia inicial de una relación de equilibrio a largo plazo entre las variables y_t , ipr_t , y gpr_t al 10 % de significancia, sin considerar tendencia, pero con intercepto (tabla 5).

Tabla 5. Resultados de la prueba de cointegración PSS

H ₀ : No existe relación de largo plazo			PSS		Kripfganz-Schneider		p-valor	
Estadístico	Valor estadístico	Valor crítico	I _L	I _U	I _L	I _U	I _L	I _U
F	4,827*	1 %	5,15	6,36	5,666	7,003		
		5 %	3,79	4,85	4,006	5,122	0,023	0,064
		10 %	3,17	4,14	3,285	4,291		
Regla de decisión			Rechazo la H ₀ si F > I _U y t < I _U					
t	-3,274*	1 %	-3,43	-4,10	-3,546	-4,281		
		5 %	-2,86	-3,53	-2,899	-3,589	0,018	0,092
		10 %	-2,57	-3,21	-2,573	-3,235		

Dado este resultado, es posible determinar las relaciones de equilibrio de corto y largo plazo. Para ello es imprescindible conocer la estructura adecuada del modelo autorregresivo de rezagos distribuidos; en este contexto, tras realizar una comparación estadística evaluando los modelos según los criterios informacionales y la prueba de normalidad de residuos, se determina que el modelo ADRL(1,1,0) es el apropiado⁵ (es importante resaltar que este mismo modelo sirvió de base para ejecutar la prueba de cointegración). Con esto la posible relación a largo plazo entre las variables es⁶:

$$y_t = 0,7298 - 0,0898gp_t + 0,0112ip_t + u_t \quad (7)$$

(0,002) (0,810) (0,023)

Se puede observar un efecto negativo del gasto público sobre el crecimiento económico, a largo plazo, pues un incremento del 1 % en el nivel de gasto público conduce a una disminución en la renta por persona de aproximadamente un 0,09 %. Un efecto contrario releva los ingresos petroleros, pues una elevación de una unidad monetaria en dichas rentas aumenta el nivel de crecimiento. A partir de estas dos últimas estimaciones se obtiene el MCE; la siguiente ecuación resume dicho modelo:

$$\Delta y_t = 0,1488\Delta gp_{t-1} + 0,001\Delta ip_{t-1} - 0,0838u_{t-1} \quad (8)$$

(0,006) (0,022) (0,046)

⁵ Véase resultados en el anexo D.

⁶ Entre paréntesis se encuentran los errores estándar, para las pruebas de significancia individual.

Dado que el coeficiente asociado a u_{t-1} es inferior a 1 en valor absoluto, se cumple con la condición de estabilidad; esta característica implica que los desequilibrios de largo plazo tienden a desaparecer con el tiempo, convergiendo a un estado estacionario.

En contraste con los resultados de largo plazo, se evidencia una relación directa en el corto plazo entre el gasto público y el crecimiento económico. Aunque este efecto pueda parecer contradictorio, confirma la conclusión de Viscarra, quien señala que, si bien el gasto público genera un impulso significativo en la economía en los primeros períodos de implementación, dicho efecto tiende a diluirse en el mediano plazo. Estudios aplicados a economías africanas y de Medio Oriente encuentran una relación similar entre estas variables (Sultan & Haque; Al Kahteeb et al.; Mohammed et al.). En el contexto ecuatoriano, este fenómeno podría explicarse por varios factores, entre los que destacan la falta de eficiencia y transparencia en el manejo de los recursos públicos, la sostenibilidad fiscal y la estructura económica relativamente poco diversificada, entre otros.

En lo que respecta a los ingresos petroleros, su impacto es menos pronunciado en el corto plazo en comparación con el largo plazo, aunque mantiene la misma dirección. Este efecto positivo concuerda con los hallazgos de Bonet-Morón (2020) para la economía colombiana argumentando que el incremento en rentas petroleras conduce a una mayor inversión y, por tanto, a un mayor crecimiento económico; similares resultados obtuvieron Muhammad et al. para América Latina, así también autores como Adabor et al., Sultan-Haque, y Fubara et al. para economías africanas. En el contexto ecuatoriano dicha afirmación no carece de fundamento, pues las rentas petroleras se incorporan al presupuesto general del estado (PGE) y, de acuerdo con el artículo 286 de la Constitución, se destinan preferentemente a cubrir egresos no permanentes, generalmente vinculados a la formación bruta de capital fijo; no obstante, de manera excepcional, estas también se asignan a egresos permanentes en sectores críticos como salud, educación y seguridad nacional; esta distribución de los ingresos petroleros refleja la influencia significativa que ejercen en el desarrollo y progreso de la economía ecuatoriana.

Además, los resultados obtenidos en esta investigación desafían la noción convencional de la “maldición de los recursos naturales”; estos hallazgos no se contrastan significativamente con las conclusiones de otros estudios que respaldan dicha hipótesis, particularmente en el contexto de países exportadores de petróleo. Entre estos estudios destacan los trabajos de Cuenca-Ochoa para América Latina, así como las investigaciones de Tiba (2019) y Sharma & Mishra (2022). Los hallazgos sugieren una relación más compleja entre la abundancia de recursos naturales y el desarrollo económico, cuestionando la aplicabilidad universal de esta teoría en distintos contextos nacionales.

Con el fin de generar robustez en los resultados obtenidos previamente, y sabiendo que existe ciertos vestigios de cointegración entre las series económicas, se estima el VEC con una longitud óptima de dos rezagos; las estimaciones

se pueden observar en la tabla 6. Adicionalmente, de las estimaciones obtenidas se comprobó que las perturbaciones cumplan con las propiedades estadísticas de no presencia de autocorrelación, normalidad y estabilidad de condiciones, el detalle de las pruebas y los resultados se presentan en el anexo E.

Tabla 6. Estimación del modelo vectorial de corrección por el error

VECM	Variable dependiente	Variables explicativas	Coefficiente estimado	Errores estándar
Largo plazo	y_t	gp_t	-0,0223	0,1734
		ip_t	0,0181***	0,0035
		constante	0,7592	
		Δy_{t-1}	0,0908	0,1501
Corto plazo	Δy_t	Δgp_{t-1}	0,1307**	0,0646
		Δip_{t-1}	0,0013**	0,0006
		ECM_{t-1}	0,0442**	0,0204
		constante	0,0062	0,0046
		Nivel de confianza * p<0,1, ** p<0,05, *** p<0,01		
Criterios informacionales		AIC	SBIC	HQIC
		-219,6969	-222,7568	-229,5383

Las estimaciones parecen concordar con las obtenidas en el MCE, considerando únicamente la relación que establece el crecimiento económico en función del gasto público y los ingresos petroleros. De acuerdo con los resultados obtenidos en la prueba de Granger, se evidencia una relación causal entre estas variables al 5 % de significancia (tabla 7).

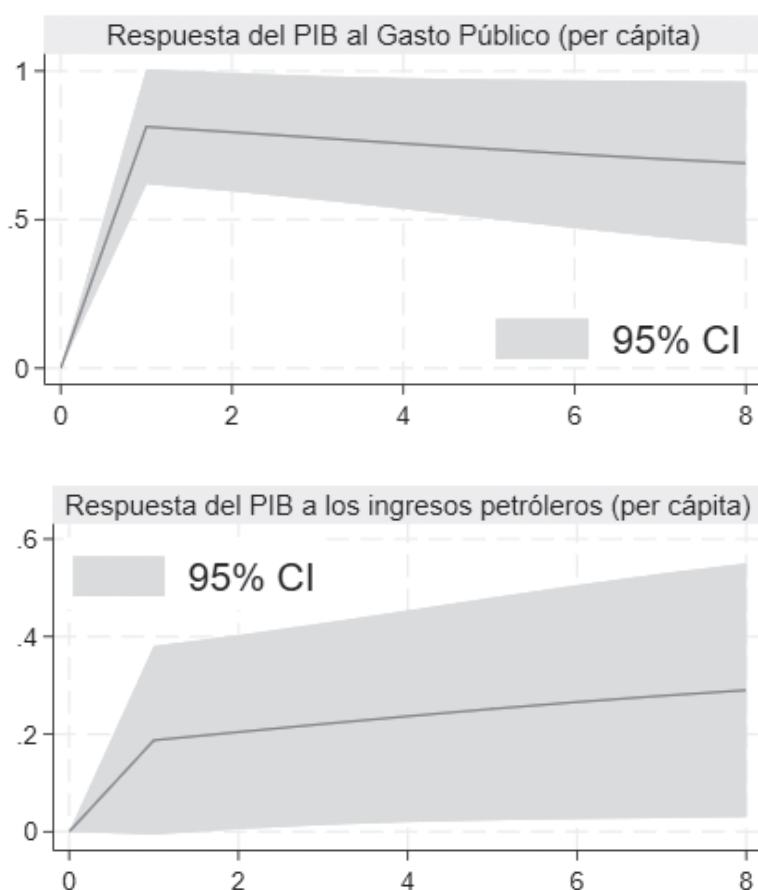
Tabla 7. Test de causalidad de Granger

Variable dependiente	Variables explicativas		X^2	$Prob > X^2$
y_t	gp_t	ip_t	7,3792	0,025
gp_t	y_t	ip_t	2,0099	0,366
ip_t	y_t	gp_t	4,3964	0,111

Adicionalmente, se utilizó los gráficos de funciones de impulso-respuesta (IRF por sus siglas en inglés), generadas a partir del modelo VEC,

para determinar cómo reacciona una variable endógena; en este caso, el PIB per cápita a un *shock* generado por otra variable a lo largo del tiempo. Como resultado de un impulso en el gasto público por habitante, se observa que en el primer año existe un aumento significativo del crecimiento económico; sin embargo, este se desvanece con el transcurso del tiempo. Este hallazgo es consistente con la hipótesis de Armeij (1995), según la cual un mayor tamaño del Estado impulsa inicialmente el crecimiento económico, aunque llega un punto en el que la contribución marginal del gasto se reduce, y el crecimiento tiende a disminuir. Contrario a lo antes mencionado, se evidencia que los ingresos petroleros generan un *shock* positivo a lo largo del tiempo.

Figura 3. Funciones impulso-respuesta



5. CONCLUSIONES Y DISCUSIÓN

El análisis del crecimiento económico es fundamental para los países, especialmente para aquellos que no han alcanzado un nivel óptimo, ya que comprender las variables que lo determinan permitiría una adecuada gestión de los recursos orientada a lograr un mayor progreso. Particularmente para Ecuador, este es

un tema crucial, puesto que, como se ha evidenciado en la última década, su crecimiento ha sido bastante reducido y el país enfrenta diversas dificultades.

Bajo esta premisa, el presente estudio tenía como objetivo determinar la relación entre las variables de crecimiento económico, gasto público e ingresos petroleros para el Ecuador en el periodo 1970-2022. Se determina empíricamente que existe un efecto positivo entre el gasto público y el crecimiento; sin embargo, también se demuestra que este efecto tiende a disminuir con el tiempo, resultados que coinciden con los encontrados por Viscarra. Dichos resultados pueden explicarse por la falta de eficiencia y transparencia en el manejo de recursos públicos, la sostenibilidad fiscal, la estructura económica relativamente poco diversificada, entre otros. Además, se debe resaltar que el gasto corriente no genera inversión, por lo que también podría ser una razón de lo obtenido.

Por otra parte, se encontró una relación positiva entre el crecimiento económico y los ingresos petroleros, tanto a corto como largo plazo, aunque son más pronunciados en este último, lo que estaría implicando para el país que el incremento en rentas petroleras conduce a una mayor inversión y, por tanto, a un mayor crecimiento económico, desafiando así la noción convencional de la maldición de los recursos naturales, como señala en su investigación Bonet-Morón (2020). Adicionalmente, se debe considerar que según las leyes del país los ingresos petroleros deben ser destinados a gasto en inversión, lo que estaría explicando estos resultados.

Se debe recalcar que los resultados fueron obtenidos mediante el modelo de vectores autorregresivos (VEC) y el modelo autorregresivo de rezagos distribuidos (ARDL), garantizando la correcta aplicabilidad en el caso de análisis con series de tiempo, es decir, la robustez de los resultados. A diferencia de lo comúnmente realizado en la literatura empírica ecuatoriana respecto a este tema, pues se suele emplear el modelo clásico de regresión, como lo es el método de mínimos cuadrados ordinarios (MCO), que no garantiza el cumplimiento de los supuestos básicos como el de no endogeneidad.

Finalmente, se debe considerar que un limitante de la investigación fue la existencia de autocorrelación en las perturbaciones estimadas a través de la metodología VEC, lo que podría traer graves problemas de inferencia estadística, al ser la varianza de los estimadores sesgada e inconsistente. Por otra parte, para futuras investigaciones se sugiere un análisis más detallado del gasto, incorporando desagregaciones de este. Asimismo, pueden incluirse otras variables que expliquen el crecimiento económico, como la educación, la tasa de fecundidad, la tasa de mortalidad, entre otras, las cuales no fueron consideradas en el presente estudio, dado que el objetivo fue identificar la relación dinámica entre las variables de interés.

BIBLIOGRAFÍA

- Adabor, O., Buabeng, E., & Fosua Dunyo, J. (2022). The Causative Relationship Between Natural Resource Rent and Economic Growth: Evidence from Ghana's Crude Oil Resource Extraction. *International Journal of Energy Sector Management*, 16(5), 899–923. <https://doi.org/10.1108/IJESM-06-2021-0007>
- Al Kahteeb, T. T., Sultan, Z. A., & Mahmood, H. (2017). Oil Revenue, Public Spending, Gross Domestic Product and Employment in Saudi Arabia. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 7(6), 27–31. <https://bit.ly/3WcdVqc>
- Al Rasasi, M. H., Qualls, J. H., & Algamdi, B. K. (2019). Oil Revenues and Economic Growth in Saudi Arabia. *International Journal of Economics and Financial Research*, 5(3), 49–55. <https://doi.org/10.32861/ijefr.53.49.55>
- Alvarado, R., Cuesta, L., Kumar, P., Rehman, A., Murshed, M., Işık, C., ... Tillaguango, B. (2022). Impact of Natural Resources on Economic Progress: Evidence for Trading Blocs in Latin America Using Non-Linear Econometric Methods. *Resources Policy*, 79, 102908. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2022.102908>
- Bonet-Morón, J. P.-V., & Marín-Llanes, L. (2020). Oil Shocks and Subnational Public Investment: The Role of Institutions in Regional Resource Curse. *Energy Economics*, 92. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2020.105002>
- Box, G., & Cox, D. (1964). An Analysis of Transformations. *Journal of the Royal Statistical Society Series B: Statistical Methodology*, 26(2), 211–243. <https://doi.org/10.1111/j.2517-6161.1964.tb00553.x>
- Cai, C.-H., Lu, Z.-H., & Zhao, Y.-G. (2020). Moment Method with Box–Cox Transformation for Structural Reliability. *Journal of Engineering Mechanics*, 146(8). [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)EM.1943-7889.0001824](https://doi.org/10.1061/(ASCE)EM.1943-7889.0001824)
- Cardoso, P., & Chavez, H. (2023). Booms petroleros, quimeras de transformación productiva y el retorno de Washington. *Revue Internationale Des Études Du Développement*, 203–233. <https://doi.org/10.4000/ried.8179>
- Carrillo, P. (2017). El efecto de la política fiscal en expansión y recesión para Ecuador: un modelo MSVAR. *Cuadernos de Economía*, 36(71), 405–439. <https://doi.org/10.15446/cuad.econ.v36vn72.53570>
- Cuenca, A., & Ochoa Jiménez, D. (2017). Economic Growth and Natural Resources in Latin America: An Application of the Stiglitz Model. *ECOR-FAN Journal-Republic of Paraguay*, 3–5. <https://bit.ly/3XTEBNA>
- Damette, O., & Seghir, M. (2018). Natural Resource Curse in Oil Exporting Countries: A Nonlinear Approach. *International Economics*, 231–246. <https://doi.org/10.1016/j.inteco.2018.04.001>

- Enders, W. (2015). *Applied Econometric Time Series* (4th ed.). John Wiley & Sons, Inc.
- Engle, R., & Granger, C. (1987). Co-integration and Error Correction: Representation, Estimation, and Testing. *Econometrica*, 251–276. <https://doi.org/10.2307/1913236>
- Engle, R., & Yoo, B. (1987). Forecasting and Testing in Co-Integrated Systems. *Journal of Econometrics*, 35(1), 143–159. [https://doi.org/10.1016/0304-4076\(87\)90085-6](https://doi.org/10.1016/0304-4076(87)90085-6)
- Eregha, P., & Mesagan, E. (2020). Oil Resources, Deficit Financing and Per Capita GDP Growth in Selected Oil-Rich African Nations: A Dynamic Heterogeneous Panel Approach. *Resources Policy*, 66. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2020.101615>
- Fubara, S., Iledare, O., Gershon, O., & Ejemeyovwi, J. (2019). Natural Resource Extraction And Economic Performance of the Niger Delta Region in Nigeria. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 9(4), 188–193. <https://doi.org/10.32479/ijeep.7716>
- Granger, C. (1988). Some Recent Development in a Concept of Causality. *Journal of Econometrics*, 199–211. [https://doi.org/10.1016/0304-4076\(88\)90045-0](https://doi.org/10.1016/0304-4076(88)90045-0)
- Gruss, B. (2014, junio 12). *América Latina: creciendo sin la locomotora de los commodities*. IMF blog-Ideas y análisis sobre economía y finanzas. <https://www.imf.org/es/Blogs/Articles/2014/06/12/3991>
- Guichay, M., Vacacela, J., & León, L. (2022). Ecuador: análisis del crecimiento económico y el sector público no financiero período 2012-2020. *Espíritu Emprendedor TES*, 6(1), 51–69. <https://doi.org/10.33970/eetes.v6.n1.2022.297>
- Hassan, A. S. (2021). Asymmetric Effects of Oil Revenue on Government Expenditure: Insights from Oil-Exporting Developing Countries. *OPEC Energy Review*, 45(2), 257–274. <https://doi.org/10.1111/opec.12203>
- Jarque, C., & Bera, A. K. (1987). A Test for Normality of Observations and Regression Residuals. *International Statistical Review*, 163–172.
- Johansen, S. (1988). The Statistical Analysis of Cointegration Vectors. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 12, 231–254. [https://doi.org/10.1016/0165-1889\(88\)90041-3](https://doi.org/10.1016/0165-1889(88)90041-3)
- Johansen, S. (1995). *Likelihood-Based Inference in Cointegrated Vector Autoregressive Models*. Oxford University Press.
- Kartsonakis, D., & Dritsakis, N. (2020). A Note on the Use of the Box-Cox Transformation For Financial Data. *International Journal of Computational Economics and Econometrics*, 10(4), 419–422. <https://doi.org/10.1504/IJCEE.2020.110755>

- Kripfganz, S., & Schneider, D. (2023). Estimating Autoregressive Distributed Lag and Equilibrium Correction Models. *The Stata Journal*, 23(4), 983–1019. <https://doi.org/10.1177/1536867X231212434>
- Kwiatkowski, D., Phillips, P., Schmidt, P., & Shin, Y. (1992). Testing the Null Hypothesis of Stationarity Against the Alternative of a Unit Root: How Sure Are We That Economic Time Series Have a Unit Root? *Journal of Econometrics*, 54(1–3), 159–178. [https://doi.org/10.1016/0304-4076\(92\)90104-Y](https://doi.org/10.1016/0304-4076(92)90104-Y)
- Lütkepohl, H., & Krätzig, M. (2004). *Applied Time Series Econometrics*. Cambridge University Press.
- Mahadeva, L., & Robinson, P. (2004). Unit Root Testing to Help Model Building. En A. Blake & G. Hammond (Eds.), *Handbooks in Central Banking*. Centre for Central Banking Studies, Bank of England.
- Martin-Mayoral, F., & Carvajal, A. (2023). Direct and Indirect Impacts of Oil Price Shocks on Ecuador's Economic Cycles (2000:01–2020:01). *Estudios de Economía*, 50(2), 379–412. <https://doi.org/10.4067/S0718-52862023000200379>
- Mauricio, J. A. (2007). *Introducción al análisis de series temporales*. Universidad Complutense de Madrid.
- Mehrara, M. (2008). The Asymmetric Relationship Between Oil Revenues and Economic Activities: The Case of Oil-Exporting Countries. *Energy Policy*, 1164–1168. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2007.11.004>
- Mohammed, J. I., Karimu, A., Ogeh Fiador, V., & Yindenaba Abor, J. (2020). Oil Revenues and Economic Growth in Oil-Producing Countries: The Role of Domestic Financial Markets. *Resources Policy*, 69. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2020.101832>
- Muhammad, Z., Jiabin, H., Alam, R., Hazrat, B., Naveed, F., Muhammad, W., ... Ilyas, A. (2021). Nexus Between Foreign Direct Investment, Energy Consumption. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 11(1), 407–416. <http://dx.doi.org/10.32479/ijeep.10255>
- Odhiambo, N. (2009). Energy Consumption and Economic Growth Nexus In Tanzania: An ARDL Bounds Testing Approach. *Energy Policy*, 617–622. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2008.09.077>
- Pareja, F. (1992). *La evolución socioeconómica del Ecuador: modernización sin desarrollo*. Seminario Técnico: Comparación analítica de los modelos de desarrollo de los países de pequeña escala de Europa y América Latina. <https://bit.ly/45WQ68V>
- Pazouki, A., & Zhu, X. (2022). The Dynamic Impact Among Oil Dependence Volatility, the Quality of Political Institutions, and Government Spending. *Energy Economics*, 115. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2022.106383>

- Pesaran, H. (2015). Estimation of ARDL Models. En H. Pesaran, *Time Series and Panel Data Econometrics* (pp. 121–122). Oxford University Press.
- Phillips, P., & Perron, P. (1988). Testing for a Unit Root in Time Series Regression. *Biometrika*, 75(2), 347–353. <https://bit.ly/3W1huhI>
- Quinde-Rosales, V., Bucaram-Leverone, R., Saldaña-Vargas, M., & Diaz-Campos, C. (2020). Relación entre los ingresos petroleros y el gasto público ecuatoriano. *Revista de Ciencias Sociales (Ve)*, 26(3), 118–129. <https://bit.ly/3LdSQoT>
- Raouf, E. (2021). Oil Prices Shocks and Government Expenditure. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 11(5), 78–84. <https://doi.org/10.32479/ijeep.11172>
- Sharma, C., & Mishra, R. (2022). On the Good and Bad of Natural Resource, Corruption, and Economic Growth Nexus. *Environmental & Resource Economics*, 82, 889–992. <https://doi.org/10.1007/s10640-022-00694-x>
- Shin, Y., Yu, B., & Greenwood-Nimmo, M. (2014). Modelling Asymmetric Cointegration and Dynamic Multipliers in a Nonlinear ARDL Framework. En R. Sickles & W. Horrace (Eds.), *Festschrift in Honor of Peter Schmidt: Econometric Methods and Applications* (pp. 281–314). Springer. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4899-8008-3_9
- Stock, J., & Watson, M. (2012). *Introducción a la econometría*. Pearson.
- Sultan, Z., & Haque, M. (2018). Oil Exports and Economic Growth: An Empirical Evidence from Saudi Arabia. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 8(5), 281–287. <https://bit.ly/3W9fuoC>
- Tiba, S. (2019). Exploring the Nexus Between Oil Availability and Economic Growth: Insights from Non-Linear Model. *Environmental Modeling & Assessment*, 24(6), 691–702. <https://doi.org/10.1007/s10666-020-09737-3>
- Viscarra, H. (2011). *Efectos del gasto e inversión pública en el crecimiento económico del Ecuador*. FLACSO-Sede Ecuador. <https://bit.ly/4eUkdSI>
- Zivot, E., & Andrews, D. (2002). Further Evidence on The Great Crash, The Oil-Price Shock, And The Unit-Root Hypothesis. *Business & Economic Statistics*, 20(1), 25–44. <https://doi.org/10.1198/073500102753410372>

ANEXOS

Anexo A. Prueba de Dickey-Fuller

Este contraste tiene como hipótesis nula:

$$H_0: \text{Raíz unitaria}$$

Test de Dickey-Fuller, para PIB per cápita, gasto público e ingresos petroleros

Series Temporales	Prueba del estadístico	Valor crítico		
		1 %	5 %	10 %
y_t	-1,654	-4,148	-3,499	-3,179
	MacKinnon approximate p-value for $Z(t) = 0,7707$			
gp_t	-1,512	-4,146	-3,498	-3,179
	MacKinnon approximate p-value for $Z(t) = 0,8251$.			
ip_t	-3,015	-4,148	-3,499	-3,179
	MacKinnon approximate p-value for $Z(t) = 0,1278$.			

Anexo B. Prueba de autocorrelación y heteroscedasticidad

Anexo B.1. Pruebas de autocorrelación

La prueba de autocorrelación tiene la siguiente hipótesis nula:

$$H_0: \text{No existe correlación serial.}$$

Prueba de autocorrelación (Durbin Alternativo y Breusch-Godfrey)

Series temporales	y_t				gp_t			
Rezagos	Prueba				Prueba			
	Durbin alternativo		Breusch-Godfrey		Durbin alternativo		Breusch-Godfrey	
	X_2	$Prob > X^2$	X_2	$Prob > X^2$	X_2	$Prob > X^2$	X_2	$Prob > X^2$
1	4,710	0,0300	4,645	0,0311	5,300	0,0213	5,171	0,0230
2	5,352	0,0688	5,315	0,0701	6,934	0,0312	6,685	0,0353
3	7,163	0,0669	7,004	0,0718	7,217	0,0653	7,052	0,0702
4	9,293	0,0542	8,893	0,0638	12,073	0,0168	11,000	0,0266
5	9,165	0,1027	8,960	0,1107	12,622	0,0272	11,592	0,0408
6	10,186	0,1170	9,955	0,1266	12,804	0,0463	11,931	0,0635

Anexo B.2. Prueba de heterocedasticidad de Breusch-Pagan

Cuenta con la siguiente hipótesis nula:

$$H_0: \text{Varianza constante}$$

Prueba de heterocedasticidad Breusch-Pagan

Variables	y_t	gp_t	ip_t
$\chi^2(1) =$	4,49	14,37	8,38
$\text{Prob} > \chi^2 =$	0,0341	0,0002	0,0038

Anexo C. Prueba de hipótesis lineales, transformación Box-Cox

Contrastes de hipótesis lineales, transformación Box-Cox

Métodos de estimación		Box-Cox	
Series temporales	Hipótesis nula	$X^2(1)$	$\text{Prob} > X^2$
y_t	$\lambda = 0$	0,06	0,8027
gp_t	$\lambda = 0$	0,94	0,3318
ip_t	$\lambda = 0,5$	0,04	0,8348

Anexo D. Estimación del modelo autorregresivo de rezagos distribuidos ARDL (p, q, r)

Anexo D.1. Determinación de la estructura ARDL (p, q, r) según los criterios informacionales

Determinación Óptima de Rezagos, para el ARDL (p, q, r)

Criterio informacional	Sugerencia	Valores
AIC	ARDL (1,2,0)	-221,5073
SBC	ARDL (1,1,0)	-211,8482
HQC	ARDL (1,1,0)	-212,5216

Anexo D.2. Estimación de la estructura ARDL (p,q,r) propuesta por los criterios informacionales

Estimación de los esquemas ARDL (p, q, r)

Variable dependiente y_t	ARDL	(1, 2, 0)	(1, 1, 0)
y_{t-1}		0,9329*** (0,0406)	0,9169*** (0,0408)
gp_t		0,1206** (0,0519)	0,1488*** (0,0523)
gp_{t-1}		-0,0331 (0,0756)	-0,1563*** (0,0524)
gp_{t-2}		-0,1060** (0, 0487)	
ip_t		0,0008** (0,0004)	0,0009** (0,0003)
_cons		0,6578*** (0,2130)	0,7279*** (0,2177)
N		50	51
Errores estándar en paréntesis	* p<0,1, ** p<0,05, *** p<0,01		
Criterios informacionales	AIC	-231,8716	-221,5073
	SBC	-208,0506	-211,8482

Anexo D.3. Prueba de normalidad de las perturbaciones

El contraste de Portmanteu tiene como hipótesis nula:

H_0 : Perturbaciones normalmente distribuidas.

Prueba de Portmanteu

Modelo	Valores críticos
ARDL (1,2,0)	Prob > chi2(23) = 0,6197
ARDL (1,1,0)	Prob > chi2(40) = 0,6066

Anexo D.4. Prueba de autocorrelación

La prueba de autocorrelación tiene la siguiente hipótesis nula:

H_0 : No existe correlación serial.

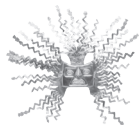
Prueba de autocorrelación de Breusch-Godfrey

Rezagos	ARDL			
	(1, 2, 0)		(1, 1, 0)	
	X^2	Prob > X^2	X^2	Prob > X^2
1	1,867	0,1719	0,957	0,3280
2	2,864	0,2388	1,009	0,6038
3	2,869	0,4122	1,584	0,6630
4	3,264	0,5146	1,629	0,8035

Anexo E. Pruebas de propiedades estadísticas de las perturbaciones del modelo vectorial de corrección por el error

Propiedades estadísticas de los residuos del modelo VEC

Propiedad	Prueba	Hipótesis	Valor crítico	p-valor
No autocorrelación	Prueba de multiplicador de Lagrange (Johansen S. , 1995)	H_o : No hay presencia de autocorrelación en el rezago 1	6,4892	0,6901
No autocorrelación	Prueba de multiplicador de Lagrange (Johansen S. , 1995)	H_o : No hay presencia de autocorrelación en el rezago 2	11,9947	0,2136
Normalidad	Prueba de Jarque-Bera (Jarque & Bera, 1987)	H_o : Los residuos presentan una distribución normal	0,886	0,6422



FACTORS INFLUENCING THE PROBABILITY OF AFFILIATION TO THE SOCIAL SECURITY SYSTEM AMONG INFORMAL SECTOR WORKERS IN ECUADOR

*Angie Murillo¹, Wilma Guerrero^{*2} and Danilo Cuaical^{**3}*

Universidad Técnica del Norte - School of Economics

^{*}Red Idea-Ciencia

^{**}Red REDUECAFS

Ibarra, Ecuador

Article Info

Received:

17th October 2024

Accepted:

4th June 2025

Keywords:

Labor market

Rural area

Urban area

Voluntary Affiliation

Labor income

JEL:

E20, E26, F16, H55

DOI:

<https://doi.org/10.47550/RCE/35.1.4>

Abstract

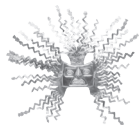
The study aims to identify the factors influencing the probability of affiliation to voluntary social security among workers in the informal sector in Ecuador during the period 2018-2020. The methodology applied a logit model with marginal effects using data from the National Employment, Unemployment and Underemployment Survey for Ecuador. The results suggest that factors such as labor income, urban residence, marital status married, and formal higher education tend to increase the likelihood of affiliation. Conversely, poverty and involvement in agricultural activities decrease the probability of opting for voluntary insurance coverage. We can conclude that, although there is interest in belonging to social security, informal workers prioritize the coverage of immediate needs due to their low labor income.

¹ORCID: 0009-0007-7217-0446. CRediT: Conceptualization, data curation, research, methodology, software, writing - draft and original. Email: ammurillor@utn.edu.ec.

²ORCID: 0000-0001-9028-9247. CRediT: Conceptualization, formal analysis, methodology, project administration, supervision, validation, writing - draft and original, writing - review and editing. Email: wmgguerrero@utn.edu.ec.

³ORCID: 0000-0002-8731-0583. CRediT: Data curation, methodology, software, validation. Email: decuaicalt@utn.edu.ec.

Copyright © 2025 Murillo, Guerrero, and Cuaical. The authors retain copyright to the article. The article is distributed under the Creative Commons Attribution 4.0 License.



FACTORES QUE INCIDEN EN LA PROBABILIDAD DE AFILIACIÓN AL SISTEMA DE SEGURIDAD SOCIAL ENTRE LOS TRABAJADORES DEL SECTOR INFORMAL EN ECUADOR

*Angie Murillo¹, Wilma Guerrero^{*2} y Danilo Cuaical^{**3}*

Universidad Técnica del Norte - Carrera de Economía

*Red Idea-Ciencia

**Red REDUECAFS

Ibarra, Ecuador

Información

Recibido:

17 de octubre de 2025

Aceptado:

4 de junio de 2025

Palabras clave:

Mercado laboral
Zona rural
Zona urbana
Afiliación voluntaria
Ingreso laboral

JEL:

E20, E26, F16, H55

DOI:

<https://doi.org/10.47550/RCE/35.1.4>

Resumen

El estudio tiene como objetivo identificar los factores que influyen en la probabilidad de afiliación voluntaria a la seguridad social entre los trabajadores del sector informal en Ecuador durante el periodo 2018-2020. La metodología empleó un modelo logit con efectos marginales, utilizando datos de la Encuesta Nacional de Empleo, Desempleo y Subempleo del Ecuador. Los resultados sugieren que factores como el ingreso laboral, la residencia urbana, el estado civil casado y la educación superior formal tienden a aumentar la probabilidad de afiliación. Por el contrario, la pobreza y la participación en actividades agrícolas disminuyen la probabilidad de optar por una cobertura de seguro voluntaria. Se concluye que, aunque existe interés en pertenecer al sistema de seguridad social, los trabajadores informales priorizan la satisfacción de necesidades inmediatas debido a sus bajos ingresos laborales.

¹ORCID: 0009-0007-7217-0446. CRediT: conceptualización, curación de datos, investigación, metodología, software, redacción - borrador y original. Correo electrónico: ammurillor@utn.edu.ec.

²ORCID: 0000-0001-9028-9247. CRediT: conceptualización, análisis formal, metodología, administración del proyecto, supervisión, validación, redacción - borrador y original, redacción - revisión y edición. Correo electrónico: wmgguerrero@utn.edu.ec.

³ORCID: 0000-0002-8731-0583. CRediT: curación de datos, metodología, software, validación. Correo electrónico: decuaicalt@utn.edu.ec.

Copyright © 2025 Murillo, Guerrero y Cuaical. Los autores conservan los derechos de autor del artículo. El artículo se distribuye bajo la licencia Creative Commons Attribution 4.0 License.

1. INTRODUCTION

The concept of social security emerged in Europe during the latter half of the eighteenth century. This era marked the articulation of the social state's responsibility to safeguard workers through principles rooted in solidarity and justice within the labor market, achieved by intervening in its operations (Alba Vega & Krujit, 1995). This conceptualization led to the establishment of state-sponsored social protection systems, exemplified by the Bismarck and Beveridge models. The first model emphasized mandatory insurance for self-employed and salaried workers, while the second expanded security coverage to encompass all individuals without discrimination, guided primarily by the principles of universality and unwavering solidarity (Torres et al., 2014). These systems laid the foundation for the evolution of global social security frameworks.

Modern social security models are characterized by the introduction of elements of both the Bismarck and Beveridge paradigms, resulting in a hybrid system where contributory and non-contributory social insurance coexist. Gough and Wood (2004) in their assessment of African, Asian and Latin American nations, highlight the limited extent of state market regulation in these regions, which excludes a significant portion of the population from formal social protection systems. However, a similar situation is observed in countries with high economic growth, where the informal sector comprises many workers without social security coverage (ILO, 2001). This phenomenon underscores the existence of a bifurcated social security structure, favoring formal sector employees while leaving informal sector workers to navigate occupational risks independently.

In this regard, it is foreseen that the absence of State regulation of the labor market regulation may lead to non-compliance with the law, particularly concerning the lack of social security affiliation for workers, a characteristic that differentiates formal employment (with social security affiliation) from informal employment (without social security coverage) in the Ecuadorian context (Acosta-González & Marcenaro-Gutiérrez, 2023).

In Latin America and the Caribbean, social security initially mandated affiliation to the system for public servants, the military, and labor unions (Maldonado, 2021). Subsequently, a Bismarck-style model was adopted, progressively extending coverage to the entire population regardless of employment status. In Ecuador, the special regimes of Peasant Social Security and Voluntary Insurance were established in 2001 (Porras, 2015). The voluntary affiliation regime is one of the mechanisms that uphold the principle of universality concerning the right to social security, as it extends coverage to both salaried workers and those without labor dependency, offering similar benefits for both groups.

Conversely, informality has emerged as a prominent global social issue. States have struggled to regulate labor markets effectively to prevent precarious

working conditions, including the lack of protection resulting from exclusion from social security systems. In Latin America, as of 2016, 37,4 % of workers were part of the informal sector, and by 2018, this figure had risen to 140 million workers, representing 53 % of the labor force (ILO, 2018). Velásquez (2021) highlights that the lack of protection and limited access to social security systems remain underestimated challenges in the region. In 2020, the COVID-19 pandemic led to a 2,6 % contraction in GDP, which significantly impacted the labor market (Hernández & Quintero, 2021). Informal workers were more affected, as they were three to four times more likely to experience poverty than their formal counterparts (ILO, 2022). In Ecuador, the situation for informal workers remains particularly challenging. According to the National Institute of Statistics and Census (INEC, 2018), 77,06 % of individuals in the informal sector were not affiliated with any form of social security, and by 2020, this percentage had increased by 3,94 percentage points (INEC, 2020).

On the other hand, although the State has implemented reforms to expand health protection coverage—extending benefits to children under 18 years old, spouses, and common-law partners—labor policy has yet to significantly increase social security coverage for workers. Current policies remain largely focused on the formal sector, despite informality in the labor market is higher than 50 % (INEC, 2022). For informal and low-income workers, the financial contribution required for voluntary affiliation to social security remains relatively high compared to their income levels. Additionally, other factors may influence their decision not to join the social security system.

The objective of this research is to identify the factors influencing the voluntary affiliation of informal workers to social security system in Ecuador. The study aims to provide valuable insights for the formulation of public policies that not only improve labor conditions but also promote broader integration into the social security framework. We propose the following hypothesis: Voluntary affiliation to social security depends solely on the worker's income level. To achieve the objective and test the hypothesis, the research is structured into four sections: Literature review; Materials and Methods; Results and Limitations; and Conclusions and Discussion. The Literature Review explores the concept of informality in the labor market and the framework of social security and voluntary participation in Ecuador. The Materials and Methods section outlines the variables included in the econometric model. The Results and Limitations section examines the characteristics of Ecuador's informal labor market and presents the findings of the econometric model, comparing them with key theories which are then compared with leading theories from relevant literature. Finally, the Conclusions and Discussion section summarizes the key insights derived from the research findings.

2. LITERATURE REVIEW

2.1. Informality in the Labor Market

The ILO (2023) states that informal workers constitute a significant portion of the labor market. However, their working conditions pose considerable risks due to factors such as limited access to labor rights, lack of social protection, precarious employment conditions, and lower income levels compared to the formal sector (Giler-Macías et al., 2024; Paz, 2021). The high prevalence of informal labor became particularly evident in the post-pandemic period since the greatest recovery of employment was primarily driven by self-employed workers. According to the ILO (2022), these workers often experience conditions of informality and labor precariousness, as self-employment frequently emerges as a response to challenges in accessing formal employment. Informality is part of the so-called “subterranean economy” because it operates outside fiscal regulations.

The subterranean economy, defined as economic activities that do not generate added value (Cuero, 2015), has absorbed a significant portion of the workforce from marginalized areas in developing countries, placing them in a labor market that is difficult to regulate. According to Gómez (2007), understanding the nature of informality is complex, as it extends beyond legal considerations to include determinants such as poverty, income levels, economic inequality, and education. Beccaria et al. (2022) emphasize that one of the defining characteristics of the informal sector is the absence of social and legal protection for workers. Arias et al. (2020) suggest that informality can be analyzed from both legal and economic perspective: legally, because these activities operate on the margins of regulatory frameworks, and economically, because the formal sector lacks the capacity to generate sufficient employment opportunities.

Quejada et al. (2014) identify three theoretical approaches to analyzing the determinants of informality: i) the dualistic approach, with attributes informality to market fragmentation, where the modern sector fails to absorb all workers, leading surplus labor to generate its own employment; ii) the structuralist approach, which links the imbalance between labor supply and demand to various sociodemographic factors and structural economic constraints, such as limited industrial development, particularly in developing nations; and, iii) the neoclassical approach, which views informality as the result of a mismatch between labor supply and demand, compounded by wages set below subsistence levels. These perspectives highlight the multidimensional nature of labor informality, encompassing social, demographic, economic, and regulatory determinants (Adame & Tuesta, 2017).

Carvajal Calderón et al. (2017) pointed out that informality is more prevalent among young workers due to their lack of experience and among

older adults due to lower productivity levels. Additionally, a higher proportion of informal workers with primary and secondary education compared to those with higher education. This research findings also indicate that informality is more common among women and that informal workers earn, on average, 1,5 times less than the minimum monthly wage. Berrio-Calle and Bran-Piedrahita (2019) differentiate between cyclical and acyclical determinants of informality. Among the cyclical determinants, they identify factors such as unemployment, trade balance, and interest rate, while among the acyclical determinants, they note that workers with low levels of education, particularly those engaged in agricultural, mining, and construction activities, are more likely to be informal compared to those employed in tertiary sectors (Beccaria et al., 2022). They also emphasize that social inequality remains a pervasive issue in Latin America, exacerbated by the prevalence of unstable jobs, characteristic of the informal sector.

In this region, the rise in informality stems from structural deficiencies in the labor market, exacerbated by a contraction of economic growth which presents limited capacity of the formal sector to generate employment (International Monetary Fund, 2019). According to ILO (2016), economic contraction since 2015 had worsened existing labor market conditions. Between 2007 and 2014, the formal sector exhibited a modest growth rate of 1,02 %; however, from 2015 to 2018, it experienced a negative variation of -0,05 %. In contrast, during the same period, the informal sector maintained a growth rate of 1,03 %.

In Ecuador, although the informal labor market declined between 2010 and 2015, it subsequently increased by 3,7 percentage points between 2015 and 2018. Currently, the informal sector accounts for approximately half of the labor market population (Acevedo et al., 2021). Olmedo (2018) and Fajardo-Ronquillo (2020) argue that informality in the Ecuadorian is not merely a temporary phenomenon; rather, it has become an integral part of the country's economic structure due to the persistently poor working conditions. Informality in Ecuador is highly heterogeneous, encompassing street vendors, domestic workers, employees of small enterprises, and even workers in large companies who lack social security affiliation or formal labor contracts. According to the World Bank (2012), smaller companies, in particular, affiliate only 20,5 % of their employees, likely due to the high costs associated with formalizing the labor relations.

In the labor market, the formal and informal sectors are closely interconnected, as workers frequently transition between them. Self-employed workers often begin in the informal sector and, as they acquire cognitive and physical skills, seek better employment opportunities in the formal sector. The transition between these sectors is largely influenced by improvements in education, real wages, and work experience, reducing the likelihood that workers remain in informal employment (Vega Núñez, 2018). According to Grupo FARO (2020), informal workers in Ecuador work an average of 47 hours per week and earn approximately USD 250 per month. Furthermore,

around 50 % of these workers have remained in the informal sector for more than three years. These statistics underscore the urgent need to implement inclusive policies aimed at improving working conditions and, above all, expanding social security coverage as a crucial factor in enhancing a better quality of life for workers.

2.2. Social Security

Social security emerged as a result of the transition from a feudal to a capitalist mode of production, during which concerns about labor exploitation led to frequent labor demonstrations between the 19th and 20th centuries. Because of these protests, social security was incorporated into the legislation of several countries as a fundamental workers' right. Over time, the concept of social security evolved alongside the development of the Welfare State Theory. What was initially a labor achievement exclusive to workers later became recognized as a universal right for the entire population (García, 2014).

According to Pérez and Domínguez (2012), social security is a state-managed right that guarantees access to essential social services to meet the population's basic needs. The authors emphasize that social security serves as a key public policy instrument for implementing programs that mitigate inequality and social risks.

Social security systems are typically structured into two levels of protection: i) the contributory model, which is based on mandatory contributions and designed to accommodate dependent workers, with benefits calculated according to real ages or incomes; and, ii) the non-contributory model, which is universal in nature and does not require minimum contributions, as it is financed through the state budget and aimed at individuals in vulnerable conditions, regardless of their labor participation. These systems, in turn, operate under either a pay-as-you-go or an individual capitalization approach. The pay-as-you-go system functions as an intergenerational agreement in which active contributors finance pensions to support vulnerable individuals. Meanwhile, the individual capitalization system involves the accumulation of personal contributions that workers will later collect as benefits (Herrera & Velázquez, 2021).

Several Latin American countries have implemented social protection floors as a strategy to address poverty and social inequality. This framework is structured around two key dimensions: a) the horizontal dimension, which aims to extend coverage to the entire population, including informal sector workers, self-employed individuals, domestic workers, and unpaid workers; and b) the vertical dimension, which focuses on strengthening traditional social security schemes and progressively expanding access to additional protection mechanisms, such as voluntary affiliation programs. These social protection floors were formally adopted by ILO in 2012 by ILO through Convention

Number 202 as a strategy to guarantee access to healthcare, income protection in cases of unemployment or illness, food security, education, childcare, and retirement income for the elderly (Schwarzer et al., 2014). According to ILO (2021), the average contributory coverage rate increased from 36,6 % to 42,2 % between 2005 and 2010, reaching 47,5 % by 2016. However, from that point onward, coverage declined, decreasing by 0,06 percentage points to 46,9 % in 2017 and by an additional 0,03 percentage points in both 2018 and 2019.

Currently, social security systems operate under a mixed model, meaning they are not confined to a single level of protection but instead complement each other to extend their coverage to most of the population. In several Latin American countries, social security systems are structured around three levels of protection: contributory, non-contributory, and complementary. Particular emphasis has been placed on the non-contributory model to expand coverage and reduce poverty and social inequality (Abramo et al., 2019).

Ecuador's social security system follows a mixed model comprising both contributory and non-contributory components. It includes general compulsory insurance, which is further divided into pension insurance, health insurance and occupational risk insurance. Additionally, it encompasses a special regime—peasant social security—and a complementary scheme—voluntary social security. These programs are administered by the Ecuadorian Social Security Institute (IESS), the Armed Forces Social Security Institute (ISSFA), and the National Police Social Security Institute (ISPOL) (Galiano & Bravo, 2019).

These insurances schemes differ in their financing mechanisms, as they are funded through varying contributions percentage from workers, employers and the state, depending on their specific nature. Notably, pension insurance operates on an intergenerational pay-as-you-go system, in which members contribute to ensure dignified retirement for the elderly. However, actuarial deficits within the system led to the introduction of an individual savings mechanism in 2001, resulting in the establishment of a mixed system. The subsequent reforms sought to regulate fund allocation by prohibiting the cross-financing of different programs. Nevertheless, these changes failed to address the structural challenges faced by the IESS (Barona & Cisneros, 2014; Sasso, 2011).

To uphold the principle of universality, Ecuador introduced several reforms to its social security system starting in 2008. These reforms included extending access to social benefits for spouses and children up to 18 years old, allowing voluntary affiliation for people with disabilities since 2012, and incorporating unpaid household workers into the system in 2015. Today, a key challenge for the social security system is expanding coverage to workers across various employment categories—including self-employed, agricultural, dependent, and independent workers—many of whom remain within the informal sector (Barona & Cisneros, 2014). According to Robalino and Pazmiño (2016), one strategy for gradually reducing coverage gaps among informal workers is voluntary social security, which would include self-employed

individuals and unpaid workers. This approach could also contribute to the system's financial sustainability, as the contributions from these new affiliates would help strengthen its long-term viability.

2.3. Voluntary Social Security in Ecuador

In Ecuador, voluntary social security was created in 2001 as one of the special regimes managed by the IESS. It is designed for individuals who choose to contribute voluntarily, regardless of their employment status. Eligible participants include self-employed workers, business owners, sole proprietors, and independent professionals (Núñez & Rivadeneira, 2021). Members under this regime are entitled to the same social benefits as those covered by the general mandatory insurance, including maternity support, old age pensions, health-care, and occupational accident coverage, except for unemployment benefits. The contribution rate is set at 20,60 % of the monthly income declared to the IESS, provided that this amount is not lower than the unified basic wage (Robalino & Pazmiño, 2016).

Although voluntary affiliation serves as an alternative for independent workers, coverage gaps persist, particularly among informal sector workers (Fernández, 2004). According to the IESS (2020), there was a decline of approximately 240.638 affiliates in 2020. As of November 2021, only 5,7 % of the total affiliated population belonged to the informal sector (INEC, 2021). This indicates that informal workers, often characterized by low and unstable incomes, struggle to maintain their contributions to the IESS, which in turn limits their continuous access to social security services.

Uribe et al. (2006) describe informality as a phenomenon influenced by economic and legal factors such as precarious employment, subcontracting, lack of social protection, market fragmentation, tax evasion, and labor market imbalances. Institutional theory suggests that individuals excluded from the formal sector or those who fail to comply with legal regulations are unable to access social security, thereby losing entitlement to labor and social benefits. To determine whether formalization is advantageous, individuals often conduct a cost-benefit analysis of social security contributions, and the administrative requirements associated with formal employment. This assessment may lead them to remain in the informal sector, even if that was not their initial intention (Maloney, 1997).

Therefore, in a country as Ecuador where the economic structure tends toward informality for various reasons, it is essential to analyze the feasibility of integrating informal workers into the social security system. When access is voluntary rather than mandatory—as it is for salaried employees in dependent employment—ensuring sustained participation in the system presents a significant challenge.

3. MATERIALS AND METHODS

This research aims to identify the factors influencing the likelihood that a worker in the informal sector will join the social security system using a logit model. This model was chosen because other econometric models could require a quantitative or logarithmic dependent variable, which would not appropriately measure the probability of affiliation, where the most suitable response is binary (yes or no). Using a different model could result in predictions outside the probability range of the response.

The database for this analysis was obtained from the National Survey of Employment, Unemployment, and Underemployment (ENEMDU) conducted by INEC for December 2018, 2019, and 2020. This dataset provides insights into the labor and socio-economic conditions of informal sector workers aged 15 and older. The survey includes data on employed households at the national level, covering both urban and rural areas.

For this study, questions p05a from the ENEMDU survey were considered, which asks about the type of social security to which the worker is affiliated. The analysis focused on the category “IESS, voluntary insurance” to estimate the probability of affiliation. The formal sector was excluded from the analysis, as affiliation to the general social security system is a legal right that must be ensured by employers under Ecuadorian labor regulations.

The methodological approach follows the study by Li and Olivera (2009), who applied a logit model to estimate the probability of contributing to voluntary insurance in Peru, incorporating sociodemographic variables such as age, gender, marital status, income, and household poverty status. This research similarly considers voluntary affiliation to social security among informal sector workers as the dependent variable, recognizing that affiliation in the formal sector is mandatory. The logit model is estimated by means of the maximum likelihood method, given the binary nature of the dependent variable (1 = voluntary affiliation to social security; 0 = not voluntary affiliation to social security). Model fit was assessed using goodness-of-fit tests, while model validation was conducted through the percentage correctly predicted metric and the ROC curve analysis.

3.1. Econometric Model Specification

The independent variables were selected based on the previously mentioned research (Li & Olivera, 2009), determining the following: age, gender, marital status, urban residence, level of education, labor income, and poverty status. Additionally, based on the recommendations of Lara (2009), the variables “primary economic activity” and “head of household” were incorporated. The model to be estimated with its respective variables is detailed below:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 \text{laborin} + \beta_2 \text{headhouse} + \beta_3 \text{married} + \beta_4 \text{place} + \beta_5 \text{gender} + \beta_6 \text{age40} + \beta_7 \text{eduatt} + \beta_8 \text{poverty} + \beta_9 \text{branchactiv} + \varepsilon_i \quad (1)$$

Where

Y_i = 1 (voluntary affiliation); 0 (Not voluntary affiliation)

β_0 = constant term

$\beta_1 \dots \beta_n$ = estimated parameters

ε_i = error term

laborin = labor income

headhouse = head of household

married = married

place = urban residence

gender = female gender

age40 = age over 40 years

eduatt = high educational attainment

poverty = poverty status

branchactiv = primary economic status

Table 1 below provides a description of the variables with their expected signs, taken from similar studies

Table 1. Variables Description

Variable	Abbreviation	Description	Expected sign
Affiliation	affiliation	The variable is dichotomous, indicating whether an individual from the informal sector is affiliated with voluntary insurance or not.	
Labor Income	laborin	Quantitative variable, expressed in dollars, signifying the economic compensation received by individuals for their productive activity.	Positive
Head of Household	headhouse	Dummy variable that signals whether the individual serves as the head of the household (1) or not (0)	Positive
Marital Status	married	Dummy variable that signals whether the individual is married (1) or not (0)	Positive
Urban Residence	place	Dummy variable that denotes whether the individual resides in an urban area (1) or rural (0).	Positive
Gender	gender	Dummy variable that signifies the individual's gender, distinguishing between women (1) or men (0)	Negative
Age	age_40	Qualitative variable that distinguishes whether the worker is aged 40 years or older (1) or younger (0)	Positive
Level of Education	eduatt	Dummy variable that signals whether the individual possesses a higher level of education (1) or not (0)	Positive
Poverty	poverty	Dummy variable that signifies whether the worker falls into the category of poor (1) or not poor (0)	Negative
Primary Economic Activity	branchactiv	Dummy variable that denotes whether the worker belongs to the sector of agriculture, livestock, and forestry (primary economic activity) (1) or not (0).	Negative

Source: ENEMDU questionnaire (INEC, 2020)
Elaborated by the author

The model is analyzed using marginal effects to provide an interpretation that more accurately reflects reality. For the quantitative variable (labor

income), the value was obtained by calculating the elasticity (margins, *eyex* command). In the case of qualitative variables, the values are determined by applying derivatives (marginal effects).

Initially, the research aimed to use the cumulative ENEMDU database. However, INEC statistics only provided data for 2018, preventing full coverage of the intended 2018-2020 study period. To address this limitation, the analysis focused on data specifically from December of each year. Furthermore, due to the pandemic, INEC implemented a new telephone survey methodology, which introduced discrepancies in the significance of certain variables between 2019 and 2020.

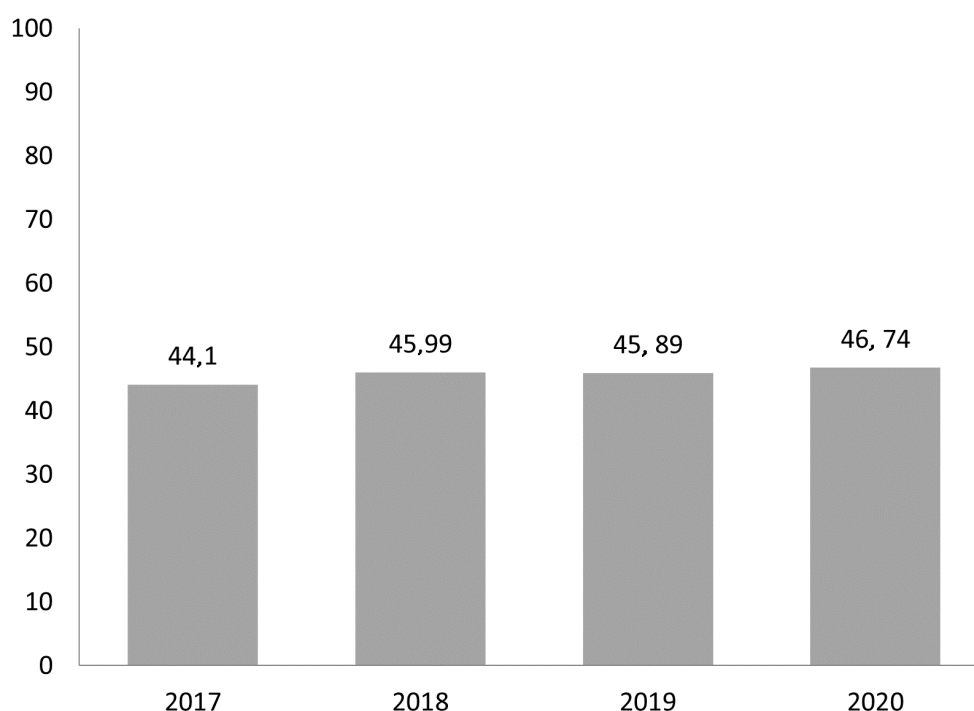
4. RESULTS AND LIMITATIONS

4.1. Attributes of the Informal Sector in Ecuador

This section examines the current state of the informal labor market in the Ecuadorian economy, considering socioeconomic variables such as gender, labor income, occupation category, social security affiliation, educational level and poverty status.

Figure 1 illustrates the percentage of the employed population classified within the informal sector during the study period. These findings support Olmedo's (2018) assertion that informality is not merely a temporary issue within the labor market, but has evolved into a structural problem within the economy. This is particularly evident in Ecuador, where the informal sector currently accounts for nearly half (46,74 %) of total employment. Moreover, these results align with Gërzhani (2004), who reports similar percentages for developing countries, in contrast to significantly lower levels of informality (12 %) observed in developed nations.

Figure 1. Informal Sector Evolution (%)



Source: ENEMDU (INEC, 2021)

Elaborated by the author

In 2018, informality increased by 1,89 percentage points, followed by a slight decrease of 0,10 points in 2019. However, these fluctuations do not indicate an improvement in the labor market, as informality rose again in 2020 by 0,85 percentage points. This increase meant that approximately 3,6 million employed individuals were working in the informal sector, driven by a combination of economic challenges and labor market vulnerabilities stemming from the decline the quality of employment. Moreover, between December 2019 and December 2020, adequate employment decreased by 8,4 percentage points, dropping from 38,8 % to 30,4 %, which equates to a decline from 3,1 to 2,4 million people. These results highlight the persistent challenge of increasing employment under adequate conditions. The lack of formal sector opportunities forces much of the labor force to turn to entrepreneurship, often with minimal capital investment.

In Ecuador, as of 2018, the informal sector was predominantly composed (56,89 %) of self-employed workers, of whom more than half (59,57 %) were women. In contrast, men exhibited higher participation rates in the categories of private employees (5,90 %), day laborers (25,26 %), and employers (2,15 %) (Table 2).

Table 2. Comparative table of occupational categories by gender in the informal sector for 2018, 2019 and 2020

Occupational Category	2018		2019		2020	
	Men (%)	Women (%)	Men (%)	Women (%)	Men (%)	Women (%)
Unpaid Household Helper	0,21	0,29	0,22	0,41	0,16	0,27
Self-employed	54,92	59,57	54,87	57,02	56,08	57,45
Private Employee	5,90	3,91	5,12	3,80	4,09	2,36
Day Laborer	25,26	3,29	23,26	2,47	22,08	2,50
Employer	2,15	0,84	2,63	0,74	1,23	0,65
Paid Domestic Worker	1,45	31,85	13,69	35,26	16,12	36,46
Unpaid Domestic Worker	0,09	0,24	0,20	0,30	0,24	0,31

Source: ENEMDU (INEC, 2021)

Elaborated by the author

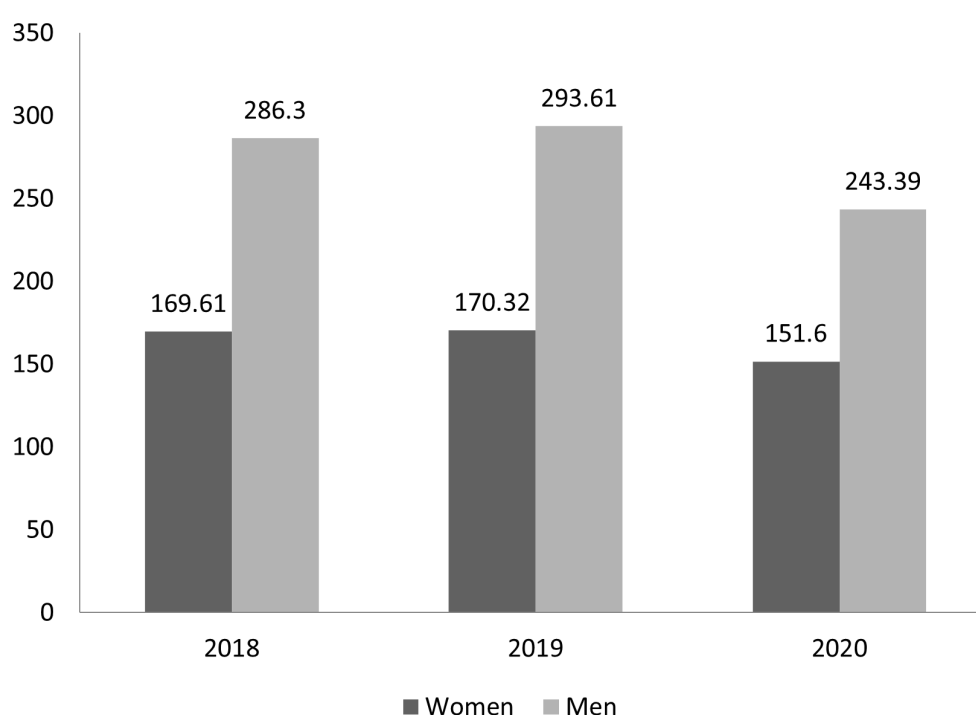
These findings differ slightly from those mentioned by Bonnet et al. (2019), who report a higher percentage of male informal workers (63 %) compared to female informal workers (58 %) in global figures.

In Ecuador, self-employed workers are concentrated in four key economic activities out of the twenty officially recognized sectors. Specifically, 43,05 % engage in livestock, forestry, agriculture, and fishing; 20,35 % work in vehicle sales and restoration activities; 7,84 % participate in the transportation sector; and 6,21 % are employed in food services and lodging. Other sectors, such as manufacturing, construction, arts, and real estate, each less than 5 % of self-employed workers. These figures align with the dualistic approach proposed by Quejada et al. (2014), who point out that individuals not absorbed by the formal market opt for self-employment out of necessity. This perspective suggests that participation in the informal sector is largely involuntary, driven by the formal sector's inability to provide adequate employment opportunities.

On the other hand, according to the neoclassical approach, worker dissatisfaction with low wages is one of the causes of informality. In Ecuador, self-employment is generally associated with earnings below the unified basic wage (*salario básico unificado*, SBU). This finding is similar to the results of Grupo FARO (2020), which mentions that informal workers earn approximately USD 250 per month, and Rubio (2014), who characterizes informal employment in Colombia as marked by precarious wages and job instability.

As illustrated in Figure 2, average labor income for informal workers remained below the SBU over the three years analyzed. In 2018, informal workers earned only 63 % of the SBU, which stood at USD 386 that year. By 2020, their income had further declined to just 52 % of the SBU, which had increased to USD 400, reflecting the precariousness of employment due to the health crisis. Moreover, a persistent wage gap exists between men and women in the informal sector, with women earning, on average, USD 110,59 less than men over the three-year period.

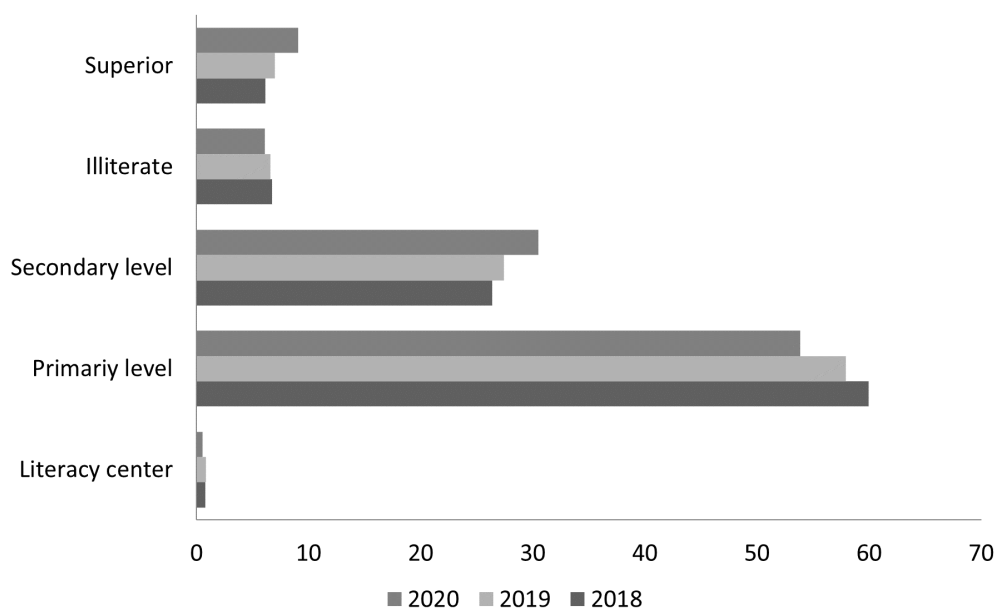
Figure 2. Labor Income by Gender (USD)



Source: ENEMDU (INEC, 2021)

Elaborated by the author

One defining characteristic of the informal sector is the low level of education among its workers. As shown in Figure 3, in 2018, 59,95 % of workers in this sector had only completed basic education, while only 6,15 % had attained higher education. By 2020, these figures showed minimal variation. This finding supports the conclusions of Ela (2013), who analyzed the labor market in Turkey and confirmed that individuals with lower levels of education are more likely to be employed in the informal sector.

Figure 3. Educational Attainment (%)

Source: ENEMDU (INEC, 2021)

Elaborated by the author

Regarding place of residence, workers with only basic education are predominantly concentrated in rural areas and experience higher levels of poverty compared to their urban counterparts. In 2018, 66,88 % of rural workers had only a basic level of education, while a mere 2,50 % had access to higher education. Similarly, 66,05 % of workers with basic education were classified as poor, whereas only 1,97 % of those with higher education fell into this category.

As a general context, in 2019 the percentage of rural workers engaged in the informal sector declined by 4,6 percentage points compared to 2018, decreasing from 1,5 to 1,4 million people. However, in 2020, the poverty rate among this group of rural workers increased by 6,09 percentage points, affecting approximately 1,6 million individuals (Table 3).

Table 3. Poverty and Regional Distribution Among Informal Sector Workers

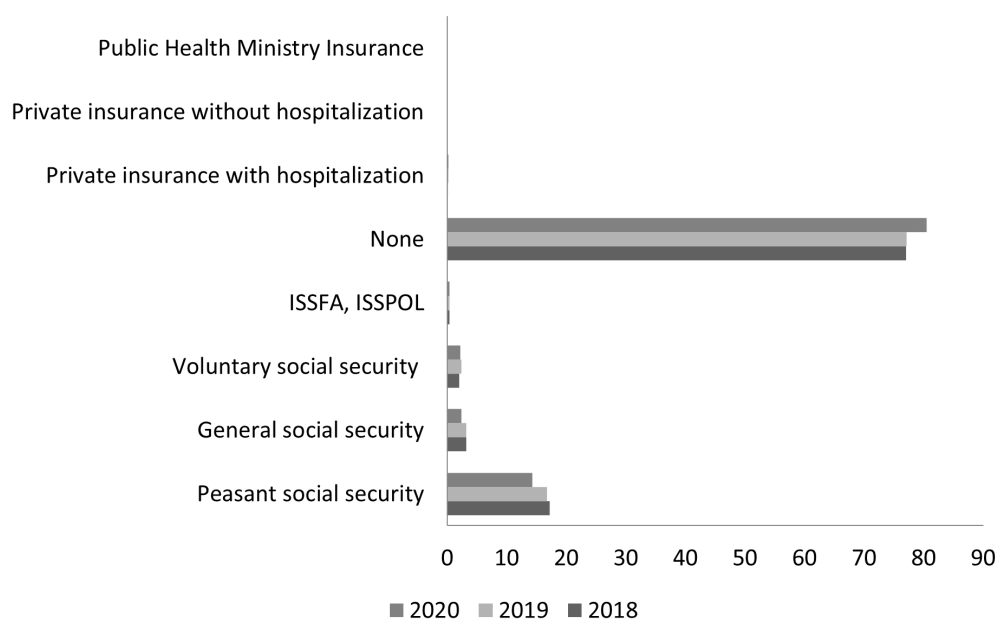
Place of Residence	2018		2019		2020	
	Not poor	Poor	Not poor	Poor	Not poor	Poor
Rural	51,06 %	74,91 %	50,13 %	70,31 %	52,94 %	76,40 %
Urban	48,94 %	25,09 %	49,87 %	29,69 %	47,06 %	23,60 %

Source: ENEMDU (INEC, 2021)

Elaborated by the author

The findings of the study regarding socioeconomic variables closely align with those of Berrio-Calle and Bran-Piedrahita (2019) and Carvajal Calderón et al. (2017), who conclude that informality is predominantly observed among workers with primary and secondary education, low labor income, and employment in primary economic activity. Similarly, these characteristics of informality in Ecuador correspond to the World Bank's (2012) observations on this sector's non-compliance with legal regulations, including tax evasion, low or nonexistent social security affiliation, and the absence of formalized labor contracts.

Informal workers residing in rural areas are primarily affiliated with the peasant social security regime, while a smaller proportion is covered by mandatory general insurance or voluntary insurance. In contrast, voluntary social security is more common among residents of urban areas. However, in 2018 and 2019, 77,07 % of informal workers were not affiliated with any type of social insurance, and this figure increased to 80,53% in 2020. During the same year, affiliation with mandatory general social security declined by 2,3 %, while voluntary insurance decreased by 9,20%, possibly because of the pandemic that reduced the labor income of workers in this sector (Figure 4). This high percentage of uninsured workers reflects a significant lack of labor rights protection and limits access to essential benefits such as maternity healthcare, pensions, coverage of work-related accident.

Figure 4. Social Security Types (%)

Source: ENEMDU (INEC, 2021)

Elaborated by the author

To improve economic conditions, the labor market has been subject to public policies primarily focused on enforcing labor obligations, such as formal hiring and the elimination of outsourcing. Additionally, policies have aimed to expand social security coverage through a combination of incentives and penalties for non-compliance. Regarding public policies, CEPAL (Abramo, 2021) highlights the importance of promoting the transition to a formal economy to achieve inclusive development and guarantee decent working conditions for everyone. Table 4 shows the key labor public policies implemented in Ecuador over the past 15 years.

Table 4. Main Public Policies in Ecuador's Labor Market

Year	Policy	Attributes
2008	Eradication of outsourcing	Constituent Norm N°8: Hourly contracts were replaced by permanent part-time contracts (workers who do not comply with the full 40-hour workweek).
2008	Wage reform	The annual wage increase was calculated based on both the inflation rate and labor productivity (previously, the reference was only inflation). The “living wage” was also defined as quotient between the cost of the basic food basket and the number of recipients in a household.
2009	Labor inspectorates	The inspectorates were established to increase compliance with labor obligations by employers towards their workers. The inspectorates are managed by the Ministry of Labor; an inspector acts as a mediator in labor disputes between employer and worker.
2010	Decent domestic work	The “Decent Domestic Work” campaign was promoted by the Ministry of Labor with the objective of guaranteeing adequate work for domestic workers. The policy sought to equalize the labor benefits of domestic workers with those received by general workers (unified basic wage, working hours, overtime, supplementary hours, reserve funds, vacations, among others).
2013	Penalty for non-affiliation to social security	The Integral Organic Penal Code established as a contravention of the employer the non-affiliation to the mandatory social security of its workers during the first thirty days of work. Otherwise, it will be punished with a penalty of three to seven days imprisonment.

Source: León (2019) and Cadena (2015)
Elaborated by the author

Since 2008, labor obligations, including social security affiliation, have been included into the Ecuador's National Development Plans. In the 2013-2017 National Plan, public policy was structured around promoting decent work and ensuring compliance with social security affiliation. The 2017-2021 National Plan expanded its scope to include goals related to poverty reduction,

gender wage gaps, and other socioeconomic disparities (Cadena, 2015). One of its objectives was to reduce extreme poverty by 2,7 % and multidimensional poverty by 27,4 % by 2021. However, between 2017 to 2020, poverty increased by 6 %, and the multidimensional poverty rate stood at 40,20 %.

Regarding unemployment, the plan aimed to lower the unemployment rate to 7,6 %, reduce the adequate employment gap between men and women to 2 %, and decrease the gender wage gap to 18,4 % by 2021. By 2020, however, the unemployment rate had risen to 10,1 %, the employment gap had only marginally declined by 0,02 %, and the gender wage gap stood at 15,3 % (López, 2016).

By 2020, the urban adequate employment rate was 30,8 %, while the rural adequate employment rate was 17,7 %, meaning that less than 25 % of the expected employment target has been achieved. Similarly, in rural areas, the income poverty rate reached 47,9 %, and the multidimensional poverty rate was 68,7 %. The expected goal of reducing poverty to 31,9 % and multidimensional poverty to 49,2 % was also unattainable (López, 2016).

4.2. Factors Influencing Voluntary Social Security Affiliation

This section examines the determinants influencing an informal workers decision to join voluntary social security between 2018 and 2020 using a logit model.

According to the results obtained (Table 5), it can be determined that the econometric models for 2018, 2019 and 2020 are significant at the 0,05 level. Based on this model evaluation, we reject the null hypothesis—which states that social security affiliation depends solely on the worker's income level—and accept the alternative hypothesis, recognizing that multiple variables can explain the probability of an informal worker affiliating with social security.

Table 5. Model Estimation for 2018, 2019 and 2020

Variables	model2018 affiliation	model2019 affiliation	model2020 affiliation
laborin	0,000461** (0,000193)	0,000223** (0,000113)	0,000748*** (0,0002)
headhouse	0,512*** (0,152)	0,304** (0,138)	0,376** (0,165)
married	0,579*** (0,135)	0,642*** (0,123)	0,687*** (0,113)
place	0,566*** (0,163)	0,609*** (0,157)	1,156*** (0,132)
gender	0,500*** (0,143)	0,660*** (0,133)	0,494*** (0,106)
age40	1,016*** (0,177)	0,855*** (0,167)	0,960*** (0,149)
eduatt	1,003*** (0,169)	0,769*** (0,168)	0,861** (0,37)
poverty	-0,654*** (0,193)	-0,089 (0,138)	-0,473*** (0,134)
branchactiv	-0,743*** (0,174)	-0,516*** (0,161)	-0,17 (0,121)
Constant	-5,526*** (0,258)	-5,310*** (0,234)	-5,710*** (0,236)
Observations	12.968	13.039	15.767
Standard errors in parentheses *** p<0,01, ** p<0,05, * p<0,1			

Source: Consolidate results derived from the three models. Data from ENEMDU (INEC 2018, 2019, and 2020)
Elaborated by the author

The results indicate that, over the analyzed years, the variables labor income (laborin), head of the household (headhouse), marital status married (married), urban area (place), female gender (gender), age over 40 (age40) and higher education (eduatt) exhibit a positive relationship with the likelihood of an informal worker voluntarily enrolling in social security. On the other hand, poverty status and engagement in primary economic activities (branchactiv) exhibit a negative impact on the probability of voluntary social security affiliation.

Table 6 presents the validation of each model. The findings reveal that, across all three years analyzed, the Logit model for voluntary affiliation achieves an accuracy rate of approximately 97 %. Furthermore, validation using the ROC curve confirms the model's predictive strength, with values close to 1 indicating a good prediction of the model. Specifically, in 2018, the area under the ROC curve demonstrates a discrimination rate of approximately 75 %, while in 2019 and 2020, the percentages exceed 70 %, confirming a good prediction of the model.

Table 6. Model validation for 2018, 2019 and 2020

Validation Assumptions	2018	2019	2020
Percentage Correctly Predicted	97,66 %	97,46 %	97,68 %
ROC Curve Area	75,78 %	73,67 %	72,33 %

Source: Model validation in econometric software. ROC curve in the appendix
Elaborated by the author

4.2.1. Interpreting the Coefficients

Given that the estimated results in Logit models are not directly interpretable, we computed the average marginal effects of the coefficients to facilitate the interpretation of each model as showed in Table 7.

Table 7. Average Marginal Effects of 2018, 2019 and 2020 Models

Variables	2018	2019	2020
	affiliation	affiliation	affiliation
laborin	0,134** (0,0558)	0,0665** (0,0333)	0,263*** (0,0701)
headhouse	0,00996*** (0,00299)	0,00691** (0,00315)	0,00984** (0,00433)
married	0,0113*** (0,00268)	0,0146*** (0,00289)	0,0180*** (0,00304)
place	0,0110*** (0,00322)	0,0138*** (0,00362)	0,0302*** (0,00366)
gender	0,00973*** (0,00283)	0,0150*** (0,00314)	0,0129*** (0,00282)
age40	0,0198*** (0,00361)	0,0195*** (0,00391)	0,0251*** (0,00403)
eduatt	0,0195*** (0,00342)	0,0175*** (0,00391)	0,0225** (0,00972)
poverty	-0,0127*** (0,0038)	-0,00202 (0,00313)	-0,0124*** (0,00355)
branchactiv	-0,0144*** (0,00347)	-0,0117*** (0,00371)	-0,00444 (0,00318)
Observations	12.968	13.039	15.767
Robust Standard errors in parentheses *** p<0,01, ** p<0,05, * p<0,1			

Source: Average marginal effects were calculated in econometric software
Elaborated by the author

Over the three years analyzed, the signs of the estimated parameters align with the theoretical framework. It can be affirmed that, considering the *ceteris paribus* principle, an increase of one dollar in labor income raises the probability of an informal worker voluntarily enrolling in social security by 13,4 percentage points. In 2019, this probability declined by 6,6 percentage points, whereas in 2020, it significantly increased by 26,3 percentage points. The decline in 2019 can be explained by the country's near- zero GDP growth, while the sharp rise 2020 resulted from the health emergency, which

led workers to lose their jobs but seek to maintain their social security affiliation to retain access to social benefits.

The status of head of household has relatively minor influence on affiliation probability, contributing less than 1 percentage point across all three years. Workers whose household head is married—compared to single, divorced, or other statuses—show an approximately 2 percentage points increase in affiliation probability. Urban residence also has a positive effect, increasing the probability by 1 to 3 percentage points, whereas rural residency reduces the likelihood of enrollment. Regarding gender, female informal workers exhibit a slightly higher probability of affiliation, albeit marginal (around one percentage point) in 2018, 2019 and 2020. This suggests that gender is not a decisive factor in determining voluntary enrollment, aligning with findings by Hazra (2021), who observed minimal gender-based differences in the probability of informal sector affiliation in India.

For workers over 40 years old and those with higher education, the probability of affiliation remains positive yet modest, at under 2 percentage points in both categories across all three years. Conversely, poverty negatively affects affiliation likelihood, with an approximate 1 percentage point reduction as precariousness level rise. Finally, informal workers engaged in agricultural, or livestock activities (primary sector) have a 1 percentage point lower probability of affiliation compared to those in industrial activity.

The results obtained for 2018, 2019 and 2020 indicate that the estimated probabilities remained relatively stable across the three years. Similarly, labor income emerges as the primary determinant of voluntary social security affiliation. Since this type of insurance follows a contributory model, affiliation rates are directly proportional to the income received. This presents a challenge for informal sector workers, who typically earn low wages (Figure 2). These findings are consistent with the argument of Fernández (2004), who states that an informal workers may struggle to access or remain social security coverage due to their income levels.

The results also corroborate the findings obtained by Lara (2009) and Li and Olivera (2009), both of whom highlight labor income as a statistically significant variable influencing the likelihood of affiliation to social security. Their research suggests that an increase in income raises the probability of affiliation by several points—often exceeding 10 percentage points rather than just 1 % or less.

Regarding head of household status and marital status, the results are consistent with Vargas (2014), who mentions that informal workers in the role of head of household or in legal marital relationship exhibit a higher probability of affiliation compared to other household members, such as spouses, children, or grandchildren, as well as single individuals. This may be attributed to the fact that social security benefits extend to the rest of the household members, meaning that the affiliation of one family member ensures coverage for the entire household. As established by Barona and Cisneros (2014), in Ecuador

as of 2008, social benefit coverage was extended to spouses and children up to the age of eighteen.

In terms of residence, the results indicate that informal workers living in urban areas are more likely to enroll in social security than those in rural areas. This can be explained by the fact that rural economic activities, particularly in agriculture, tend to generate lower incomes compared to urban employment opportunities.

With respect to gender, the results suggest that women have a higher probability of voluntary affiliating with social security than men. This contrasts with Vargas (2014), who estimates that average female contributions stood at approximately 10 %, compared to 14 % for men. However, the present results agree with Lara (2009), who found a 52 % higher probability of social security contributions among women. Additionally, Li and Olivera (2009) argue that marital status influences women's likelihood of affiliation, as married women are less inclined to enroll in voluntary insurance due to their generally lower earnings compared to men.

Concerning educational level, the results indicate that workers with higher education have a greater probability of affiliating with voluntary social security. This finding aligns with previous studies, as individuals with advanced professional training are more likely to contribute to social security than those with only primary or secondary education.

Age is another factor that influences the probability of affiliation. Informal workers over 40 years old are more inclined to enroll in voluntary social security compared to their younger counterparts. This coincides with the findings of Amarante and Espino (2009), who state that workers over 35 years old have a higher probability of contributing to social security. This trend may be explained by the fact that as individuals approach retirement, they become increasingly interested in securing health and pension benefits. Additionally, the probability of illness tends to rise with age. Workers aged 30 to 49 may exhibit higher affiliation rates due to their increased chances of transitioning into the formal sector, possibly because they have more work experience. In contrast, young workers, who are just entering the labor market, often struggle to secure stable employment and are therefore less inclined to enroll in voluntary insurance.

Informal workers living in poverty are less likely to enroll in voluntary social security than non-poor workers. Although Li and Olivera (2009) found that household poverty status was not a statistically significant factor, our research indicates otherwise. Specifically, workers from non-poor households are more likely to enroll in voluntary insurance, possibly due to their income level. In contrast, workers from poor household often need to prioritize other essential needs over social security contributions. Our findings are consistent with Galvis (2012), who states that although poverty is not exclusive to the informal sector, it remains a key challenge for this group of workers.

In relation to the economic activity, the results indicate that workers in the agricultural and livestock sector are less likely to enroll in voluntary insurance than those in other industries. This result is consistent with Amarante and Espino (2009) and Robles et al. (2022), who mention that workers engaged in primary sector activities are less likely to contribute to social security, possibly due to their low-income levels. However, classifications of economic activity differ from others; for instance, Raveendran and Vanek (2017) highlight waste pickers as a notable occupation in countries such as India.

In summary, higher labor income, urban residence, advanced education, and being over 40 years old—particularly for workers in the middle of their careers—are key determinants that increase the probability of voluntary social security affiliating. On the other hand, informal workers facing poverty, engaged in primary sector economic activities, younger in age, and having only primary or secondary education are less likely to enroll in voluntarily social security.

5. CONCLUSIONS AND DISCUSSION

Based on the research findings, it can be concluded that reducing labor informality still represents a significant challenge for the structure of the Ecuadorian economy. Although informal work constitutes one of the primary sources of income for approximately half of the employed population in Ecuador, this sector is characterized by labor precariousness. From a legal standpoint, informal workers often lack employment contracts, do not contribute to tax revenues, and have minimal or nonexistent social security coverage. From an economic perspective, informality is associated with higher poverty rates and lower level of education among workers.

Public policies implemented in recent years have sought to reduce these labor characteristics by eliminating outsourcing, expanding social security coverage, and recognizing the rights of domestic workers. However, government economic data indicate that by 2020, seven out of ten informal sector workers remained unaffiliated with any form of social security. This suggests that while certain temporary achievements were recorded—such as an increase in the number of affiliated workers in earlier periods—the overall effectiveness of these labor policies remains limited.

The evolution of labor informality in Ecuador presents characteristics aligned with both institutionalist and structuralist economic theories. According to structuralist theory, informality is an involuntary decision by workers, as it responds to market behavior. It can be considered as an alternative to structural unemployment, with workers opting for low-investment ventures in response to job scarcity. Between 2019 and 2020, informality in Ecuador increased by 1,85 % because of a decline in formal employment opportunities due to the

economic crisis and the subsequent impact of the COVID-19 pandemic. This indicates that the displacement of workers from the formal to the informal sector was primarily a consequence of declining demand in the formal labor market.

Additionally, Ecuador's informal sector evidences characteristics of institutionalist theory, which attributes informality to the high costs associated with formalization, which lead to a non-compliance with legal regulations and, therefore, limit access to a social security plan. Currently, only 5 % of total social security affiliates belong to the informal sector, underscoring the fact that the expansion of social security coverage is one of the main challenges facing the government in the economic area.

According to the results of the model, labor income is the primary determinant—and limiting factor—for affiliation to voluntary social security. On the one hand, social security is a contributory system, and on the other hand, contribution rates are calculated based on income, which cannot be lower than the Unified Basic Wage, as mandated by law.

Other significant constraints include poverty and level of education, as workers in a precarious financial situation or with only primary or secondary education are less likely to enroll in voluntary insurance. Age is also an important factor, as young workers with limited formal education struggle to find a stable job due to their lack of experience and low qualifications. This, in turn, pushes a significant portion of the labor force into the informal sector, with the aforementioned consequences.

The inflexibility of public policy regarding contribution rates—whereby all sectors must contribute based on a minimum wage level that remains out of reach for many informal workers—possibly contributes to the low levels of social security coverage. As Ecuador's economic structure struggles to absorb the existing labor supply, many workers are forced into precarious, low-income employment. An in-depth analysis based on the socio-economic characteristics of this group would make it possible, to some extent, to raise social security coverage rates and guarantee the right to health and other social benefits for informal sector workers who, for now, are in a highly vulnerable condition. Furthermore, policies aimed at reducing informal employment should focus on specific population segments, such as female heads of household, young workers, and individuals with low levels of education, through instruments such as accessible credit for production initiatives, support programs for individuals without work experience, continuous training to prevent frictional unemployment and later informal employment, and social assistance programs.

Future research could explore each of these policies to measure effectiveness in reducing informal employment in Ecuador. Additionally, further studies in Ecuador's labor market dynamics could help inform the design of policies that encourage formalization, with the aim of achieving poverty reduction and guaranteeing compliance with the human rights protections enshrined in the Constitution.

BIBLIOGRAPHY

- Abramo, L. (2021). *Políticas para enfrentar los desafíos de las antiguas y nuevas formas de informalidad en América Latina*. Repositorio Digital CEPAL.
- Abramo, L., Simone, C., & Morales, B. (2019). *Programas sociales, superación de la pobreza e inclusión laboral*. Serie Libros de la CEPAL-Desarrollo Social. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/44602/1/S1900005_es.pdf
- Acevedo, I., Castellani, F., Lotti, G., & Székely, M. (2021). Informalidad en los tiempos del COVID-19 en América Latina: Implicaciones y opciones de amortiguamiento. Working paper. *Documento de trabajo del BID*.
- Acosta-González, H. N., & Marcenaro-Gutiérrez, O. D. (2024). Bad Jobs Versus Good Jobs: Does it Matter for Life and Job Satisfaction? *Journal of Knowledge Economy*, 15, 7647–7671. <https://doi.org/10.1007/s13132-023-01128-9>
- Adame, V., & Tuesta, D. (2017). El laberinto de la economía informal: Estrategias de medición e impactos. *BBVA Research*. Working paper. <https://www.bbvarsearch.com/wp-content/uploads/2017/08/Laberinto-de-la-economia-informal.pdf>
- Alba Vega, C., & Kruijt, D. (1995). Pobreza, empleo y sector informal. En *La utilidad de lo minúsculo: informalidad y microempresa en México, Centroamérica y los países andinos* (1.^a ed., Vol. 125, pp. 15–46). El Colegio de México. <https://doi.org/10.2307/j.ctv6jmx8s.4>
- Amarante, V., & Espino, A. (2009). Informalidad y desprotección social en Uruguay. *Revista Latinoamericana de Economía*, 40(158), 33–54.
- Arias, K., Carrillo, P., & Torres, J. (2020). Análisis del sector informal y discusiones sobre la regulación del trabajo en plataformas digitales en el Ecuador. *CEPAL*, 83. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/45866/S2000398_es.pdf?sequence=4&isAllowed=y
- Barona, C., & Cisneros, M. (2014). *Hacia un sistema de protección social más inclusivo en el Ecuador: Seguimiento y desenlace de un proceso de construcción de consensos en la búsqueda del Buen Vivir*. CEPAL. Serie Políticas Sociales.
- Beccaria, L., Filippeto, S., & Mura, N. (2022). Heterogeneidad en el sector informal y transiciones entre estados. Un análisis de largo plazo para el mercado laboral argentino. *Desarrollo y Sociedad*, (92), 195–235.
- Berrio-Calle, J., & Bran-Piedrahita, L. (2019). Determinantes de la informalidad laboral en Colombia para el período 2008-2017. *Revista CEA*, 5(9), 33–51. <https://doi.org/10.22430/24223182.1255>

- Bonnet, F., Vanek, J., & Chen, M. (2019). *Women and Men in the Informal Economy: A Statistical Brief*. International Labour Office. <https://www.wiego.org/wp-content/uploads/2019/09/Women%20and%20Men%20in%20the%20Informal%20Economy%20-%20A%20Statistical%20Brief%20-%20for%20web.pdf>
- Cadena, A. (2015). *Políticas públicas en seguridad social para el empleo informal en el Ecuador* (Tesis de Maestría en Políticas Públicas, Universidad de Chile). Repositorio Académico de la Universidad de Chile.
- Carvajal Calderón, A., Cárdenas Hernández, L. Y., & Estrada Cañas, I. (2017). Determinantes socioeconómicos de la informalidad laboral y el subempleo en el área metropolitana de Bucaramanga, Colombia. *Equidad y Desarrollo*, (29), 53–82. doi.org/10.19052/ed.4171
- Cuero, J. (2015). La economía subterránea o ilegal en la economía monetaria: caso Colombia. *Magazín Empresarial*, 11, 11–21.
- Ela, M. (2013). An assessment on the Relationship Between Informal Economy and Educational level in Turkey. *International Journal of Economics and Financial Issues*, 3(4), 910–922.
- Fajardo-Ronquillo, V. P. (2020). Condiciones del empleo formal e informal en Ecuador. *Dominio de las Ciencias*, 6(2), 279–294. <http://dx.doi.org/10.23857/dc.v6i2.1168>
- Fernández, M. (2004). Efectos generados por los cambios en las relaciones de trabajo sobre los Sistemas de Seguridad Social Latinoamericanos. *Gaceta Laboral*, 10(3), 259–282. <https://www.redalyc.org/pdf/336/33610301.pdf>
- Galiano, G., & Bravo, I. (2019). La seguridad social en Ecuador: breves apuntes sobre sus deficiencias y beneficios. *Uniandes Episteme*, 6(4), 527–549.
- Galvis, L. (2012). Informalidad laboral en las áreas urbanas de Colombia. *Documentos de Trabajo sobre Economía Regional y Urbana*, (164), 1–40.
- García, M. (2014). Derecho a la seguridad social. *Estudios Políticos*, 9(32), 83–113. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=426439553001>
- Gërxxhani, K. (2004). The Informal Sector in Developed and Less Developed Countries: A Literature Survey. *Public Choice*, 120(3), 267–300. <https://link.springer.com/content/pdf/10.1023/B:PUCH.0000044287.88147.5e.pdf>
- Giler Macías, S., Álava Rosado, D., & Mora Albán, V. (2024). Sector informal y pobreza 2019-2023: un análisis socioeconómico desde Ecuador. *Revista InveCom*, 5(1), 1–12.
- Gómez, L. (2007). La informalidad en la economía, algo incuestionable. *Semestre Económico*, 10(19), 47–67.

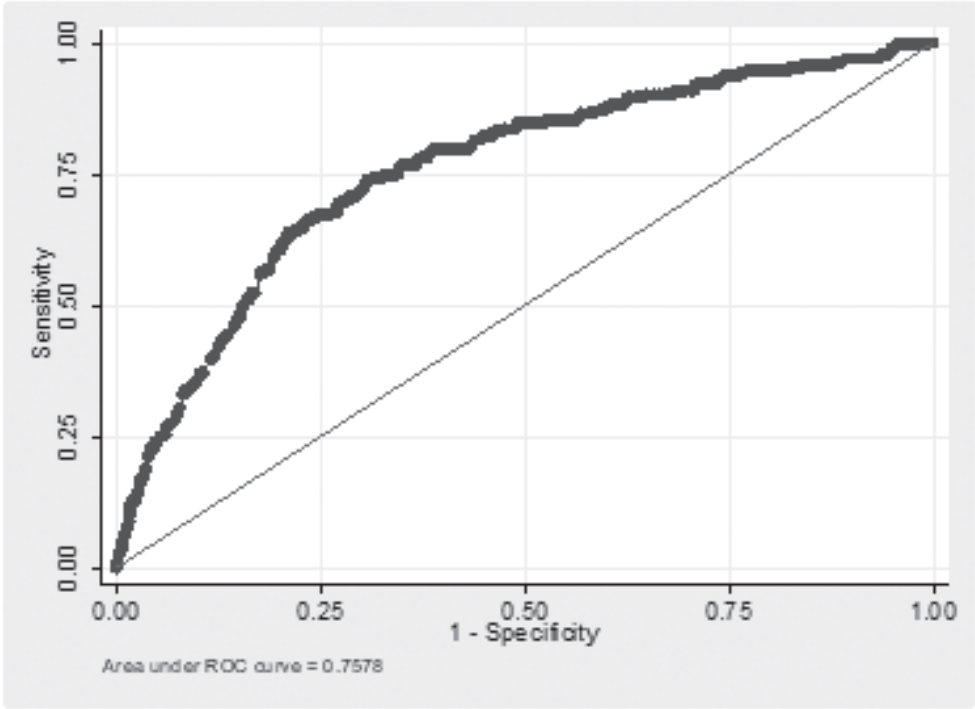
- Gough, I., & Wood, G. (2004). *Insecurity and Welfare Regimes in Asia, Africa and Latin America: Social Policy in Development Contexts*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511720239>
- Grupo FARO. (2020). *Una mirada al empleo informal en Quito*. https://grupofaro.org/wp-content/uploads/2020/12/Una-mirada-al-empleo-informal-en-Quito_compressed-1.pdf
- Hazra, A. (2021). *Revisiting Micro Determinants of Informal Employments in India: A Study Based on 15 Major States of India in the Reforms Era*. <https://shorturl.at/MXhsy>
- Hernández, G., & Quintero, L. F. (2021). Efectos económicos de los cierres por COVID-19: una perspectiva regional. *Cuadernos de Economía*, 40(85), 1113–1132. <https://doi.org/10.15446/cuad.econ.v40n85.90911>
- Herrera, G., & Velázquez, L. (2021). La brecha de género en el sistema de capitalización individual de pensiones en México. *Intersticios Sociales*, (21), 347–371.
- IESS (2020). *Boletín estadístico número 25 año 2020*.
- INEC (2018). *Banco de Información, ENEMDU*. <https://aplicaciones3.ecuadorencifras.gob.ec/BIINEC-war/index.xhtml>
- INEC (2019). *Banco de Información, ENEMDU*. <https://aplicaciones3.ecuadorencifras.gob.ec/BIINEC-war/index.xhtml>
- INEC (2020). *Banco de Información, ENEMDU*. <https://aplicaciones3.ecuadorencifras.gob.ec/BIINEC-war/index.xhtml>
- INEC (2021). *Banco de Información, ENEMDU*. <https://aplicaciones3.ecuadorencifras.gob.ec/BIINEC-war/index.xhtml>
- INEC (2022). *Encuesta Nacional de Empleo, Desempleo y Subempleo ENEMDU. Indicadores laborales*. https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/EMPLEO/2022/Trimestre-enero-marzo-2022/2022_I_Trimestre_Mercado_Laboral.pdf
- ILO (2001). *Hechos concretos sobre la seguridad social*. Organización Internacional del Trabajo, 2. http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/-dgreports/-dcomm/documents/publication/wcms_067592.pdf
- ILO (2016). *Panorama laboral 2016*. https://www.ilo.org/americas/publicaciones/panorama-laboral/WCMS_537803/lang-es/index.htm
- ILO (2018). *Mujeres y hombres en la economía informal: un panorama estadístico* (Tercera edición). https://www.ilo.org/americas/publicaciones/panorama-laboral/WCMS_537803/lang-es/index.htm

- ILO (2021). *Empleo e informalidad en América Latina y el Caribe: una recuperación insuficiente y desigual* (Nota técnica). https://www.ilo.org/americas/publicaciones/WCMS_819022/lang--es/index.htm
- ILO (2022). *Panorama laboral 2022 América Latina y el Caribe*. https://www.ilo.org/americas/sala-de-prensa/WCMS_867505/lang--es/index.htm
- ILO (2023). *Estadísticas sobre la economía informal*. <https://ilostat.ilo.org/es/topics/informality/>
- IMF (2019). *Perspectivas económicas*.
- Lara, M. (2009). Determinantes de la probabilidad de cotización a la seguridad social en Uruguay. *Banco Central del Uruguay, XXIV*, 1–41.
- León, M. (2019). Políticas públicas y empleo informal en Ecuador: 2007–2015. *Revista Economía*, 67(106), 11–35. <https://doi.org/10.29166/economia.v67i106.2007>
- Li, C., & Olivera, J. (2009). Voluntary Affiliation to Peru's Individual Accounts Pension System. *International Social Security Review*, 62(3), 23–48. <https://doi.org/10.1111/j.1468-246X.2009.01336.x>
- López, M. (2016). Toda una vida: De la comunidad al ayuntamiento. En D. Barrera Bassols & A. Massolo (Eds.), *Mujeres que gobiernan municipios: Experiencias, aportes y retos* (pp. 163–172). El Colegio de México. <https://doi.org/10.2307/j.ctv4w3tkp.17>
- Maldonado, G. (2021). Discursos constitucionales de protección social en América Latina y el Caribe. *Revista Latinoamericana de Derecho Social*, (32), 3–21. <https://doi.org/10.22201/ijj.24487899e.2021.32.15307>
- Maloney, W. F. (1997). Labor Market Structure in LDCs: Time Series Evidence on Competing Views. *SSRN Electronic Journal*, July 1998. <https://doi.org/10.2139/ssrn.82948>
- Núñez, M., & Rivadeneira, M. (2021). El principio de universalidad desde una perspectiva legal y efectiva en la seguridad social ecuatoriana. *Foro, Revista de Derecho*, (35), 126–145. <https://doi.org/10.32719/26312484.2021.35.7>
- Olmedo, P. (2018). El empleo en el Ecuador: Una mirada a la situación y perspectivas para el mercado laboral actual. *Friedrich Ebert Stiftung*, mayo, 5–15. <https://library.fes.de/pdf-files/bueros/quito/14525.pdf>
- Paz, J. (2021). La brecha de remuneraciones entre segmentos del mercado de trabajo en la Argentina. *Desarrollo y Sociedad*, (88), 239–271.
- Pérez, A., & Domínguez, S. (2012). Una aproximación a sus alcances. *Iustitia*, 10, 75–100.

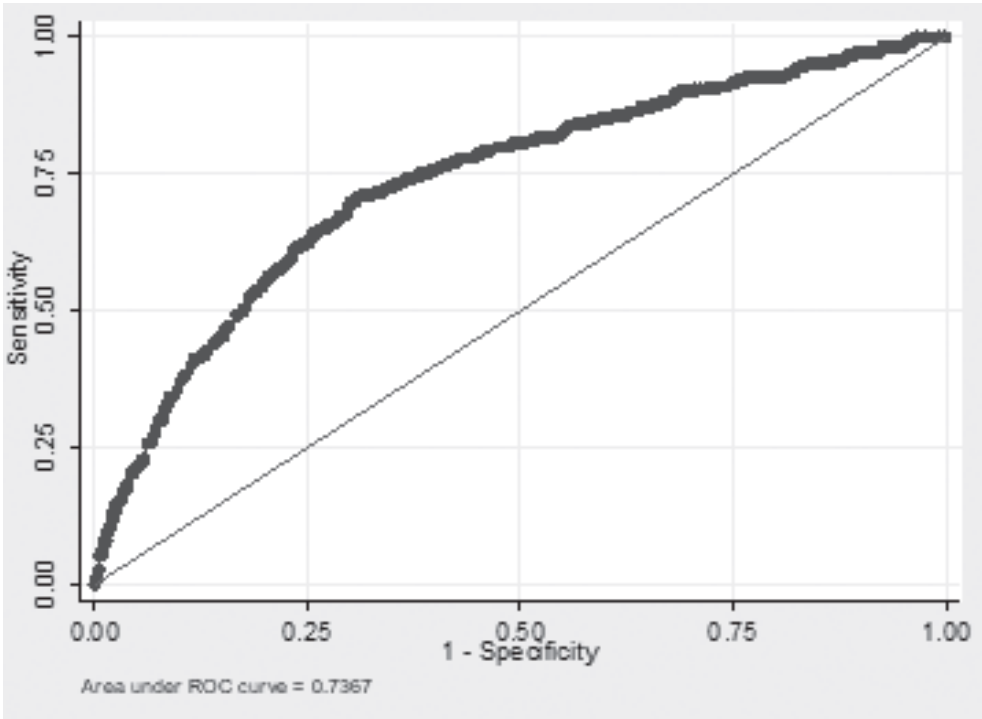
- Porras, A. (2015). La seguridad social en Ecuador: Un necesario cambio de paradigmas. *Foro: Revista de Derecho*, 24, 89–116. <https://repositorio.uasb.edu.ec/handle/10644/5285>
- Quejada, R., Yáñez, M., & Cano, K. (2014). Determinantes de la informalidad laboral: un análisis para Colombia. *Investigación & Desarrollo*, 22(1), 126–145. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=26831411006>
- Raveendran, G., & Vanek, J. (2020). Informal Workers in India: A Statistical Profile. *Women in Informal Employment: Globalizing and Organizing (WIEGO)*, Manchester, UK, 1–16. <https://shorturl.at/UOroj>
- Robalino, S., & Pazmiño, G. (2016). La seguridad social en el Ecuador. *Apuntes de Economía*, (47), 1–96.
- Robles Ortiz, D., Beltrán Jaimes, L. D., & Delgado López, M. del C. (2022). Impacto económico y social de la formalización laboral en México. *Cuadernos de Economía*, 41(86), 185–212. <https://doi.org/10.15446/cuad.econ.v41n86.85067>
- Rubio, M. (2014). El trabajo informal en Colombia e impacto en América Latina. *Observatorio Laboral. Revista Venezolana*, 7(13), 23–40.
- Sasso, J. (2011). La seguridad social en el Ecuador, historia y cifras. *Actuar en Mundos Plurales. Boletín de Análisis de Políticas Públicas*, 6, 19–21. <https://repositorio.flacsoandes.edu.ec/bitstream/10469/2881/1/BFLACSO-AMP6-07-Sasso.pdf>
- Schwarzer, H., Casalí, P., & Bertranou, F. (2014). *El papel de los pisos de protección social en América Latina y el Caribe*. <https://www.ilo.org/americas>
- Torres, M., Díaz, R., & Morantes, C. (2014). Modelos de seguridad social en derecho comparado: Casos inglés, alemán y mixto. *Innovando en la U*, 6, 19–27. <https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/innovando/article/view/3860>
- Uribe, J., Ortiz, C., & Castro, J. (2006). Una teoría general sobre la informalidad laboral. *Economía y Desarrollo*, 5(2), 213–273. <http://economialaboral.univalle.edu.co/TeoriaGeneral.pdf>
- Vargas, C. A. (2015). Determinantes de la probabilidad de contar con afiliación a seguridad social de los trabajadores en Colombia durante el período 2008-2015. *Ciencia Unisalle*. <https://ciencia.lasalle.edu.co/economia/248>
- Vega Núñez, A. P. (2018). Análisis de las transiciones entre la formalidad y la informalidad en el mercado de trabajo ecuatoriano. *Revista de la CEPAL*, 2017(123), 83–102. <https://doi.org/10.18356/281be5be-es>
- Velásquez, M. (2021). La protección social de los trabajadores informales ante los impactos del COVID-19. *CEPAL*.
- World Bank. (2012). *Ecuador: las caras de la informalidad* (Issue 67808).

APPENDIX

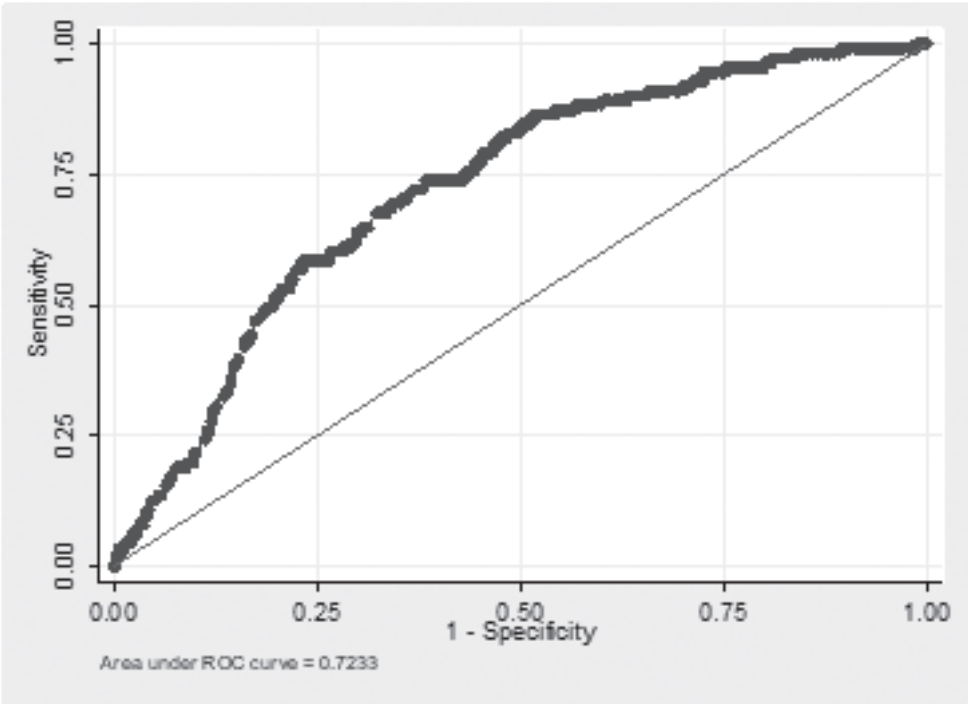
Appendix A. ROC Curve 2018

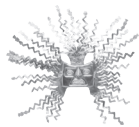


Appendix B. ROC Curve 2019



Appendix C. ROC Curve 2020





ANÁLISIS DE ENCADENAMIENTOS PRODUCTIVOS EN ECUADOR

*Axel Guanoluisa^{*1}, Pedro Gonzalez^{**2}, Alejandro Molina^{***3} y
Robert Guanoluisa^{****4}*

^{*}Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López - Carrera de
Marketing Digital
Bolívar, Ecuador

^{**}Universidad Autónoma de San Luis Potosí - Facultad de Economía
San Luis de Potosí, México

^{***}Escuela Superior Politécnica del Litoral - Facultad de Ciencias Sociales y Humanísticas
Guayaquil, Ecuador

^{****}Universidad Internacional de Valencia - Facultad de Ciencia y Tecnología
Valencia, España

Información

Recibido:

21 de noviembre de 2024

Aceptado:

4 de junio de 2025

Palabras clave:

Matriz insumo producto
Encadenamientos directos
hacia atrás
Encadenamientos directos
hacia adelante

JEL:

C67, O18, R11, R12,
D57, H41

DOI:

[https://doi.org/10.47550/
RCE/35.1.5](https://doi.org/10.47550/RCE/35.1.5)

Resumen

Este estudio examina las interrelaciones económicas de Ecuador utilizando la metodología de la matriz insumo-producto (MIP) para el periodo 2009-2019. Se analizan los encadenamientos productivos hacia adelante y hacia atrás, clasificando las actividades en sectores clave, motores, base e isla según los coeficientes de Rasmussen. Los resultados identifican que la agricultura, manufactura, comercio y transporte son los sectores con mayores encadenamientos, destacándose como motores de crecimiento y proveedores de insumos. Además, se observan tendencias como la disminución en sectores como la elaboración de productos de molinería y el crecimiento en la elaboración de azúcar. Estos hallazgos proveen insumos clave para el diseño de políticas públicas orientadas a la reactivación económica, priorizando aquellos sectores con mayor capacidad de dinamización económica y promoviendo la diversificación productiva. El estudio subraya la importancia de la MIP como herramienta para impulsar un crecimiento económico sostenible e inclusivo en Ecuador.

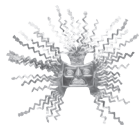
¹ORCID: 0009-0004-7706-0068. CRediT: investigación, análisis formal, metodología, redacción – borrador original. Correo electrónico: ajguanoluisa@espam.edu.ec.

²ORCID: 0000-0002-0763-954X. CRediT: conceptualización, investigación, validación, redacción – revisión y edición. Correo electrónico: pedro.gonzalez@uaslp.mx.

³ORCID: 0009-0007-1936-1577. CRediT: curación de datos, metodología, software, visualización. Correo electrónico: aamolina@espol.edu.ec.

⁴ORCID: 0000-0002-2271-371X. CRediT: curación de datos, visualización y administración del proyecto. Correo electrónico: roberguart29@hotmail.com.

Copyright © 2025 Guanoluisa, Molina, Gonzalez y Guanoluisa. Los autores conservan los derechos de autor del artículo. El artículo se distribuye bajo la licencia Creative Commons Attribution 4.0 License.



ANALYSIS OF PRODUCTIVE CHAINS IN ECUADOR

*Axel Guanoluisa^{*1}, Pedro Gonzalez^{**2}, Alejandro Molina^{***3} and Robert Guanoluisa^{****4}*

^{*}Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López - Digital Marketing Program
Bolívar, Ecuador

^{**}Universidad Autónoma de San Luis Potosí - Faculty of Economics
San Luis de Potosí, Mexico

^{***}Escuela Superior Politécnica del Litoral - Faculty of Social and Human Sciences
Guayaquil, Ecuador

^{****}Universidad Internacional de Valencia - Faculty of Science and Technology
Valencia, Spain

Article Info

Received:

21st November 2025

Accepted:

4th June 2025

Keywords:

Input-output matrix
Backward direct linkages
Forward direct linkages

JEL:

C67, O18, R11, R12,
D57, H41

DOI:

<https://doi.org/10.47550/RCE/35.1.5>

Abstract

This paper examines the economic interrelationships in Ecuador using the Input-Output Matrix (IOM) methodology for the period 2009-2019. It analyzes forward and backward productive linkages, classifying activities into key sectors, engines, base, and island sectors according to Rasmussen coefficients. The results identify agriculture, manufacturing, commerce, and transportation as the sectors with the highest linkages, standing out as growth drivers and suppliers of inputs. Additionally, trends such as the decline in sectors like milling and product processing, as well as the growth in sugar refining, are observed. These findings provide key inputs for the design of public policies aimed at economic reactivation, prioritizing sectors with the greatest potential to stimulate economic activity and promoting productive diversification. The study emphasizes the importance of the IOM as a tool for promoting sustainable and inclusive economic growth in Ecuador.

¹ORCID: 0009-0004-7706-0068. CRediT: investigación, análisis formal, metodología, redacción – borrador original. Email: ajguanoluisa@espam.edu.ec.

²ORCID: 0000-0002-0763-954X. CRediT: conceptualización, investigación, validación, redacción – revisión y edición. Email: pedro.gonzalez@uaslp.mx.

³ORCID: 0009-0007-1936-1577. CRediT: curación de datos, metodología, software, visualización. Email: aamolina@espol.edu.ec.

⁴ORCID: 0000-0002-2271-371X. CRediT: curación de datos, visualización y administración del proyecto. Email: robertguart29@hotmail.com.

Copyright © 2025 Guanoluisa, Molina, Gonzalez and Guanoluisa. The authors retain copyright to the article. The article is distributed under the Creative Commons Attribution 4.0 License.

1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo económico de un país no depende únicamente del desempeño de sectores individuales, sino también de la interacción entre ellos y su capacidad para generar sinergias dentro de la estructura productiva. Identificar los sectores que impulsan la economía nacional y aquellos con mayores encadenamientos productivos permite mejorar la planificación de políticas económicas, optimizar la asignación de recursos y fortalecer la resiliencia de la economía frente a crisis o cambios estructurales.

En este contexto, el análisis de encadenamientos productivos, basado en la metodología de la matriz insumo-producto (MIP), permite evaluar las interdependencias sectoriales y determinar cuáles actividades tienen un mayor efecto multiplicador sobre la producción y el empleo (Leontief, 1936; Miller & Blair, 2009).

A escala global, la caracterización de los encadenamientos productivos ha sido ampliamente estudiada como una herramienta para mejorar la eficiencia económica y fomentar la industrialización (Hirschman, 1958; Rasmussen, 1956). En América Latina, organismos como la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) han destacado la importancia de fortalecer estos encadenamientos para reducir la dependencia de materias primas y promover sectores con mayor valor agregado (CEPAL, 2011).

En Ecuador, la medición de los encadenamientos productivos ha cobrado especial relevancia en las últimas décadas, dado que el país ha experimentado transformaciones estructurales en su economía, impulsadas por cambios en las políticas económicas, la fluctuación de los precios de los *commodities* y la necesidad de diversificar su base productiva (Hahn-de-Castro, 2016).

Las matrices insumo-producto (MIP) constituyen una herramienta esencial para analizar la estructura productiva del país y detectar los sectores estratégicos con mayor capacidad de dinamizar la economía. Sin embargo, el análisis de los encadenamientos productivos no solo es relevante en el presente, sino que también debe abordarse desde una perspectiva histórica. La evolución de la estructura productiva de un país está influenciada por cambios en las políticas económicas, transformaciones tecnológicas, crisis económicas y fluctuaciones en la demanda global. Comprender estas dinámicas históricas permite: i) analizar los cambios estructurales de la economía, identificando qué sectores han ganado o perdido relevancia en el tiempo y cómo han evolucionado sus interacciones con otros sectores (Kuznets, 1971); ii) evaluar el impacto de políticas económicas previas, comprendiendo cómo diferentes estrategias de desarrollo han influido en la estructura productiva y qué efectos han tenido sobre el crecimiento económico (Rodrik, 2004), y iii) anticipar tendencias, proporcionando información sobre patrones recurrentes que faciliten la planificación y la formulación de respuestas ante futuras crisis.

En este contexto, el Banco Central del Ecuador (BCE) ha desempeñado un papel fundamental en la generación de información económica, proporcionando

datos clave para el análisis de la estructura productiva nacional. En particular, el BCE ha elaborado y publicado diversas matrices insumo-producto que permiten medir las interacciones entre los distintos sectores económicos y evaluar su grado de encadenamiento. Entre los avances más relevantes se encuentran las matrices insumo-producto “producto por producto” correspondientes a los años 2007, 2010, 2012 y 2013, así como las matrices “industria por industria” para el año 2007 y, de manera continua, para el periodo 2009-2020 (BCE, 2021).

Considerando esta disponibilidad de datos, el presente estudio se basa en las matrices insumo-producto del periodo 2009-2019, con un enfoque en el análisis de encadenamientos hacia atrás y hacia adelante. Esta información es clave para identificar qué sectores han desempeñado un papel central en la generación de demanda de insumos (encadenamientos hacia atrás) y en la provisión de bienes y servicios intermedios para otros sectores (encadenamientos hacia adelante), contribuyendo así a la formulación de estrategias de desarrollo productivo.

Dada la importancia de los encadenamientos productivos en la planificación del desarrollo económico, surge la necesidad de responder las siguientes preguntas de investigación: ¿Cuáles son los sectores económicos con mayor encadenamiento hacia atrás y hacia adelante en la economía ecuatoriana durante el periodo 2009-2019? ¿Cómo ha evolucionado la estructura productiva del país, en términos de encadenamientos productivos, a lo largo del tiempo? ¿Qué sectores pueden ser considerados prioritarios para la formulación de políticas públicas orientadas a la reactivación y diversificación económica?

En este marco, y orientado por los objetivos del estudio, se plantean las siguientes hipótesis de investigación: (i) la estructura productiva ecuatoriana ha experimentado cambios significativos en la última década, con una creciente concentración de encadenamientos en sectores no tradicionales, entendidos como aquellos que no forman parte del núcleo primario exportador histórico del país, como la agricultura básica o la extracción de petróleo; (ii) los sectores con altos encadenamientos tanto hacia adelante como hacia atrás tienen un mayor potencial para convertirse en sectores clave dentro de una estrategia de diversificación y reactivación económica, dado su efecto multiplicador y su capacidad para dinamizar el resto de la economía.

El estudio se enfoca en identificar los sectores económicos ecuatorianos con mayor potencial para impulsar el crecimiento económico, a partir de su capacidad para generar efectos multiplicadores sobre el resto de la economía. En particular, el análisis se centra en la estimación de los multiplicadores de la producción, lo que permite obtener una visión clara de aquellos sectores con mayor capacidad para dinamizar el valor agregado a nivel nacional. Para ello, se emplea la metodología insumo-producto, que facilita el análisis detallado de las interrelaciones entre sectores y permite medir cómo un aumento en la actividad de un sector puede generar impactos positivos en otros.

Mediante esta metodología y el uso de datos históricos, se busca aportar evidencia empírica que oriente el diseño de políticas públicas destinadas a fomentar un crecimiento económico sostenible y una diversificación productiva efectiva. Asimismo, se pretende facilitar la toma de decisiones estratégicas en el ámbito económico y gubernamental, identificando los sectores prioritarios.

Este artículo se organiza en cinco secciones. En primer lugar, se presenta una revisión de la literatura. A continuación, se describe la metodología insumo-producto. Luego, se expone la metodología cuantitativa, que abarca tanto el análisis descriptivo de los encadenamientos hacia atrás y hacia adelante, como el análisis inferencial que permite identificar rigurosamente los sectores con mayor efecto multiplicador. En la cuarta sección, se presentan los resultados obtenidos. Finalmente, la sección de conclusiones sintetiza las principales aportaciones del estudio.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

El análisis de matrices de insumo-producto ha demostrado ser una herramienta fundamental en la investigación económica de América Latina y Ecuador, permitiendo evaluar variaciones en la producción, pronosticar variables económicas y determinar sectores clave para el crecimiento económico. Su aplicación ha sido crucial para diseñar estrategias públicas orientadas a potenciar la competitividad y productividad nacional.

El uso de la metodología de insumo-producto facilita el análisis detallado de las interrelaciones entre sectores económicos, proporcionando información sobre los efectos de cambios en la demanda final y su impacto en la producción y el empleo. Diversos estudios han utilizado esta metodología para analizar la estructura económica y proponer estrategias de desarrollo basadas en evidencia empírica.

Haddad et al. (2011) estableció un sistema interregional integral de insumo-producto para 2007, que abarca 22 provincias y 15 sectores, lo que facilitó una comprensión de los vínculos económicos espaciales, proporcionando valiosos conocimientos sobre las interdependencias económicas y las características estructurales de la economía del país. Este análisis incluyó la descomposición de los componentes finales de la demanda, mejorando la comprensión del sistema económico integrado en todas las regiones.

Flores Tapia & Flores Cevallos (2017) emplearon la herramienta de simulación insumo-producto desarrollada por el Banco Central del Ecuador para evaluar los efectos de cambios en la demanda final sobre la producción y el empleo en Ecuador. Este estudio permitió comprender la dinámica económica del país y la respuesta de los diferentes sectores ante variaciones en la demanda.

Por su parte, Quiñones et al. (2020) construyeron una matriz insumo-producto para la provincia de Esmeraldas siguiendo la metodología del Banco Central del Ecuador. Su análisis evidenció que las 27 actividades más relevantes en la economía provincial pertenecen a sectores no manufactureros, y reveló la existencia de 18 sectores “isla”, caracterizados por una escasa interrelación económica. Además, se identificaron discontinuidades y cambios en sectores previamente interconectados, lo que sugiere la necesidad de políticas públicas para fortalecer los encadenamientos productivos y diversificar la matriz productiva de la región.

González et al. (2024) aplicaron el método de coeficientes de localización de Flegg (FLQ) para construir la matriz insumo-producto de la provincia de Manabí, basándose en la matriz nacional de 2020 y datos del valor agregado provincial. Este estudio permitió identificar los sectores clave de la economía provincial y sus interrelaciones productivas.

A nivel regional, la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL, 2016) desarrolló una matriz insumo-producto para Sudamérica con el objetivo de analizar las interrelaciones productivas entre los países de la región. Esta herramienta resulta fundamental para identificar sectores estratégicos y fortalecer los vínculos económicos regionales.

Vázquez-López (2024) empleó las tablas de insumo-producto globales de la OCDE (ICIO) para examinar los flujos comerciales en América Latina, con un enfoque en el valor agregado regional en las exportaciones intrarregionales de Argentina, Brasil, Chile, Colombia, México y Perú entre 1995 y 2015. Los hallazgos indican una reducida participación del valor agregado regional, evidenciando una creciente dependencia de fuentes externas, en particular de China. Esta tendencia sugiere una falta de integración productiva regional y destaca la necesidad de estrategias orientadas a fortalecer los encadenamientos productivos internos.

Leal (2017) analizó las vinculaciones insumo-producto en América Latina, identificando brechas de productividad y distorsiones sectoriales significativas dentro de las economías de la región. El estudio enfatiza la necesidad de intervenciones políticas específicas para corregir estas distorsiones, con el fin de mejorar la productividad agregada y fortalecer la economía regional.

En el caso de Argentina, Molina et al. (2021) estiman los encadenamientos productivos a partir de la MIP del año 2015, identificando sectores con alta capacidad de arrastre sobre el resto de la economía y proponiendo una tipología basada en sectores “verticalmente integrados”. Su análisis revela una fuerte concentración de los multiplicadores en sectores industriales y agroindustriales, destacando la utilidad de esta herramienta para diseñar políticas productivas focalizadas. Este tipo de estudios refuerza la pertinencia del enfoque MIP para países con estructuras productivas heterogéneas y en transición, como ocurre también en el caso ecuatoriano.

En el contexto asiático, Aymes (2014) examina el proceso de integración productiva en países del sudeste asiático, como Malasia, Vietnam y Singapur,

haciendo uso de marcos analíticos derivados de las matrices insumo-producto para evaluar la articulación de sectores locales en las cadenas globales de valor. El estudio enfatiza que el fortalecimiento de los encadenamientos internos ha sido un paso previo esencial para una inserción internacional exitosa. A partir de esta evidencia, se subraya la importancia de diseñar estrategias que no solo promuevan sectores exportadores, sino que también impulsen la densificación de vínculos intersectoriales a nivel nacional, lo cual es especialmente relevante para economías latinoamericanas que enfrentan desafíos similares de dependencia primaria y baja diversificación estructural.

Estos estudios resaltan los desafíos de América Latina en términos de integración económica y productividad, al tiempo que subrayan oportunidades para la formulación de políticas públicas que impulsen el crecimiento económico y reduzcan las desigualdades estructurales. En el contexto ecuatoriano, el uso de la metodología insumo-producto se perfila como una herramienta clave para orientar la toma de decisiones en políticas productivas, promoviendo un desarrollo económico sostenible basado en evidencia empírica.

Si bien la metodología insumo-producto (MIP) ha demostrado ser una herramienta sólida y ampliamente utilizada para analizar las interrelaciones sectoriales y los encadenamientos productivos en economías en desarrollo, es importante reconocer sus limitaciones y contrastarla con otros enfoques metodológicos. La MIP parte de supuestos restrictivos como la homogeneidad tecnológica, la proporcionalidad lineal entre insumos y producción, y la ausencia de sustitución entre factores, lo que limita su capacidad para capturar dinámicas no lineales, cambios tecnológicos o respuestas adaptativas de los agentes económicos (Dietzenbacher & Miller, 2015). En este sentido, otras metodologías, como los modelos de equilibrio general computable (CGE), permiten una representación más flexible de la economía, incorporando precios relativos, elasticidades de sustitución y respuestas a políticas fiscales o externas (Löfgren et al., 2002). No obstante, estos modelos también implican mayores requerimientos de información, calibración y validación, lo cual limita su aplicabilidad en contextos con restricciones estadísticas como el ecuatoriano.

Lo anterior permite identificar una brecha de investigación relevante: la necesidad de aplicar metodologías mixtas que combinen la robustez estructural de la MIP con la flexibilidad analítica de modelos CGE. Este artículo responde a dicha brecha, proponiendo un análisis riguroso y longitudinal de los encadenamientos económicos bajo la metodología MIP, pero complementado con herramientas estadísticas (pruebas t y regresiones de tendencia) para reforzar su capacidad explicativa y superar sus limitaciones tradicionales de los modelos insumo producto.

En este sentido, el estudio de los encadenamientos productivos, a través de la identificación de sectores con fuertes encadenamientos hacia adelante y hacia atrás, puede permitir identificar sectores estratégicos con alto impacto en la economía nacional. Este enfoque puede ser fundamental para evaluar las

interrelaciones entre industrias y comprender cómo los cambios en un sector pueden generar efectos en cadena en otros.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

Con el propósito de evaluar si los encadenamientos totales —tanto hacia atrás como hacia adelante— en la economía ecuatoriana durante el periodo 2009-2019 han mostrado un comportamiento superior al promedio (es decir, mayor que uno), y de identificar los sectores que, desde la perspectiva de la demanda y de la oferta, han impulsado con mayor intensidad la actividad económica, se proponen dos metodologías complementarias. La primera, de carácter inferencial, tiene como objetivo determinar si, de manera estadísticamente significativa, los encadenamientos sectoriales, tanto hacia atrás como hacia adelante, superan el umbral de uno. La segunda, basada en análisis de regresión, examina la tendencia histórica de los encadenamientos con el fin de identificar patrones de evolución a lo largo del tiempo.

Aunque la aplicación de pruebas de hipótesis y análisis de regresión contribuye a fortalecer el rigor estadístico del estudio, es necesario reconocer ciertas limitaciones asociadas tanto a los datos como a la metodología empleada. En particular, las matrices insumo-producto utilizadas, elaboradas por el Banco Central del Ecuador (BCE), si bien constituyen una fuente oficial confiable, pueden presentar ciertos sesgos derivados de los criterios de clasificación sectorial, de los supuestos de homogeneidad tecnológica o de la estimación de insumos para sectores con información limitada. Asimismo, el periodo de análisis (2009-2019) fue seleccionado por ser el más completo en cuanto a disponibilidad de matrices “industria por industria”; sin embargo, dicho periodo no contempla los efectos de eventos recientes y disruptivos, como la pandemia de COVID-19, lo que limita la generalización de los resultados a contextos más recientes o con alta inestabilidad económica.

3.1. Matriz insumo producto

La metodología insumo-producto constituye una herramienta analítica diseñada para estudiar la estructura productiva de una economía a partir de las interrelaciones entre sectores. A través de una matriz de doble entrada, se registran las transacciones interindustriales de bienes y servicios, desagregando la producción total en demanda intermedia, valor agregado y demanda final. Este enfoque permite cuantificar cómo la producción de un sector depende del consumo de insumos provenientes de otros sectores, y cómo, a su vez, abastece a otros en sus procesos productivos.

El análisis se basa en la construcción de la matriz de coeficientes técnicos, la cual representa los requerimientos de insumos necesarios para generar

una unidad de producción sectorial. A partir de esta, se deriva la matriz inversa de Leontief, que permite estimar el impacto total, directo e indirecto, de variaciones en la demanda final sobre el nivel de producción agregado. Esta metodología resulta fundamental para identificar sectores clave dentro del aparato productivo, analizar encadenamientos productivos y formular estrategias de política económica orientadas a la diversificación y al desarrollo sectorial.

Con base en la matriz insumo-producto, es posible aplicar distintas metodologías para medir los encadenamientos productivos, entendidos como la capacidad de los sectores para inducir efectos de arrastre sobre otros. Dos enfoques ampliamente utilizados son los propuestos por Chenery-Watanabe (1958) y Rasmussen (1956). El primero se enfoca en los encadenamientos directos, calculados a partir de la matriz de coeficientes técnicos, y permite clasificar los sectores según su rol como consumidores o proveedores de insumos en la estructura económica. El segundo mide los encadenamientos totales, considerando tanto los efectos directos como los indirectos mediante el uso de la matriz inversa de Leontief, lo que permite una evaluación más integral del impacto sistémico de cada sector. Estas metodologías permiten identificar sectores estratégicos, como los sectores clave, base, motor o isla, en función de su grado de integración y su potencial para dinamizar la economía.

3.2. Análisis inferencial: prueba de hipótesis

Para evaluar la significancia estadística de los encadenamientos económicos, se aplicará una prueba de hipótesis con el objetivo de determinar si las actividades económicas presentan encadenamientos promedio significativamente mayores a 1 en el periodo de estudio. Esta prueba se llevará a cabo tanto para los encadenamientos hacia adelante como hacia atrás.

Se estableció la siguiente formulación de hipótesis:

$$\begin{aligned} H_0: \mu_{iv} &\leq 1 \\ H_1: \mu_{iv} &> 1 \end{aligned} \tag{1}$$

Donde μ_{iv} representa la media del encadenamiento de la actividad i en la dirección v (hacia adelante o hacia atrás) a lo largo del periodo analizado.

La metodología por desarrollar consiste en analizar los encadenamientos económicos mediante el cálculo de la media muestral anual en ambas direcciones para cada actividad económica. En este sentido, se aplicará una prueba t con el objetivo de contrastar si la media de los encadenamientos es significativamente mayor al valor de referencia (1).

Específicamente, la estadística de prueba se define como:

$$t = \frac{\mu_{iv} - 1}{s_{iv}/\sqrt{n}} \tag{2}$$

Donde s_{iv} representa la desviación estándar del encadenamiento de la actividad i en la dirección v y n representa el número de periodos analizados. Se establecerá un nivel de significancia del 5 %, correspondiente a un intervalo de confianza del 95 %. De este modo, la hipótesis nula (H_0) plantea que la media de los encadenamientos no es significativamente diferente de 1, mientras que la hipótesis alternativa (H_1) indica que los encadenamientos son significativamente mayores a 1.

3.3. Análisis de tendencia: regresión estadística

El objetivo principal de esta sección es extrapolar los patrones de evolución determinística de los encadenamientos, tanto hacia adelante como hacia atrás, por lo que se estructuraron especificaciones para cada una de las actividades económicas en función de un regresor t tal que $t = 0$ en el año 2009, específicamente:

$$Y_{ivt} = Y_{iv2009} + \beta_{iv}t + \varepsilon_{ivt} \quad (3)$$

Donde Y_{ivt} corresponde al encadenamiento de la actividad i , del periodo t con la dirección v (hacia adelante o hacia atrás) y ε_{ivt} el termino de error. La significancia del regresor β_{iv} se interpreta como un patrón lineal de evolución que indicará si el encadenamiento muestra una evolución creciente o decreciente a lo largo del tiempo.

Para validar la hipótesis de comportamiento determinista lineal en las tendencias de los encadenamientos, se realizarán pruebas de ruido blanco a los residuos de las especificaciones resultantes. La lógica tras estas pruebas responde a la metodología estándar para evaluar regresiones en series de tiempo. Según Box y Pierce (1970), si el modelo está correctamente especificado, entonces la autocorrelación de los residuos debería ser igual a 0. Bajo esta premisa, se evaluará si los residuos presentan autocorrelación mediante la aplicación de una prueba de Portmanteau con el estimador de Ljung-Box (Ljung & Box, 1978):

$$Q = n(n+2) \sum_{i=1}^k r_i^2 \quad (4)$$

Donde n es la cantidad de observaciones, k son la cantidad de rezagos evaluados y r_i es la autocorrelación del residuo con su rezago i . Este estimador Q de Ljung-Box tiene una distribución χ^2 con k grados de libertad. La hipótesis nula de la prueba de Portmanteau establece que todas las autocorrelaciones son iguales a 0, mientras que la hipótesis alternativa indica que al menos una de las

autocorrelaciones es diferente de 0. Por lo tanto, no rechazar la hipótesis nula será una señal favorable para la especificación de tendencia determinística.

Además del estimador de autocorrelación de Ljung-Box, se evaluará otra característica fundamental de las series de ruido blanco: que cada observación tenga la misma distribución probabilística. Para ello, se utilizará el estimador de Bartlett, cuya hipótesis nula establece que la distribución de los residuos sigue una distribución normal (Bartlett, 1967).

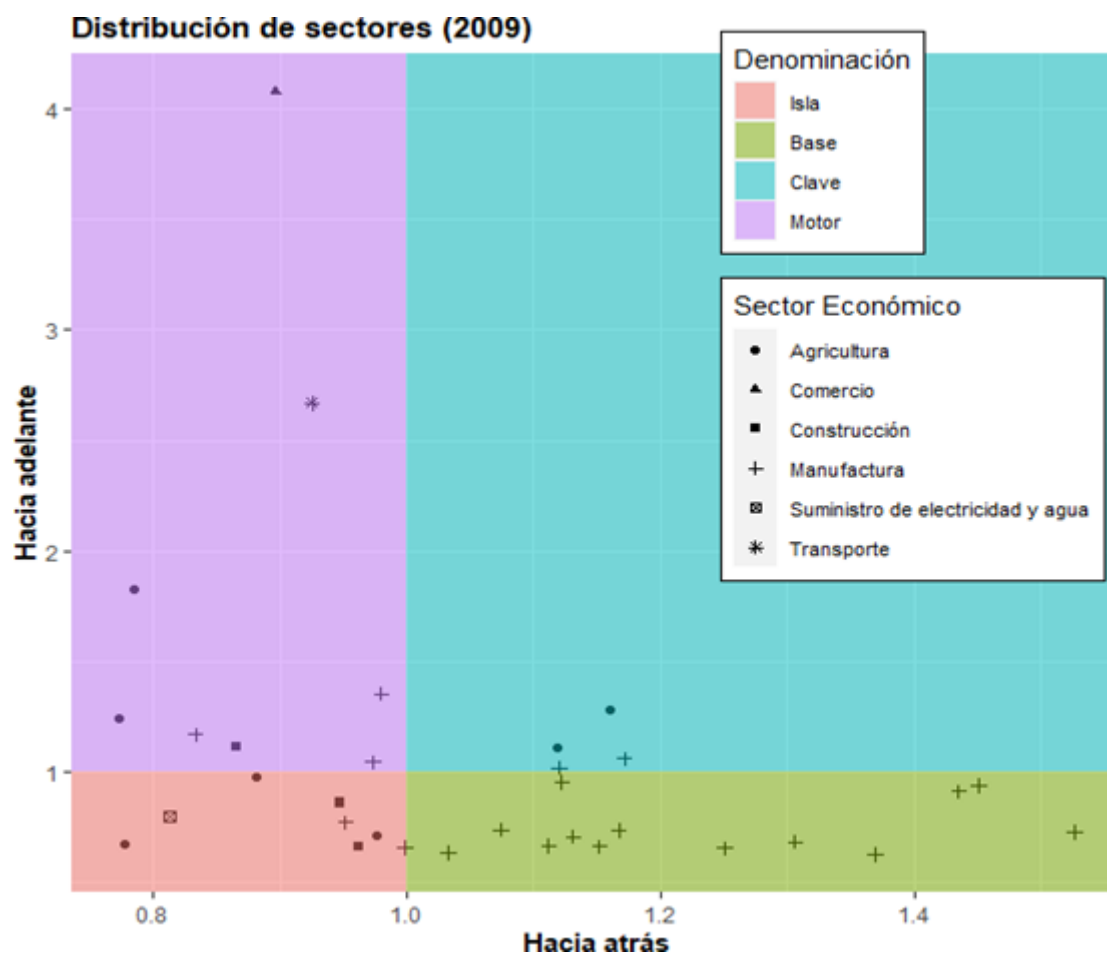
La interpretación de los resultados del análisis de regresión permitirá identificar la tendencia de los encadenamientos económicos en Ecuador durante el periodo 2009-2019. Si el coeficiente de tendencia (β_{iv}) es positivo y significativo, se concluirá que el encadenamiento ha mostrado un crecimiento a lo largo del tiempo, mientras que, si es negativo y significativo, se inferirá que el encadenamiento ha disminuido en el periodo analizado. En caso de que β_{iv} no sea estadísticamente significativo, no se evidenciará una tendencia clara en los encadenamientos sectoriales. Este análisis complementará la prueba de hipótesis, proporcionando una evaluación más detallada de la evolución histórica de los encadenamientos económicos y permitiendo identificar los sectores con mayores encadenamientos dentro de la economía ecuatoriana, lo que servirá como base para la formulación de políticas económicas y estrategias de desarrollo sectorial.

3.4. Resultados y limitaciones

Este estudio pretende generar insumos para que, por medio de la política pública, se prioricen los sectores con mayor influencia en la actividad económica. En ese sentido, la investigación dimensiona los encadenamientos normalizados más importantes tanto hacia atrás como hacia adelante en Ecuador utilizando las matrices insumo-producto, industria por industria, para el periodo 2009-2019 reportadas por el Banco Central de Ecuador (BCE, 2021). En particular, esta investigación utiliza los coeficientes de Rasmussen para priorizar los sectores según la tipología isla, base, clave y motor.

La figura 1 muestra que el origen de las actividades con mayores encadenamientos, tanto hacia atrás como hacia adelante, se concentra en los sectores agrícola y manufacturero, mientras que los sectores motores se ubican principalmente en el comercio, el transporte, la agricultura, la construcción y la manufactura.

Figura 1. Distribución de los sectores de acuerdo con sus cuadrantes en línea base (2009)



Fuente: MIP 2009-2019 (BCE, 2019)

Elaboración: propia

En el marco del análisis cuantitativo, se consideraron 33 actividades económicas distribuidas en seis sectores, abarcando el periodo 2009-2019 y resultando en 363 observaciones con información completa de los encadenamientos hacia atrás y hacia adelante. Dentro de estos sectores, el manufacturero destaca con 20 actividades, seguido de la agricultura (7), la construcción (3) y, en menor medida, el transporte, el suministro de electricidad y agua, y el comercio (1 actividad cada uno). La selección de las actividades se fundamentó en el criterio de encadenamientos, priorizando aquellas con un valor superior a la unidad en ambas direcciones, así como aquellas con fuertes encadenamientos hacia atrás o hacia adelante.

Tabla 1. Tabla de estadísticos descriptivos por sector (2009-2019)
Encadenamiento

	Total	Hacia atrás	Hacia adelante
Sector manufactura			
Media	1,00	1,16	0,84
Min	0,63	0,78	0,63
Max	1,53	1,53	1,36
Desv. estándar	0,24	0,18	0,19
Observaciones	440	220	220
Sector construcción			
Media	0,91	0,93	0,89
Min	1,17	0,87	0,66
Max	0,66	0,99	1,17
Desv. estándar	0,13	0,04	0,18
Observaciones	66	33	33
Sector electricidad y agua			
Media	0,82	0,84	0,80
Min	0,80	0,81	0,80
Max	0,87	0,87	0,81
Desv. estándar	0,02	0,02	0,00
Observaciones	22	11	11
Sector transporte			
Media	1,79	0,95	2,63
Min	0,93	0,93	2,55
Max	2,71	0,97	2,71
Desv. estándar	0,04	0,01	0,06
Observaciones	22	11	11
Sector agricultura			
Media	1,04	0,94	1,14
Min	0,68	0,76	0,68
Max	2,01	1,28	2,01
Desv. estándar	0,32	0,17	0,39
Observaciones	154	77	77
Sector comercio			
Media	2,36	0,90	3,81
Min	0,89	0,89	3,61
Max	4,08	0,91	4,08
Desv. estándar	0,06	0,01	0,15
Observaciones	22	11	11

Fuente: MIP 2009-2019 (BCE, 2019)

Elaboración: propia

Los estadísticos descriptivos muestran indicios del comportamiento de los sectores manufactura, construcción, electricidad y agua, transporte, agricultura, y comercio. En ese sentido, se observa que el sector con un mayor encadenamiento hacia atrás es el sector de manufactura (1,16). Mientras que los sectores con un mayor encadenamiento medio hacia adelante son el comercio (3,81), la agricultura (1,14) y el transporte (2,63).

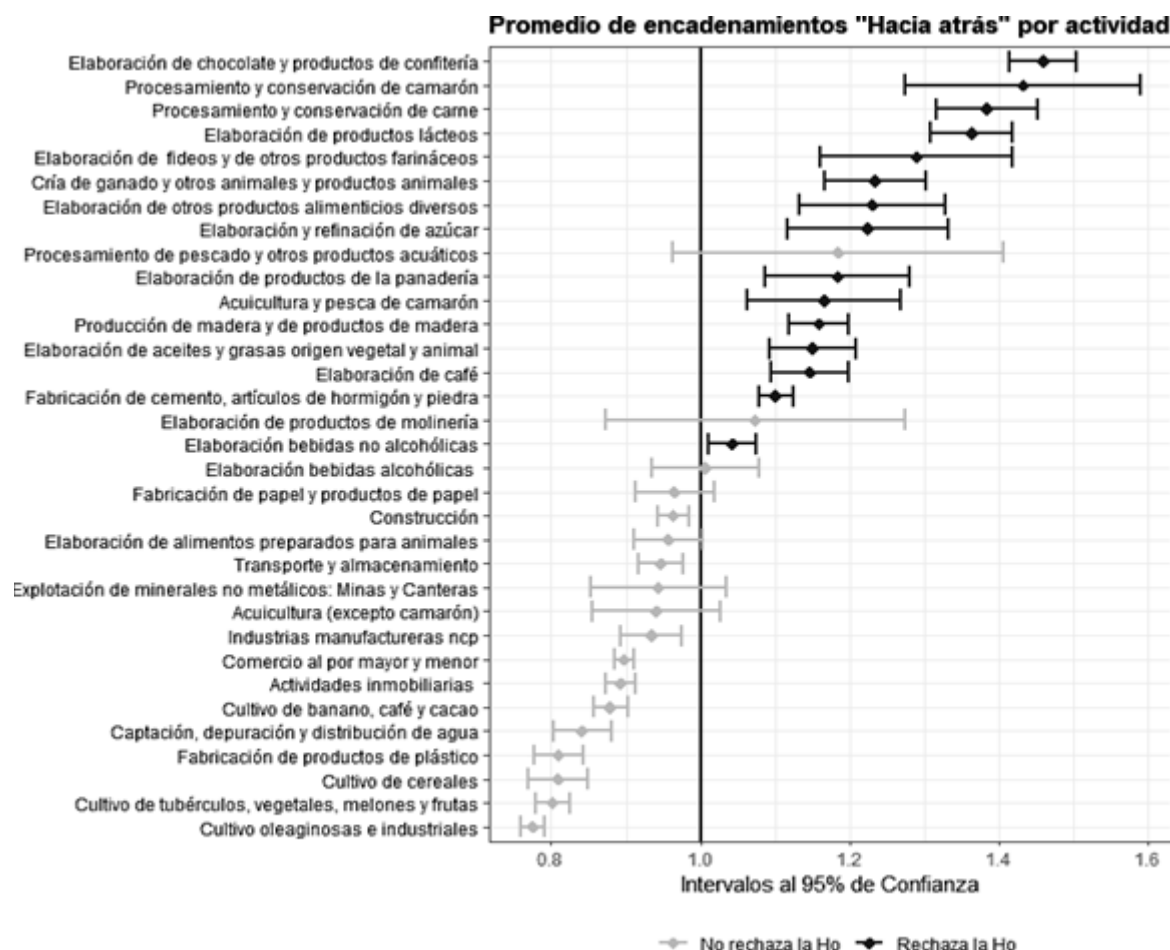
Los valores descritos en la tabla 1 son normalizados, es decir, que, cuando su valor nominal supere la unidad, se considera que posee un multiplicador con una incidencia mayor a uno en la economía. Por lo tanto, el indicador deseado debería presentar una variación superior a la unidad. Dentro de los datos analizados (2009-2019), los sectores de agricultura (1,28) y manufactura (1,53) han alcanzado un pico mayor a la unidad, lo que induce que, a pesar de que en promedio solo el encadenamiento hacia atrás de la manufactura haya superado la unidad, la agricultura tiene potencial para emular este comportamiento.

Por otro lado, en cuanto a los encadenamientos hacia adelante, se observa que el comercio (4,08), transporte (2,71), agricultura (2,01), manufactura (1,36) y construcción (1,17) poseen un multiplicador máximo del producto que supera la unidad. Dentro de estos sectores solo la construcción no supera la unidad en los encadenamientos medios hacia adelante; no obstante, su máximo refleja que posee una potencialidad para lograrlo.

Como se menciona en este apartado, algunos sectores, a pesar de no alcanzar una media mayor a la unidad en sus encadenamientos hacia atrás y hacia adelante, poseen máximos que muestran indicios de su potencialidad para lograrlo. En ese sentido, se recomienda en estudios posteriores analizar el contexto de estos sectores para cada periodo (máximo). Por consiguiente, se considera que el análisis recomendado generará pautas de las posibles acciones para estimular estos sectores y su influencia en la economía.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos a partir de la prueba de hipótesis, para ver si los encadenamientos económicos, tanto hacia adelante como hacia atrás, son significativamente mayores a 1.

Figura 2. Intervalo de confianza por actividad para encadenamientos hacia atrás

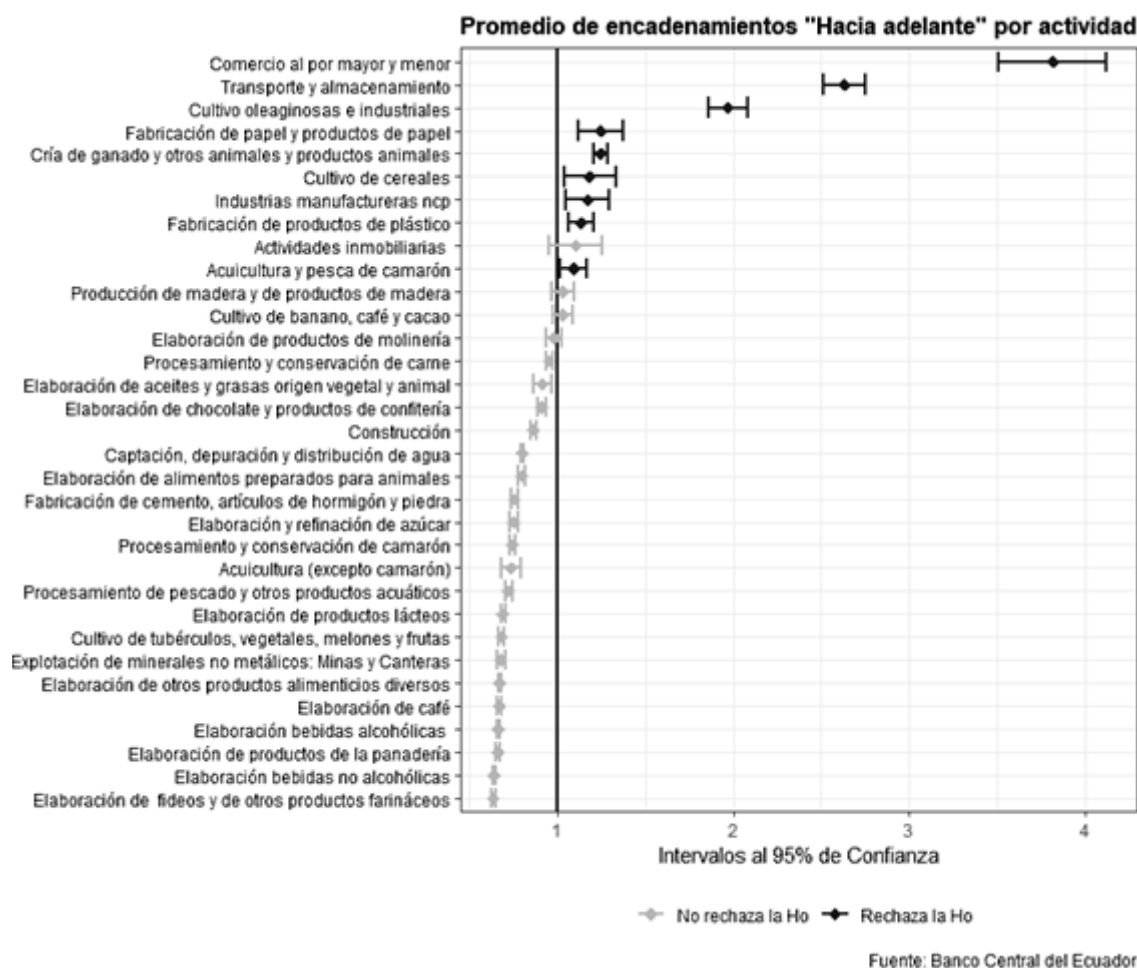


Fuente: MIP 2009-2019 (BCE, 2019)

Elaboración: propia

En la figura 2 se observa la media de los encadenamientos hacia atrás con su respectivo intervalo de confianza al 95 % para cada actividad económica. Los intervalos que estén en su totalidad a la derecha del umbral fijado en 1 son aquellas actividades donde se rechaza la hipótesis nula de la ecuación 1. La interpretación de esta condición es que aquellas actividades que rechazan la hipótesis nula pueden considerarse consistentemente como sectores clave o motores de la economía. Entre las actividades que rechazan la hipótesis nula, las actividades más representativas (con una media más alta) se encuentran la elaboración de productos de confitería, procesamiento y conservación de camarón, procesamiento y conservación de carne, etc.

Figura 3. Intervalo de confianza por actividad para encadenamientos hacia adelante



Fuente: MIP 2009-2019 (BCE, 2019)

Elaboración: propia

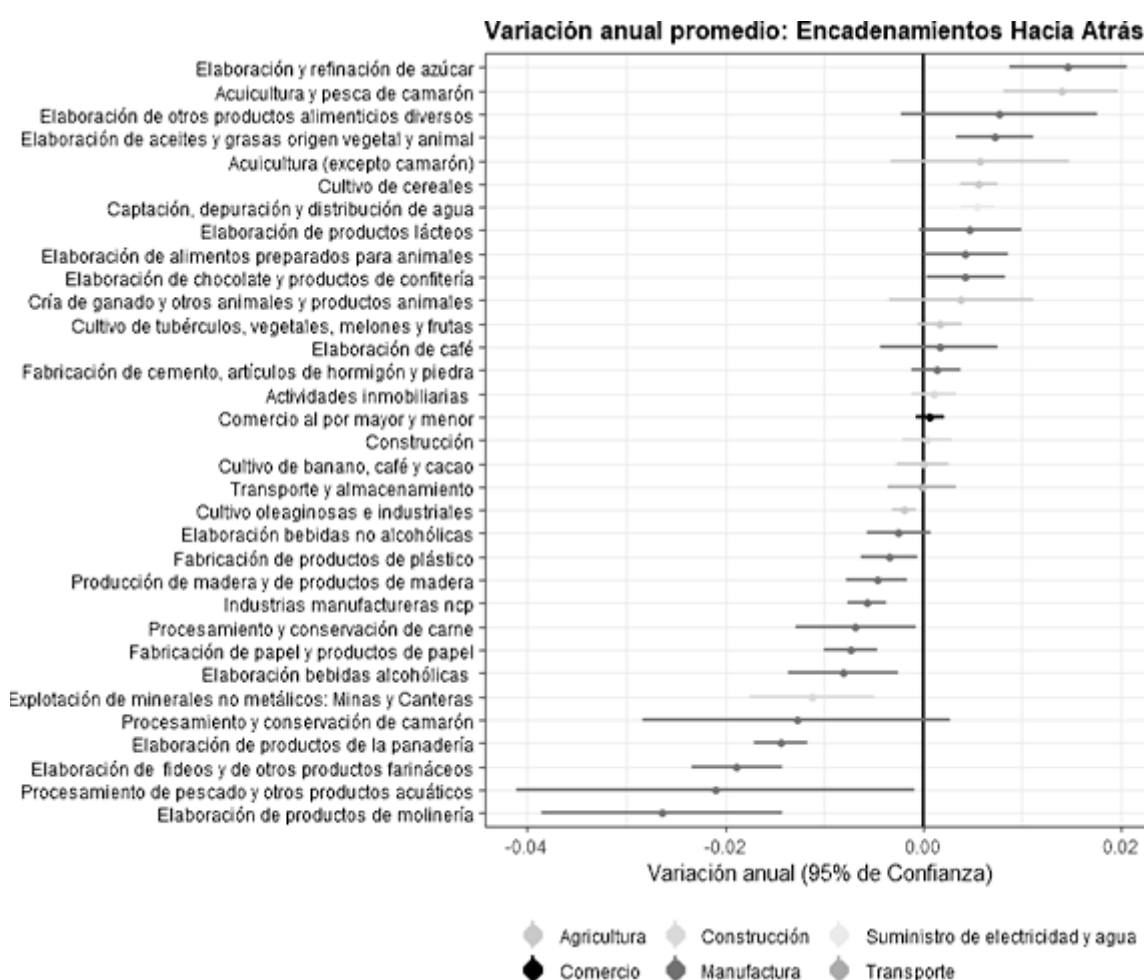
La figura 3 provee la información sobre las medias de los encadenamientos hacia adelante y sus intervalos de confianza al 95 %. A su vez, el gráfico denota que las actividades resaltadas en negro son aquellas que tienen una influencia media significativamente estadística superior a la unidad, lo que las ubica como sectores clave o motor. Dentro de las actividades que destacan por un alto encadenamiento hacia adelante se encuentra el comercio al por mayor y menor, transporte y almacenamiento; y cultivo de oleaginosas e industriales. Estos sectores en conjunto con los demás que rechazan la hipótesis nula de la ecuación 1 son consistentemente representativos en su cualidad de proveedor de insumos para la producción.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos mediante la aplicación de la metodología para extrapolar los patrones de evolución determinística de los encadenamientos económicos. Mediante la ecuación 3 se ha analizado la evolución de cada actividad, considerando el año 2009 como punto de partida.

La significancia y el signo del coeficiente β_{iv} revelan patrones lineales de crecimiento o contracción, proporcionando información clave para orientar la priorización de inversiones y la formulación de políticas públicas en los sectores evaluados.

En la figura 4 y en la figura 5 se presentan los coeficientes betas resultantes de cada una de las regresiones, con su respectivo intervalo al 95 % de confianza. Si el intervalo de confianza del coeficiente no contempla el umbral de 0, se interpreta que el coeficiente es significativo a un nivel de significancia del 5 %; por tanto, su evolución posee patrones deterministas lineales.

Figura 4. Coeficiente beta por actividad para encadenamientos hacia atrás



Fuente: MIP 2009-2019 (BCE, 2019)

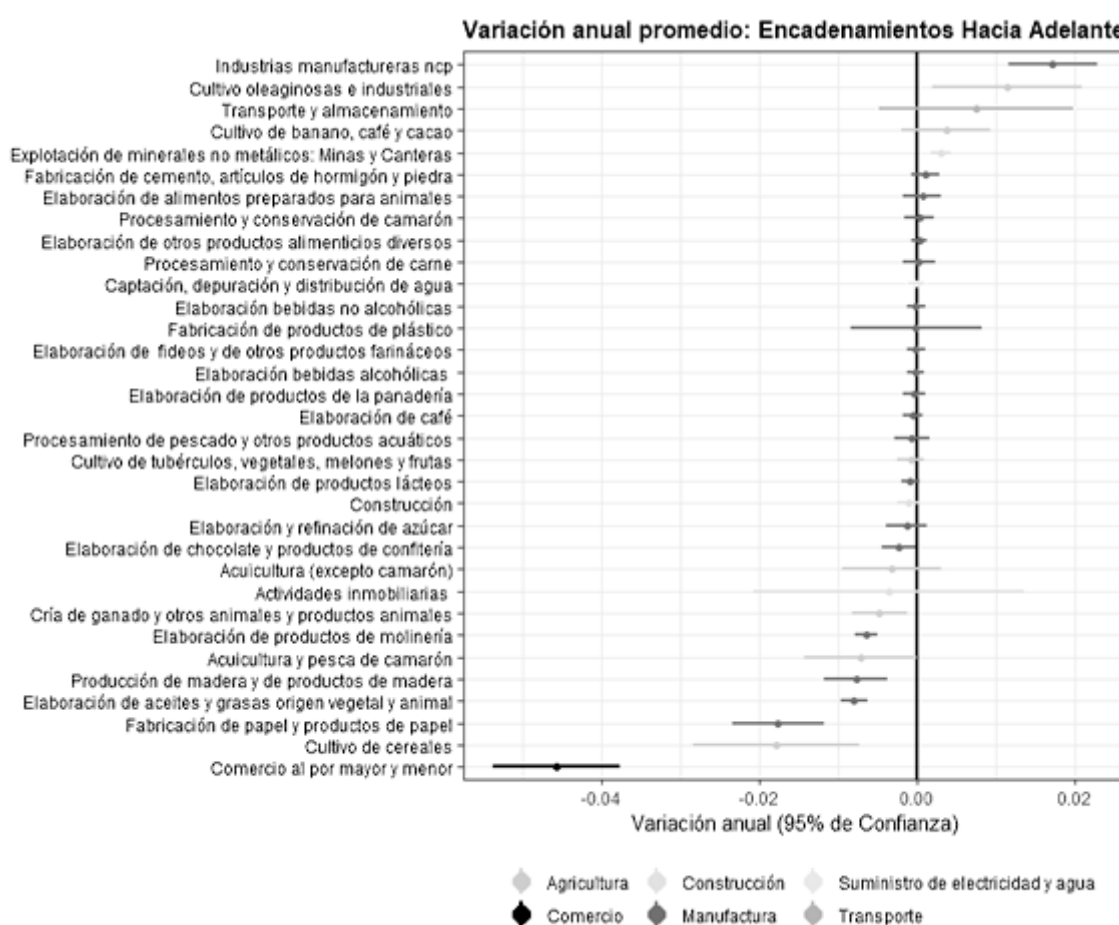
Elaboración: propia

Tal como se observa en la figura 4, el sector de elaboración de productos de molinería es el sector con mayor tasa de decrecimiento promedio, es decir, es la actividad económica que más ha perdido su cualidad de demandante de

insumos primarios al resto de industrias locales. Las 4 actividades económicas más afectadas corresponden al sector de la manufactura, estas actividades poseen coeficientes de variación anual significativas al 5 % de significancia estadística. En el extremo opuesto, la actividad de elaboración y refinación de azúcar es la actividad con mayor crecimiento promedio anual; es decir, en los últimos años el consumo de insumos locales por parte de esta actividad ha aumentado significativamente.

En la figura 5 se puede observar una caída importante al 5 % de significancia estadística en el sector comercio, cultivo de cereales, fabricación de papel, entre otras. Estos sectores han dejado de suministrar recursos a niveles de proveedores finales. Por el lado contrario, las industrias manufactureras “no clasificadas previamente”, cultivo de oleaginosas y explotación de minas de no metales son las actividades que más se han expandido en el suministro de bienes intermedios, mostrando una variación estadísticamente significativa al 5 %.

Figura 5. Coeficiente beta por actividad para encadenamientos hacia adelante

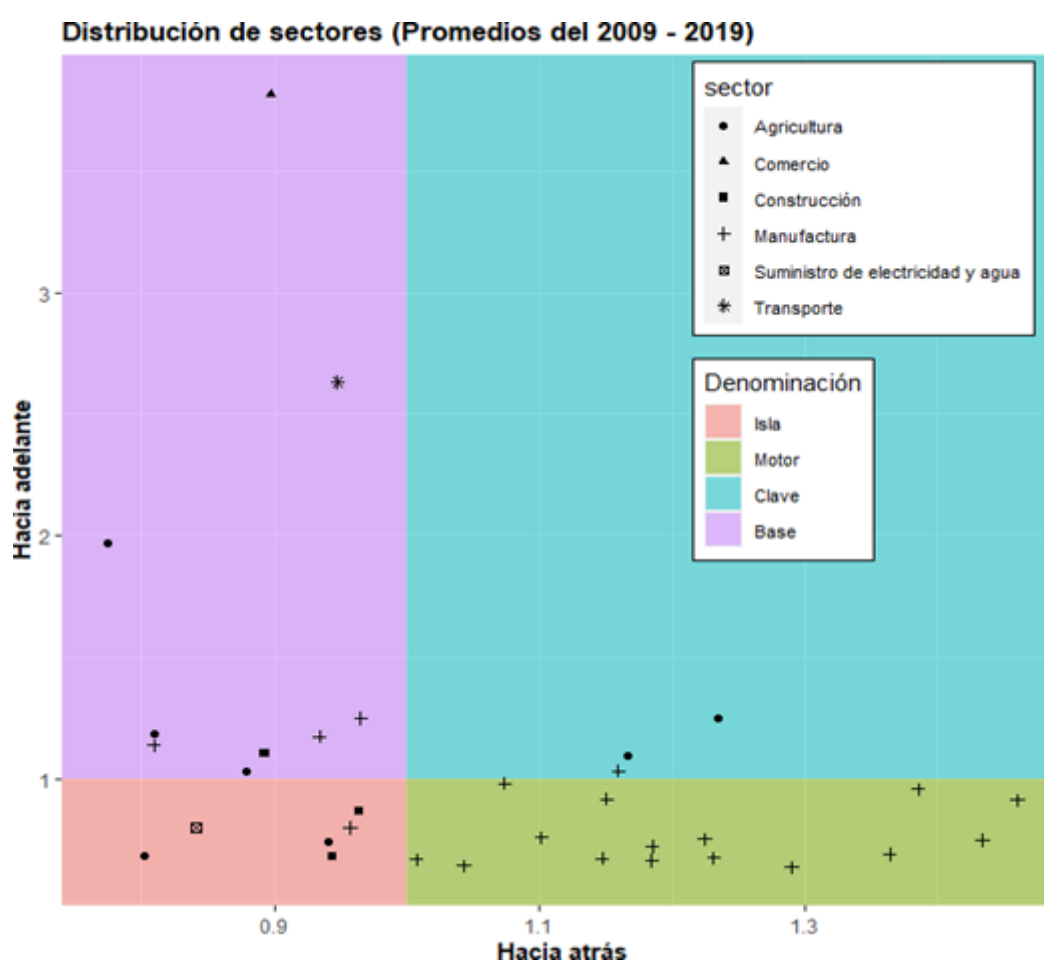


Fuente: MIP 2009-2019 (BCE, 2019)

Elaboración: propia

Para poder ofrecer información relevante y de calidad a los tomadores de decisiones, se integraron los dos enfoques propuestos para ofrecer una visión general de las características que poseen las actividades económicas de interés en el periodo analizado. El objetivo de esta integración de enfoques es delimitar el análisis exclusivamente en las actividades que se conoce que poseen encadenamientos mayores a la unidad; es decir, que se caracterizan por su calidad de demandante u oferente de insumos y describir su comportamiento a lo largo del periodo de estudio.

Figura 6. Distribución de los sectores de acuerdo con sus cuadrantes



Fuente: MIP 2009-2019 (BCE, 2019)

Elaboración: propia

En la figura 6 se muestra la distribución de las medias de los encadenamientos en los diferentes cuadrantes diferenciados por sector económico. En la tabla 2 se detallan las actividades con uno o ambos encadenamientos estadísticamente mayores a 1 y distribuidos por sector productivo. De esta

manera, se determina que existen solo 2 actividades clave, 13 actividades motor y 7 actividades base.

Tabla 2. Actividades con encadenamientos estadísticamente significativos mayor a la unidad

Motor
Elaboración de bebidas no alcohólicas
Elaboración de fideos y de otros productos farináceos
Elaboración de aceites y grasas origen vegetal y animal
Elaboración de café
Elaboración de chocolate y productos de confitería
Elaboración de otros productos alimenticios diversos
Elaboración de productos de la panadería
Elaboración de productos lácteos
Elaboración y refinación de azúcar
Fabricación de cemento, artículos de hormigón y piedra
Procesamiento y conservación de camarón
Procesamiento y conservación de carne
Producción de madera y de productos de madera
Base
Comercio al por mayor y menor
Cultivo de cereales
Cultivo oleaginosas e industriales
Fabricación de papel y productos de papel
Fabricación de productos de plástico
Industrias manufactureras NCP
Transporte y almacenamiento
Clave
Acuicultura y pesca de camarón
Cría de ganado y otros animales y productos animales

Fuente: MIP 2009-2019 (BCE, 2019)

Elaboración: propia

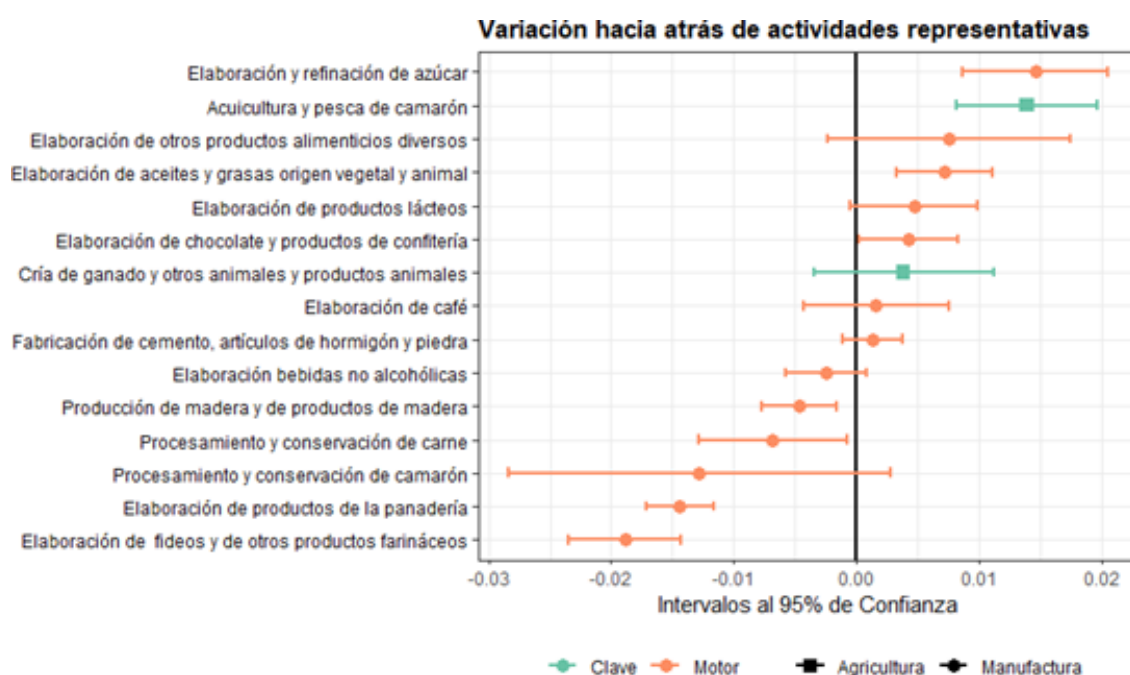
En la figura 7 se muestran las tendencias de los encadenamientos hacia atrás solo de aquellas actividades con significancia estadística. Las actividades con variación positiva son elaboración y refinación de azúcar; acuicultura y pesca de camarón (clave), y elaboración de aceites y grasas. Mientras que las actividades con variación negativa en el tiempo son producción de madera, procesamiento y conservación de carne, elaboración de productos de panadería, y elaboración de fideos y otros productos farináceos, estas actividades destacan por su demanda interna de insumos y evidencian decrecimiento en los

últimos años. Las actividades mencionadas presentan en todos los casos una media en sus encadenamientos hacia atrás mayor a la unidad, lo cual genera evidencia de su potencial estímulo hacia los otros sectores de la economía. El decrecimiento de la actividad mencionada representa un potencial margen de acción para que los tomadores de decisiones estimulen su recuperación a través de la política pública.

Este decrecimiento puede atribuirse a varios factores coyunturales que influyen en la economía ecuatoriana. Por ejemplo, la fluctuación de los precios globales de las materias primas ha impactado la competitividad de sectores como la producción de madera y la elaboración de productos de panadería (Banco Central del Ecuador, 2021). En este contexto, el informe del Ministerio de Agricultura y Ganadería (2020) señala que la disminución de la demanda internacional y el aumento de los costos de producción han afectado negativamente a estos sectores. Por otro lado, los cambios tecnológicos en la industria alimentaria han permitido una mayor eficiencia en la refinación de azúcar, lo que ha llevado a un crecimiento en esa área específica, contrastando con la disminución en otros sectores (Ministerio de Producción, Comercio Exterior, Inversiones y Pesca, 2021). Un análisis más profundo de estas causas permitiría una comprensión más completa de las dinámicas económicas en juego.

Las actividades mencionadas presentan, en todos los casos, una media en sus encadenamientos hacia atrás mayor a la unidad, lo cual genera evidencia de su potencial estímulo hacia los otros sectores de la economía. Este decrecimiento representa un margen de acción para que los tomadores de decisiones estimulen la recuperación de los sectores en declive a través de políticas públicas orientadas a la diversificación económica. Se recomienda la implementación de programas de capacitación y financiamiento que faciliten la modernización tecnológica y la reorientación de la producción hacia bienes con alta demanda en el mercado interno y externo. Tal como sugiere el Banco Interamericano de Desarrollo (2021), es fundamental que las políticas públicas se enfoquen en la sostenibilidad y la innovación para promover un crecimiento inclusivo y resiliente.

Figura 7. Tendencia de encadenamientos hacia atrás en actividades Clave o Motor



Fuente: MIP 2009-2019 (BCE, 2019)

Elaboración: propia

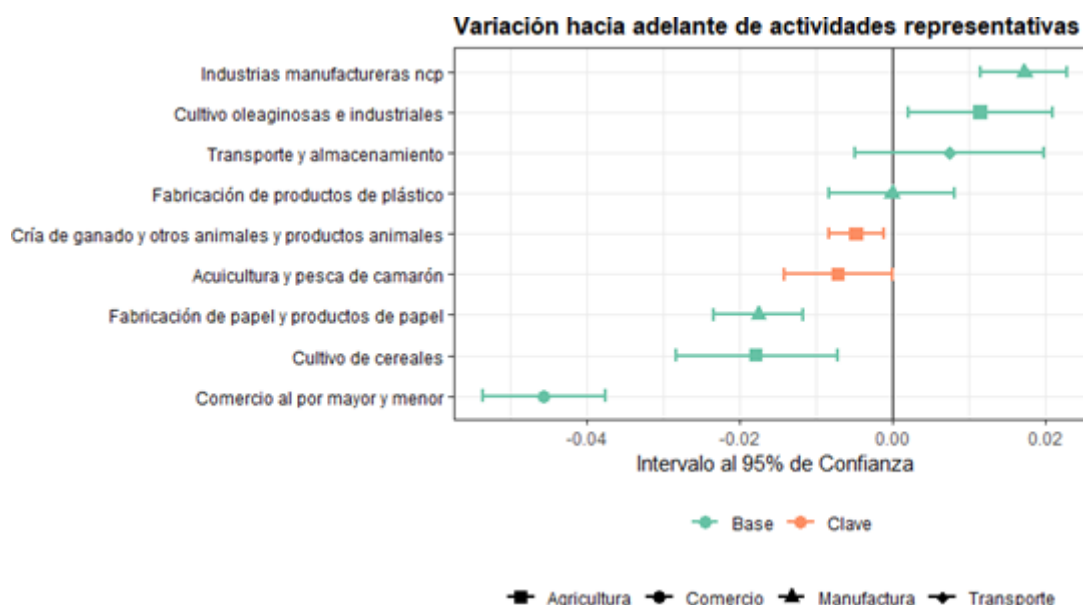
Finalmente, en la figura 8 se observan las variaciones promedias de los encadenamientos hacia adelante. Los sectores que experimentaron una evolución positiva son las industrias manufactureras “no clasificadas previamente”, y el cultivo oleaginosas e industriales; estos sectores están tomando fuerza como actividades oferentes de insumos para el resto de la economía. Mientras que las actividades con decrecimiento significativamente estadístico menor a la unidad son cría de ganado (sector clave), fabricación de papel, cultivo de cereales y el comercio al por mayor/menor. Las actividades con decrecimiento presentan un margen de acción importante para que los tomadores de decisión estimulen su recuperación a través de la política pública.

Al comparar estos encadenamientos productivos con los de otros países latinoamericanos, se pueden obtener valiosas perspectivas sobre prácticas efectivas de política pública. Por ejemplo, en Brasil, la implementación de políticas de incentivo para la agroindustria ha permitido un crecimiento sostenido en sectores como la producción de soja y la ganadería, donde las inversiones en tecnología y capacitación han resultado en una mayor eficiencia y competitividad (Instituto Brasileño de Geografía y Estadística, 2021). En contraste, Ecuador ha experimentado un crecimiento más irregular en su sector agrícola, evidenciado por la inestabilidad en los precios de productos como la madera y la producción de panadería, lo que sugiere la necesidad de fortalecer políticas de soporte que promuevan la diversificación y el valor agregado (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2020).

Un análisis comparativo más detallado podría incluir la evaluación de cómo la diversificación de la producción agroindustrial en Chile ha contribuido a su resiliencia económica, especialmente durante crisis económicas globales. Según la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (2020), Chile ha logrado diversificar sus exportaciones y aumentar su competitividad a través de la promoción de sectores como la fruta fresca y el vino, lo que ha permitido que su economía se mantenga robusta frente a fluctuaciones externas. Estas lecciones son particularmente relevantes para Ecuador, donde la dependencia de pocos productos de exportación, como el camarón y el petróleo, puede ser un factor de vulnerabilidad.

Además, la experiencia de Colombia en la implementación de cadenas de valor integradas en el sector agrícola, particularmente en el café y las flores, resalta la importancia de las alianzas entre los sectores público y privado para optimizar los encadenamientos productivos (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia, 2021). Estas políticas han llevado a un aumento significativo en la calidad y la sostenibilidad de la producción, lo cual podría ser un modelo por seguir para Ecuador, que enfrenta desafíos similares en sus cadenas de suministro.

Figura 8. Tendencia de encadenamientos hacia adelante en actividades base o motor



Fuente: MIP 2009-2019 (BCE, 2019)

Elaboración: propia

En resumen, los resultados permiten concluir que la estructura productiva ecuatoriana ha experimentado transformaciones relevantes durante la última década. En línea con los objetivos planteados en esta investigación,

dos hipótesis orientan este análisis: la primera sostiene que ha habido una creciente concentración de encadenamientos en sectores no tradicionales, es decir, aquellos que se alejan del patrón histórico centrado en la agricultura básica y la extracción de petróleo; la segunda plantea que los sectores con altos encadenamientos tanto hacia adelante como hacia atrás tienen mayor potencial para convertirse en ejes estratégicos dentro de una agenda de reactivación y diversificación económica, debido a su efecto multiplicador sobre el resto del sistema productivo.

Estas hipótesis se sustentan en marcos conceptuales, como la tipología de Rasmussen (1956), que permite clasificar a los sectores en función de su grado de interconexión. Aquellos que presentan encadenamientos superiores al promedio en ambas direcciones son considerados sectores clave, al actuar simultáneamente como proveedores y demandantes de insumos en la red productiva. Los hallazgos del estudio confirman la existencia de sectores con este perfil, como la acuicultura y pesca de camarón, y la cría de ganado, cuyas características se validaron empíricamente mediante pruebas *t* de significancia.

El análisis de tendencias con base en regresiones lineales revela, además, un crecimiento sostenido en los niveles de encadenamiento de actividades como la elaboración y refinación de azúcar, las industrias manufactureras no clasificadas previamente y el cultivo de oleaginosas e industriales. Estas dinámicas reflejan una transformación estructural en curso, caracterizada por la emergencia de actividades con mayor complejidad productiva y mayor capacidad de arrastre en el sistema económico. En contraste, sectores tradicionales como la elaboración de productos de molinería o el comercio al por mayor y menor muestran una pérdida de relevancia, tanto en términos de encadenamientos como en su capacidad de generar efectos positivos sobre otras ramas de la economía.

Este comportamiento puede explicarse por factores coyunturales como el avance tecnológico, los cambios en la demanda global, la incorporación de nuevos hábitos de consumo o la pérdida de competitividad frente a sectores más integrados. Por ejemplo, la disminución sostenida en los encadenamientos de productos de molinería puede estar asociada a una mayor dependencia de importaciones o a una reconfiguración de los patrones alimentarios. Por el contrario, el fortalecimiento del sector de refinación de azúcar parece vinculado con procesos de modernización productiva y una mejor articulación con otras actividades económicas.

A nivel regional, los resultados de Ecuador presentan similitudes con patrones observados en economías latinoamericanas como Colombia y Perú, donde también se ha identificado una reconcentración de encadenamientos en sectores agroindustriales emergentes. Estudios de CEPAL (2016) y Vázquez López (2024) destacan que estos sectores, cuando están integrados a cadenas productivas robustas, tienden a consolidarse como motores del crecimiento. Estas coincidencias refuerzan la validez de los hallazgos y subrayan la

importancia de fortalecer capacidades tecnológicas, infraestructura y marcos institucionales que faciliten la integración sectorial.

En este contexto, los resultados del presente estudio no solo validan empíricamente las hipótesis planteadas, sino que también ofrecen orientaciones útiles para la formulación de políticas públicas. La identificación de sectores con encadenamientos crecientes y significativos constituye una base sólida para promover un desarrollo económico más diversificado, menos dependiente de sectores tradicionales y mejor adaptado a las exigencias de una economía interconectada y cambiante.

4. CONCLUSIONES Y DISCUSIÓN

La presente investigación proporciona una visión integral de la estructura productiva del país, utilizando la metodología de la matriz insumo-producto (MIP) para identificar los sectores con mayor capacidad de dinamización económica. A través de un análisis detallado de los encadenamientos hacia adelante y hacia atrás, este trabajo no solo contribuye a la comprensión de las interdependencias sectoriales en Ecuador, sino que también ofrece insumos valiosos para la formulación de políticas públicas orientadas a la reactivación y diversificación económica.

Los resultados del estudio revelan que los sectores de agricultura, manufactura, comercio y transporte son los que presentan los mayores encadenamientos productivos, tanto hacia adelante como hacia atrás. Estos sectores no solo tienen un impacto directo en la producción y el empleo, sino que también generan efectos multiplicadores significativos en otros sectores de la economía. Por ejemplo, la agricultura, además de ser un proveedor clave de insumos para la industria alimentaria, también demanda una gran cantidad de insumos de otros sectores, lo que la convierte en un motor de crecimiento económico. Por otro lado, el comercio y el transporte, aunque no son intensivos en la demanda de insumos, desempeñan un papel crucial en la provisión de bienes y servicios intermedios para otros sectores, lo que los posiciona como sectores clave en la estructura productiva del país.

Además, el estudio identifica tendencias temporales en los encadenamientos productivos. Sectores como la elaboración de productos de molinería han experimentado una disminución en su capacidad de generar encadenamientos hacia atrás, lo que sugiere una pérdida de relevancia en la demanda de insumos locales. Por el contrario, sectores como la elaboración y refinación de azúcar han mostrado un crecimiento significativo en su capacidad de arrastre, lo que indica una mayor integración con otros sectores de la economía. Estas tendencias son cruciales para entender cómo ha evolucionado la estructura productiva del país en la última década y para anticipar futuros desafíos y oportunidades.

Los hallazgos de este estudio tienen importantes implicaciones para la política económica en Ecuador. En primer lugar, la identificación de sectores con altos encadenamientos productivos sugiere que las políticas públicas deberían priorizar la inversión en estos sectores, ya que tienen un mayor potencial para impulsar el crecimiento económico y generar empleo. Por ejemplo, la promoción de la agricultura y la manufactura no solo beneficiaría a estos sectores, sino que también tendría un efecto positivo en otros sectores que dependen de ellos para la provisión de insumos.

En segundo lugar, el estudio resalta la importancia de fortalecer los encadenamientos productivos en sectores que han mostrado una disminución en su capacidad de arrastre, como la elaboración de productos de molinería. Esto podría lograrse a través de políticas que fomenten la innovación tecnológica, la mejora de la productividad y la integración de estos sectores con otros más dinámicos. Además, es fundamental promover la diversificación de la matriz productiva, reduciendo la dependencia de sectores tradicionales y fomentando el desarrollo de nuevas actividades económicas con mayor valor agregado.

Desde una perspectiva más amplia, este trabajo contribuye al fortalecimiento del análisis estructural en economías en desarrollo, al demostrar la utilidad del enfoque de encadenamientos productivos como herramienta para identificar sectores estratégicos que pueden acelerar la recuperación económica. La evidencia generada respalda los enfoques heterodoxos que proponen una planificación productiva más selectiva e interconectada, especialmente en contextos latinoamericanos donde la diversificación sigue siendo un desafío central (Cimoli, Dosi & Stiglitz, 2009).

Si bien este estudio proporciona una base sólida para el análisis de los encadenamientos productivos en Ecuador, es importante reconocer sus limitaciones. En primer lugar, el análisis se basa en datos históricos (2009-2019), por lo que no captura los impactos de eventos recientes, como la pandemia de COVID-19, que ha tenido efectos significativos en la estructura productiva del país. Futuras investigaciones podrían ampliar el periodo de estudio para incluir estos eventos y analizar cómo han afectado los encadenamientos productivos.

Además, el estudio se centra en el análisis a nivel nacional, lo que limita la capacidad de identificar diferencias regionales en los encadenamientos productivos. Futuros estudios podrían desagregar el análisis a nivel provincial o regional, lo que permitiría identificar sectores clave en diferentes áreas del país y diseñar políticas más específicas. De igual forma, sería relevante integrar variables de sostenibilidad ambiental y tecnológica, con el fin de evaluar cómo los encadenamientos productivos pueden alinearse con una transición hacia modelos económicos más sostenibles e innovadores.

Por otro lado, la elección de la metodología insumo-producto responde a su capacidad para representar con claridad las interrelaciones sectoriales dentro de la estructura económica nacional, lo que la convierte en una herramienta especialmente útil para identificar sectores estratégicos. No obstante, se reconoce que futuras investigaciones podrían complementar estos hallazgos

con otros enfoques, como modelos de equilibrio general o análisis estructurales alternativos, que permitan ampliar la comprensión de los encadenamientos productivos desde distintas perspectivas.

En conclusión, este estudio demuestra que la metodología de la matriz insumo-producto (MIP) es una herramienta poderosa para analizar las interrelaciones económicas y diseñar políticas públicas basadas en evidencia empírica. Los resultados del estudio no solo contribuyen a la literatura académica sobre el desarrollo económico en América Latina, sino que también proporcionan insumos valiosos para los tomadores de decisiones en Ecuador. Al priorizar sectores con altos encadenamientos productivos y promover la diversificación de la matriz productiva, Ecuador puede fortalecer su resiliencia económica y avanzar hacia un desarrollo más sostenible e inclusivo.

Finalmente, este trabajo subraya la importancia de continuar investigando los encadenamientos productivos en el contexto de una economía global cada vez más interconectada. La integración de Ecuador en cadenas de valor globales y regionales, así como la adopción de nuevas tecnologías, serán factores clave para asegurar un crecimiento económico sostenible en el futuro.

BIBLIOGRAFÍA

- Aymes, J. F. L. (2014). Encadenamientos productivos en el sureste de Asia: integración a las redes globales con empresas locales. *Mundo Asia Pacífico*, 3(5), 24–51.
- Bartlett, M. S. (1967). Some Remarks on the Analysis of Time-Series. *Biometrika*, 54, 25–38.
- Banco Central del Ecuador (BCE). (2021). *Cuentas nacionales y matriz insumo-producto*. BCE.
- Banco Central del Ecuador (BCE). (2019). *Banco Central presenta la matriz insumo-producto del año 2019*. <https://www.bce.fin.ec/index.php/boletines-de-prensa-archivo/item/1412-banco-central-presenta-la-matriz-insumo-producto-del-ano-2019>
- Banco Interamericano de Desarrollo (BID). (2021). *Políticas públicas para el crecimiento inclusivo en América Latina*. BID.
- Box, G. E., & Pierce, D. A. (1970). Distribution of Residual Autocorrelations in Autoregressive-Integrated Moving Average Time Series Models. *Journal of the American Statistical Association*, 65, 1509–1526.
- Cimoli, M., Dosi, G., & Stiglitz, J. E. (2009). Industrial policy and development: The political economy of capabilities accumulation. *Oxford University Press*.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2011). *Análisis de insumo-producto*. https://dlwqtxts1xzle7.cloudfront.net/37216625/07_Matriz_de_Insumo_Producto_y_MEG.pdf
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2016). *La matriz de insumo-producto de América del Sur: Principales supuestos y consideraciones*. CEPAL.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2020). *Desarrollo sostenible en América Latina: Un enfoque comparativo*. CEPAL.
- Chenery, H. B., & Watanabe, T. (1958). International Comparisons of the Structure of Production. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 487–521.
- Dietzenbacher, E., & Miller, R. E. (2015). Reflections on the Inoperability Input-Output Model. *Economic Systems Research*, 27(4), 478–486.
- Flores Tapia, C. E., & Flores Cevallos, K. L. (2017). Impactos económicos inducidos por la demanda final en sectores estratégicos para el cambio de la estructura productiva del Ecuador. *Revista Economía*, 25(3), 443–458. <https://doi.org/10.32997/2463-0470-VOL.25-NUM.3-2017-2085>

- González, P., Arteaga, A., & Guzmán, J. (2024). Estimación de la matriz insumo-producto regional de Manabí 2020. *Journal of Local Public Economics*, 6(1), 51–72.
- Haddad, E. A., Samaniego, J. M., Porsse, A. A., Ochoa, S., & Souza, L. G. A. de. (2011). Interregional Interdependence Among Ecuadorian Provinces: An Input-Output Analysis. *Research Papers in Economics*. <https://econpapers.repec.org/RePEc:wiw:wiwrsa:ersa11p836>
- Hirschman, A. O. (1958). *The Strategy of Economic Development*. Yale University Press.
- Hahn-de-Castro, L. (2016). Universidad del Rosario. <https://revistas.urosario.edu.co/index.php/economia/article/view/5240/3550>
- Kuznets, S. (1971). *Economic Growth of Nations: Total Output and Production Structure*. Harvard University Press.
- Leal, J. (2017). Input-Output Linkages and Sector-Specific Distortions in the Latin American Development Problem. *Research Papers in Economics*. <http://scioteca.caf.com/handle/123456789/1113>
- Leontief, W. (1936). Quantitative Input and Output Relations in the Economic Systems of the United States. *Review of Economics and Statistics*, 18(3), 105–125.
- Ljung, G. M., & Box, G. E. (1978). On a Measure of Lack of Fit in Time Series Models. *Biometrika*, 65(2), 297–303.
- Löfgren, H., Harris, R. L., & Robinson, S. (2002). *A Standard Computable General Equilibrium (CGE) Model in GAMS* (Vol. 5). International Food Policy Research Institute.
- Miller, R. E., & Blair, P. D. (2009). *Input-Output Analysis: Foundations and Extensions* (2nd ed.). Cambridge University Press.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2021). *Informe Rendición de Cuentas 2021*. https://www.minagricultura.gov.co/planeacion-control-gestion/Gestin/INFORMES_RENDICION_DE_CUENTAS/Rendici%C3%B3n%20de%20Cuentas/Informe%20de%20Rendici%C3%B3n%20de%20Cuentas%202021_VF.pdf
- Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2020). *Informe sobre el sector agrícola en Ecuador*. MAG.
- Ministerio de Producción, Comercio Exterior, Inversiones y Pesca. (2021). *Estudio sobre la competitividad de la industria ecuatoriana*. MPCEIP.
- Molina, M., Fernández Massi, M. I., Guaita, N., & Bertín, P. (2021). La estructura productiva nacional: Un análisis de los encadenamientos y multiplicadores sobre la base de la matriz insumo-producto de 2015. *Serie Documento de Trabajo del CEP XXI*.

- Quiñones, J., Fernández, A., & Ríos, M. (2020). Identificación de los sectores clave de la economía mexicana. *Estudios de Economía Aplicada*, 38(2), 1–22.
- Rasmussen, P. (1956). *Studies in Inter-Sectoral Relations*. North-Holland Publishing Company.
- Rodrik, D. (2004). *Industrial Policy for the Twenty-First Century*. John F. Kennedy School of Government, Harvard University.
- Vázquez-López, R. (2024). Evolution of Trade and Productive Integration in Latin America, 1995–2015: An Input-Output Analysis. *Journal of Economics, Finance and Administrative Science*. <https://doi.org/10.1108/jefas-09-2022-0202>,

ANEXOS

Anexo A. Encadenamiento hacia atrás de las actividades utilizadas 2009-2019

Actividad económica	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Elaboración de aceites y grasas origen vegetal y animal	1,1222	1,1381	1,1292	1,1109	1,1069	1,1668	1,1671	1,1781	1,1773	1,1837	1,1769
Elaboración de productos lácteos	1,3061	1,3363	1,3583	1,3593	1,3864	1,4071	1,3684	1,3710	1,3713	1,3478	1,3926
Elaboración de productos de molinería	1,1200	1,1532	1,1588	1,1842	1,1700	1,1701	1,0185	1,0015	0,9606	0,9500	0,9246
Elaboración de productos de la panadería	1,2505	1,2558	1,2098	1,2251	1,2075	1,1898	1,1667	1,1397	1,1276	1,1282	1,1275
Elaboración de fideos y de otros productos farináceos	1,3689	1,3871	1,3403	1,3340	1,3391	1,2851	1,2457	1,2339	1,2087	1,2262	1,2200
Elaboración y refinación de azúcar	1,1670	1,1711	1,1763	1,2034	1,2222	1,2219	1,2083	1,1961	1,2643	1,3009	1,3383
Elaboración de cacao, chocolate y productos de confitería	1,4348	1,4535	1,4585	1,4042	1,4711	1,4771	1,4660	1,4659	1,4738	1,4828	1,4734
Elaboración de alimentos preparados para animales	0,9518	0,9280	0,9232	0,9317	0,9847	0,9466	0,9811	0,9643	0,9716	0,9929	0,9535
Elaboración de café	1,1119	1,1344	1,1405	1,1669	1,1933	1,1164	1,1680	1,1649	1,1101	1,1584	1,1531
Elaboración de otros productos alimenticios diversos	1,1519	1,1808	1,1879	1,2274	1,2921	1,3177	1,2321	1,1926	1,2528	1,2703	1,2353
Elaboración bebidas alcohólicas	0,9988	1,0363	1,0778	1,0516	1,0242	1,0085	0,9938	0,9750	0,9710	0,9654	0,9781
Elaboración bebidas no alcohólicas	1,0325	1,0617	1,0662	1,0603	1,0511	1,0426	1,0186	1,0209	1,0410	1,0471	1,0276
Procesamiento y conservación de carne	1,4508	1,4230	1,3655	1,3612	1,3867	1,3820	1,4097	1,3869	1,3890	1,3648	1,3183
Procesamiento y conservación de camarón	1,5260	1,5156	1,4838	1,5191	1,3774	1,2526	1,4512	1,4146	1,4275	1,4240	1,3784
Procesamiento de pescado y otros productos acuáticos elaborados	1,1312	1,2374	1,2728	1,2843	1,2629	1,3075	1,2805	1,1714	1,0380	1,0256	1,0214
Producción de madera y de productos de madera	1,1714	1,1891	1,1721	1,1594	1,1692	1,1722	1,1351	1,1638	1,1646	1,1386	1,1184
Fabricación de papel y productos de papel	0,9799	0,9958	1,0097	0,9813	0,9808	0,9704	0,9560	0,9337	0,9401	0,9357	0,9332

Actividad económica	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Fabricación de productos de plástico	0,8333	0,8011	0,8147	0,8167	0,8155	0,8292	0,8129	0,8111	0,8089	0,7823	0,7790
Fabricación de cemento, artículos de hormigón y piedra	1,0739	1,1054	1,1077	1,1146	1,0999	1,0948	1,0884	1,1077	1,1056	1,1119	1,1049
Industrias manufactureras NCP	0,9734	0,9450	0,9615	0,9455	0,9260	0,9329	0,9339	0,9206	0,9123	0,9067	0,9165
Explotación de minerales no metálicos y actividades de apoyo a las minas y canteras	0,9621	0,9881	0,9729	0,9878	0,9841	0,9806	0,9616	0,8801	0,8799	0,8885	0,8974
Construcción	0,9478	0,9592	0,9582	0,9619	0,9762	0,9846	0,9712	0,9728	0,9607	0,9555	0,9538
Actividades inmobiliarias	0,8660	0,8866	0,8993	0,8968	0,9054	0,9029	0,8944	0,8951	0,8875	0,8917	0,8963
Captación, depuración y distribución de agua; y saneamiento	0,8132	0,8180	0,8241	0,8274	0,8280	0,8516	0,8630	0,8432	0,8607	0,8606	0,8651
Transporte y almacenamiento	0,9254	0,9300	0,9573	0,9702	0,9586	0,9684	0,9509	0,9354	0,9490	0,9418	0,9346
Cultivo de banano, café y cacao	0,8812	0,8547	0,8763	0,8995	0,8957	0,8812	0,8785	0,8750	0,8794	0,8786	0,8727
Cultivo de cereales	0,7738	0,7996	0,8023	0,7991	0,7957	0,8047	0,8064	0,8138	0,8278	0,8304	0,8500
Cultivo de tubérculos, vegetales, melones y frutas	0,7777	0,7971	0,8013	0,8092	0,8096	0,8134	0,7961	0,7898	0,8065	0,8040	0,8164
Cultivo oleaginosas e industriales	0,7852	0,7808	0,7779	0,7841	0,7751	0,7833	0,7639	0,7647	0,7732	0,7648	0,7692
Cría de ganado, otros animales; productos animales; y actividades de apoyo	1,1601	1,1890	1,2431	1,2696	1,2805	1,2617	1,2271	1,2466	1,2307	1,2434	1,2290
Acuicultura y pesca de camarón	1,1192	1,1234	1,1100	1,1129	1,1125	1,1556	1,2283	1,2195	1,2008	1,2064	1,2394
Acuicultura (excepto camarón)	0,9756	0,9458	0,9019	0,9066	0,9125	0,8869	0,9275	0,9024	0,9754	0,9897	1,0214
Comercio al por mayor y al por menor; incluido comercio de vehículos automotores y motocicleta	0,8968	0,9023	0,8971	0,8967	0,8879	0,8950	0,8891	0,8932	0,9012	0,9017	0,9110

Fuente: (BCE, 2019)

Anexo B. Encadenamiento hacia adelante de las actividades utilizadas 2009-2019

Actividad económica	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Elaboración de aceites y grasas origen vegetal y animal	1,1222	1,1381	1,1292	1,1109	1,1069	1,1668	1,1671	1,1781	1,1773	1,1837	1,1769
Elaboración de productos lácteos	1,3061	1,3363	1,3583	1,3593	1,3864	1,4071	1,3684	1,3710	1,3713	1,3478	1,3926
Elaboración de productos de molinería	1,1200	1,1532	1,1588	1,1842	1,1700	1,1701	1,0185	1,0015	0,9606	0,9500	0,9246
Elaboración de productos de la panadería	1,2505	1,2558	1,2098	1,2251	1,2075	1,1898	1,1667	1,1397	1,1276	1,1282	1,1275
Elaboración de fideos y de otros productos farináceos	1,3689	1,3871	1,3403	1,3340	1,3391	1,2851	1,2457	1,2339	1,2087	1,2262	1,2200
Elaboración y refinación de azúcar	1,1670	1,1711	1,1763	1,2034	1,2222	1,2219	1,2083	1,1961	1,2643	1,3009	1,3383
Elaboración de cacao, chocolate y productos de confitería	1,4348	1,4535	1,4585	1,4042	1,4711	1,4771	1,4660	1,4659	1,4738	1,4828	1,4734
Elaboración de alimentos preparados para animales	0,9518	0,9280	0,9232	0,9317	0,9847	0,9466	0,9811	0,9643	0,9716	0,9929	0,9535
Elaboración de café	1,1119	1,1344	1,1405	1,1669	1,1933	1,1164	1,1680	1,1649	1,1101	1,1584	1,1531
Elaboración de otros productos alimenticios diversos	1,1519	1,1808	1,1879	1,2274	1,2921	1,3177	1,2321	1,1926	1,2528	1,2703	1,2353
Elaboración bebidas alcohólicas	0,9988	1,0363	1,0778	1,0516	1,0242	1,0085	0,9938	0,9750	0,9710	0,9654	0,9781
Elaboración bebidas no alcohólicas	1,0325	1,0617	1,0662	1,0603	1,0511	1,0426	1,0186	1,0209	1,0410	1,0471	1,0276
Procesamiento y conservación de carne	1,4508	1,4230	1,3655	1,3612	1,3867	1,3820	1,4097	1,3869	1,3890	1,3648	1,3183
Procesamiento y conservación de camarón	1,5260	1,5156	1,4838	1,5191	1,3774	1,2526	1,4512	1,4146	1,4275	1,4240	1,3784
Procesamiento de pescado y otros productos acuáticos elaborados	1,1312	1,2374	1,2728	1,2843	1,2629	1,3075	1,2805	1,1714	1,0380	1,0256	1,0214
Producción de madera y de productos de madera	1,1714	1,1891	1,1721	1,1594	1,1692	1,1722	1,1351	1,1638	1,1646	1,1386	1,1184
Fabricación de papel y productos de papel	0,9799	0,9958	1,0097	0,9813	0,9808	0,9704	0,9560	0,9337	0,9401	0,9357	0,9332
Fabricación de productos de plástico	0,8333	0,8011	0,8147	0,8167	0,8155	0,8292	0,8129	0,8111	0,8089	0,7823	0,7790

Actividad económica	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Fabricación de cemento, artículos de hormigón y piedra	1,0739	1,1054	1,1077	1,1146	1,0999	1,0948	1,0884	1,1077	1,1056	1,1119	1,1049
Industrias manufactureras NCP	0,9734	0,9450	0,9615	0,9455	0,9260	0,9329	0,9339	0,9206	0,9123	0,9067	0,9165
Explotación de minerales no metálicos y actividades de apoyo a las minas y canteras	0,9621	0,9881	0,9729	0,9878	0,9841	0,9806	0,9616	0,8801	0,8799	0,8885	0,8974
Construcción	0,9478	0,9592	0,9582	0,9619	0,9762	0,9846	0,9712	0,9728	0,9607	0,9555	0,9538
Actividades inmobiliarias	0,8660	0,8866	0,8993	0,8968	0,9054	0,9029	0,8944	0,8951	0,8875	0,8917	0,8963
Captación, depuración y distribución de agua; y saneamiento	0,8132	0,8180	0,8241	0,8274	0,8280	0,8516	0,8630	0,8432	0,8607	0,8606	0,8651
Transporte y almacenamiento	0,9254	0,9300	0,9573	0,9702	0,9586	0,9684	0,9509	0,9354	0,9490	0,9418	0,9346
Cultivo de banano, café y cacao	0,8812	0,8547	0,8763	0,8995	0,8957	0,8812	0,8785	0,8750	0,8794	0,8786	0,8727
Cultivo de cereales	0,7738	0,7996	0,8023	0,7991	0,7957	0,8047	0,8064	0,8138	0,8278	0,8304	0,8500
Cultivo de tubérculos, vegetales, melones y frutas	0,7777	0,7971	0,8013	0,8092	0,8096	0,8134	0,7961	0,7898	0,8065	0,8040	0,8164
Cultivo oleaginosas e industriales	0,7852	0,7808	0,7779	0,7841	0,7751	0,7833	0,7639	0,7647	0,7732	0,7648	0,7692
Cría de ganado, otros animales; productos animales; y actividades de apoyo	1,1601	1,1890	1,2431	1,2696	1,2805	1,2617	1,2271	1,2466	1,2307	1,2434	1,2290
Acuicultura y pesca de camarón	1,1192	1,1234	1,1100	1,1129	1,1125	1,1556	1,2283	1,2195	1,2008	1,2064	1,2394
Acuicultura (excepto camarón)	0,9756	0,9458	0,9019	0,9066	0,9125	0,8869	0,9275	0,9024	0,9754	0,9897	1,0214
Comercio al por mayor y al por menor; incluido comercio de vehículos automotores y motocicleta	0,8968	0,9023	0,8971	0,8967	0,8879	0,8950	0,8891	0,8932	0,9012	0,9017	0,9110

Fuente: (BCE, 2019)

Anexo C. Pruebas de hipótesis encadenamiento hacia atrás 2009-2019

Actividad económica	Origen	Beta	Error est.	t-test	P-value	I.C. (95%)
Actividades inmobiliarias	0,866	0,00111	0,0009997	1,110315	0,2956459	-0,001152 0,003372
Acuicultura (excepto camarón)	0,9756	0,00574273	0,0039864	1,440573	0,1835728	-0,003275 0,014761
Acuicultura y pesca de camarón	1,1192	0,01394909	0,0025626	5,443242	0,0004093	0,008152 0,019746
Captación, depuración y distribución de agua; y saneamiento	0,8132	0,00551182	0,000747	7,378318	0,0000420	0,003822 0,007202
Comercio al por mayor y al por menor	0,8968	0,00068273	0,0006147	1,110672	0,2955002	-0,000708 0,002073
Construcción	0,9478	0,00035909	0,0011003	0,32635	0,7516203	-0,00213 0,002848
Cría de ganado y otros animales y productos animales	1,1601	0,00386818	0,0032484	1,190805	0,2641887	-0,00348 0,011217
Cultivo de banano, café y cacao	0,8812	-0,00003455	0,0011727	-0,02946	0,9771417	-0,002687 0,002618
Cultivo de cereales	0,7738	0,00564364	0,0008302	6,797689	0,0000793	0,003766 0,007522
Cultivo de tubérculos, vegetales, melones y frutas	0,7777	0,00167636	0,000985	1,70181	0,1229990	-0,000552 0,003905
Cultivo oleaginosas e industriales	0,7852	-0,00189182	0,0005257	-3,59851	0,0057617	-0,003081 -0,0007
Elaboración bebidas alcohólicas	0,9988	-0,00810091	0,0024753	-3,27271	0,0096409	-0,0137 -0,0025
Elaboración bebidas no alcohólicas	1,0325	-0,00245273	0,0014362	-1,70773	0,1218650	-0,005702 0,000796
Elaboración de fideos y de otros productos farináceos	1,3689	-0,01887727	0,0020215	-9,33823	0,0000063	-0,02345 -0,0143
Elaboración de aceites y grasas origen vegetal y animal	1,1222	0,00722545	0,0017276	4,182294	0,0023680	0,003317 0,011134
Elaboración de alimentos preparados para animales	0,9518	0,00431727	0,0019132	2,25663	0,0504537	-0,000011 0,008645
Elaboración de cacao, chocolate y productos de confitería	1,4348	0,00431273	0,0017762	2,428047	0,0381044	0,000295 0,008331
Elaboración de café	1,1119	0,00165	0,00264	0,625008	0,5474828	-0,004322 0,007622
Elaboración de otros productos alimenticios diversos	1,1519	0,00763727	0,0043803	1,743537	0,1152088	-0,002272 0,017546
Elaboración de productos de la panadería	1,2505	-0,01439636	0,0012174	-11,8258	0,0000009	-0,01715 -0,01164
Elaboración de productos de molinería	1,12	-0,02637545	0,0053695	-4,91205	0,0008337	-0,038522 -0,01423
Elaboración de productos lácteos	1,3061	0,00475364	0,0023028	2,064259	0,0690026	-0,000456 0,009963

Actividad económica	Origen	Beta	Error est.	t-test	P-value	I.C. (95%)	
Elaboración y refinación de azúcar	1,167	0,01464727	0,0026168	5,597444	0,0003354	0,008728	0,020567
Explotación de minerales no metálicos: Minas y canteras	0,9621	-0,01126182	0,0028026	-4,01835	0,0030256	-0,017602	-0,00492
Fabricación de cemento, artículos de hormigón y piedra	1,0739	0,00135818	0,0010908	1,245162	0,2445154	-0,001109	0,003826
Fabricación de papel y productos de papel	0,9799	-0,00729727	0,0011917	-6,1235	0,0001742	-0,009993	-0,0046
Fabricación de productos de plástico	0,8333	-0,00343545	0,0012417	-2,76685	0,0218660	-0,006244	-0,00063
Industrias manufactureras NCP	0,9734	-0,00570182	0,0008721	-6,53834	0,0001066	-0,007675	-0,00373
Procesamiento de pescado y otros productos acuáticos elaborados	1,1312	-0,02098909	0,008928	-2,35093	0,0432389	-0,041186	-0,00079
Procesamiento y conservación de camarón	1,526	-0,01280455	0,0068772	-1,86187	0,0955279	-0,028362	0,002753
Procesamiento y conservación de carne	1,4508	-0,00682182	0,0026778	-2,54753	0,0313214	-0,012879	-0,00076
Producción de madera y de productos de madera	1,1714	-0,00468	0,0013441	-3,48192	0,0069176	-0,007721	-0,00164
Transporte y almacenamiento	0,9254	-0,00008182	0,0015323	-0,0534	0,9585818	-0,003548	0,003384

Anexo D. Pruebas de hipótesis encadenamiento hacia adelante 2009-2019

Actividad económica	Origen	Beta	Error est.	t-test	P-value	I.C.	(95%)
Actividades inmobiliarias	1,1157	-0,003540	0,007561	-0,4682	0,6507722	-0,020644	0,0135638
Acuicultura (excepto camarón)	0,7136	-0,003168	0,002762	-1,1469	0,2810007	-0,009417	0,0030808
Acuicultura y pesca de camarón	1,1134	-0,007102	0,003159	-2,2478	0,0511888	-0,014249	0,0000454
Captación, depuración y distribución de agua; y saneamiento	0,7996	-0,000047	0,000458	-0,1032	0,9200313	-0,001083	0,0009885
Comercio al por mayor y al por menor	4,075	-0,045669	0,003520	-12,9745	0,0000004	-0,053632	-0,0377065
Construcción	0,8622	-0,001072	0,000637	-1,6814	0,1269874	-0,002514	0,0003702
Cría de ganado y otros animales y productos animales	1,2856	-0,004709	0,001570	-2,9989	0,0149834	-0,008261	-0,0011569
Cultivo de banano, café y cacao	0,9768	0,003686	0,002516	1,4650	0,1769581	-0,002006	0,0093786
Cultivo de cereales	1,2399	-0,017829	0,004669	-3,8183	0,0041005	-0,028392	-0,0072663
Cultivo de tubérculos, vegetales, melones y frutas	0,6765	-0,000764	0,000766	-0,9964	0,3450844	-0,002497	0,0009701
Cultivo oleaginosas e industriales	1,8245	0,011466	0,004167	2,7516	0,0224191	0,002039	0,0208932
Elaboración bebidas alcohólicas	0,6601	-0,000146	0,000508	-0,2879	0,7799186	-0,001296	0,0010035
Elaboración bebidas no alcohólicas	0,6347	-0,000085	0,000516	-0,1638	0,8734754	-0,001252	0,0010828
Elaboración de fideos y de otros productos farináceos	0,6291	-0,000099	0,000523	-0,1894	0,8539828	-0,001283	0,0010844
Elaboración de aceites y grasas origen vegetal y animal	0,9539	-0,007942	0,000779	-10,1930	0,0000031	-0,009704	-0,0061793
Elaboración de alimentos preparados para animales	0,774	0,000678	0,001089	0,6229	0,5488094	-0,001785	0,0031411
Elaboración de cacao, chocolate y productos de confitería	0,9137	-0,002255	0,000967	-2,3321	0,0445940	-0,004441	-0,0000676
Elaboración de café	0,6677	-0,000522	0,000535	-0,9751	0,3549853	-0,001732	0,0006887

Actividad económica	Origen	Beta	Error est.	t-test	P-value	I.C.	(95%)
Elaboración de otros productos alimenticios diversos	0,665	0,000298	0,000443	0,6726	0,5180871	-0,000705	0,0013010
Elaboración de productos de la panadería	0,6565	-0,000330	0,000595	-0,5548	0,5925759	-0,001676	0,0010156
Elaboración de productos de molinería	1,0194	-0,006425	0,000649	-9,8934	0,0000039	-0,007894	-0,0049556
Elaboración de productos lácteos	0,6862	-0,000829	0,000528	-1,5692	0,1510414	-0,002024	0,0003661
Elaboración y refinación de azúcar	0,7379	-0,001309	0,001127	-1,1617	0,2752440	-0,003858	0,0012401
Explotación de minerales no metálicos: Minas y canteras	0,662	0,003067	0,000583	5,2590	0,0005214	0,001748	0,0043867
Fabricación de cemento, artículos de hormigón y piedra	0,7383	0,001108	0,000781	1,4198	0,1893769	-0,000658	0,0028739
Fabricación de papel y productos de papel	1,3555	-0,017609	0,002557	-6,8872	0,0000717	-0,023393	-0,0118253
Fabricación de productos de plástico	1,1695	-0,000096	0,003648	-0,0264	0,9795034	-0,008349	0,0081564
Industrias manufactureras NCP	1,0463	0,017214	0,002485	6,9279	0,0000685	0,011593	0,0228344
Procesamiento de pescado y otros productos acuáticos elaborados	0,7095	-0,000624	0,000966	-0,6453	0,5348161	-0,002810	0,0015625
Procesamiento y conservación de camarón	0,7293	0,000338	0,000818	0,4135	0,6889043	-0,001512	0,0021882
Procesamiento y conservación de carne	0,938	0,000290	0,000945	0,3069	0,7659324	-0,001848	0,0024279
Producción de madera y de productos de madera	1,0603	-0,007706	0,001774	-4,3444	0,0018653	-0,011719	-0,0036936
Transporte y almacenamiento	2,6689	0,007505	0,005477	1,3701	0,2038580	-0,004886	0,0198952

Anexo F. Pruebas de normalidad y correlación serial de los residuos. Encadenamientos hacia atrás

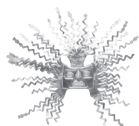
Actividad económica	Sector económico	Estadístico B	P-value	Q2	P-value
Actividades inmobiliarias	Construcción	0,844	0,475	1,954	0,162
Acuicultura (excepto camarón)	Agricultura	1,280	0,076	2,266	0,132
Acuicultura y pesca de camarón	Agricultura	1,059	0,212	2,101	0,147
Captación, depuración y distribución de agua; y saneamiento	Suministro de electricidad y agua	0,423	0,994	0,165	0,685
Comercio al por mayor y al por menor	Comercio	1,128	0,157	1,793	0,181
Construcción	Construcción	1,394	0,041	4,081	0,043
Cría de ganado y otros animales y productos animales	Agricultura	1,222	0,101	3,593	0,058
Cultivo de banano, café y cacao	Agricultura	0,554	0,919	0,873	0,350
Cultivo de cereales	Agricultura	0,345	1,000	0,595	0,440
Cultivo de tubérculos, vegetales, melones y frutas	Agricultura	0,433	0,992	0,915	0,339
Cultivo oleaginosas e industriales	Agricultura	0,661	0,775	1,871	0,171
Elaboración bebidas alcohólicas	Manufactura	0,565	0,908	1,323	0,250
Elaboración bebidas no alcohólicas	Manufactura	0,858	0,454	0,979	0,322
Elaboración de fideos y de otros productos farináceos	Manufactura	0,450	0,988	0,283	0,595
Elaboración de aceites y grasas origen vegetal y animal	Manufactura	0,662	0,773	0,973	0,324
Elaboración de alimentos preparados para animales	Manufactura	0,715	0,687	1,416	0,234
Elaboración de cacao, chocolate y productos de confitería	Manufactura	0,809	0,529	1,293	0,256
Elaboración de café	Manufactura	0,498	0,965	0,551	0,458

Actividad económica	Sector económico	Estadístico B	P-value	Q2	P-value
Elaboración de otros productos alimenticios diversos	Manufactura	0,961	0,314	2,092	0,148
Elaboración de productos de la panadería	Manufactura	0,467	0,981	0,121	0,728
Elaboración de productos de molinería	Manufactura	0,947	0,331	2,769	0,096
Elaboración de productos lácteos	Manufactura	0,743	0,639	1,396	0,237
Elaboración y refinación de azúcar	Manufactura	1,186	0,120	2,515	0,113
Explotación de minerales no metálicos: Minas y canteras	Construcción	0,622	0,834	2,044	0,153
Fabricación de cemento, artículos de hormigón y piedra	Manufactura	0,667	0,765	0,094	0,760
Fabricación de papel y productos de papel	Manufactura	0,423	0,994	0,204	0,652
Fabricación de productos de plástico	Manufactura	0,516	0,952	0,707	0,400
Industrias manufactureras NCP	Manufactura	0,743	0,639	1,880	0,170
Procesamiento de pescado y otros productos acuáticos elaborados	Manufactura	1,335	0,057	4,027	0,045
Procesamiento y conservación de camarón	Manufactura	0,486	0,972	0,313	0,576
Procesamiento y conservación de carne	Manufactura	0,475	0,978	1,543	0,214
Producción de madera y de productos de madera	Manufactura	0,591	0,876	0,615	0,433
Transporte y almacenamiento	Transporte	0,970	0,304	2,624	0,105

Anexo G. Pruebas de normalidad y correlación serial de los residuos. Encadenamientos hacia adelante

Actividad económica	Sector económico	Estadístico B	P-value	Q2	P-value
Actividades inmobiliarias	Construcción	0,712	0,690	2,378	0,123
Acuicultura (excepto camarón)	Agricultura	1,568	0,015	4,724	0,030
Acuicultura y pesca de camarón	Agricultura	0,703	0,706	0,888	0,346
Captación, depuración y distribución de agua; y saneamiento	Suministro de electricidad y agua	0,624	0,832	0,311	0,577
Comercio al por mayor y al por menor	Comercio	0,676	0,751	0,221	0,639
Construcción	Construcción	0,550	0,923	0,050	0,823
Cría de ganado y otros animales y productos animales	Agricultura	1,065	0,206	2,051	0,152
Cultivo de banano, café y cacao	Agricultura	0,980	0,292	0,740	0,390
Cultivo de cereales	Agricultura	1,166	0,132	5,137	0,023
Cultivo de tubérculos, vegetales, melones y frutas	Agricultura	0,809	0,530	1,518	0,218
Cultivo oleaginosas e industriales	Agricultura	0,673	0,755	1,735	0,188
Elaboración bebidas alcohólicas	Manufactura	0,415	0,995	0,166	0,684
Elaboración bebidas no alcohólicas	Manufactura	0,860	0,450	1,440	0,230
Elaboración de fideos y de otros productos farináceos	Manufactura	0,810	0,528	1,224	0,269
Elaboración de aceites y grasas origen vegetal y animal	Manufactura	0,875	0,428	1,949	0,163
Elaboración de alimentos preparados para animales	Manufactura	0,689	0,729	0,532	0,466
Elaboración de cacao, chocolate y productos de confitería	Manufactura	0,485	0,973	0,427	0,513
Elaboración de café	Manufactura	0,464	0,982	0,011	0,916
Elaboración de otros productos alimenticios diversos	Manufactura	0,762	0,606	0,761	0,383
Elaboración de productos de la panadería	Manufactura	0,957	0,320	2,068	0,150
Elaboración de productos de molinería	Manufactura	0,783	0,572	3,416	0,065
Elaboración de productos lácteos	Manufactura	0,516	0,953	0,730	0,393
Elaboración y refinación de azúcar	Manufactura	1,052	0,218	2,101	0,147

Actividad económica	Sector económico	Estadístico B	P-value	Q2	P-value
Explotación de minerales no metálicos: Minas y canteras	Construcción	0,939	0,341	0,244	0,622
Fabricación de cemento, artículos de hormigón y piedra	Manufactura	0,738	0,647	0,472	0,492
Fabricación de papel y productos de papel	Manufactura	0,676	0,751	0,317	0,574
Fabricación de productos de plástico	Manufactura	1,068	0,204	3,871	0,049
Industrias manufactureras NCP	Manufactura	0,641	0,805	0,198	0,656
Procesamiento de pescado y otros productos acuáticos elaborados	Manufactura	1,342	0,055	3,418	0,064
Procesamiento y conservación de camarón	Manufactura	0,701	0,710	0,701	0,403
Procesamiento y conservación de carne	Manufactura	0,838	0,483	1,063	0,303
Producción de madera y de productos de madera	Manufactura	0,389	0,998	0,006	0,939
Transporte y almacenamiento	Transporte	0,990	0,281	2,225	0,136



LA PRODUCTIVIDAD TOTAL DE LOS FACTORES: CASO DEL SECTOR BEBIDAS EN ECUADOR

Nathaly Garate¹, Luis Pinos², Silvia Mejía³ y Luis Sarmiento⁴

Universidad del Azuay - Facultad de Ciencias de la Administración
Cuenca, Ecuador

Información

Recibido:

15 de enero de 2025

Aceptado:

4 de junio de 2025

Palabras clave:

Función de producción
Productividad total de los factores
Sector de elaboración de bebidas

JEL:

D24, L23, L6

DOI:

<https://doi.org/10.47550/RCE/35.1.6>

Resumen

La productividad total de factores (PTF) es una variable que mide la eficiencia de los factores utilizados en el proceso productivo de los sectores de una economía; es decir, es la base para el crecimiento económico. El objetivo de esta investigación fue estimar la productividad total de los factores del sector bebidas del Ecuador durante el periodo 2012-2021, reconociendo su heterogeneidad debido al tamaño empresarial. Para esto, se utilizaron los datos de los estados financieros de la Superintendencia de Compañías y Seguros y se estimó una función de producción al estilo Cobb-Douglas, donde la variable dependiente es los ingresos operacionales y las independientes: el activo fijo neto, el número de trabajadores y el consumo de materias primas. Para lograr el objetivo señalado, se utilizó un modelo dinámico GMM-SYS. Los principales hallazgos indicaron que el insumo que más contribuyó al ingreso por ventas fue el activo fijo neto. Por otro lado, se encontró que la PTF presenta un patrón de crecimiento que coincide con la actividad económica que ha presentado el país. Finalmente, se obtuvo que las empresas grandes y medianas son en promedio más productivas que las pequeñas y microempresas durante el periodo analizado.

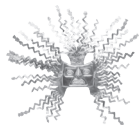
¹ORCID: 0009-0003-1710-9475. CRediT: curación de datos, análisis formal, investigación, redacción - borrador original. Correo electrónico: nathy@es.uazuay.edu.ec.

²ORCID: 0000-0002-3894-8652. CRediT: metodología, administración del proyecto, supervisión. Correo electrónico: lpinos@uazuay.edu.ec.

³ORCID: 0000-0003-1256-8165. CRediT: visualización, validación. Correo electrónico: smejia@uazuay.edu.ec.

⁴ORCID: 0000-0002-1527-9898. CRediT: conceptualización, redacción - revisión y edición. Correo electrónico: ssarmiento@uazuay.edu.ec.

Copyright © 2025 Garate, Pinos, Mejía y Sarmiento. Los autores conservan los derechos de autor del artículo. El artículo se distribuye bajo la licencia Creative Commons Attribution 4.0 License.



TOTAL FACTOR PRODUCTIVITY: THE CASE OF THE BEVERAGE SECTOR IN ECUADOR

Nathaly Garate¹, Luis Pinos², Silvia Mejía³ and Luis Sarmiento⁴

Universidad del Azuay - Faculty of Administrative Sciences
Cuenca, Ecuador

Article Info

Received:

15th January 2025

Accepted:

4th June 2025

Keywords:

Beverage manufacturing sector

Production function

Total factor productivity

JEL:

D24, L23, L6

DOI:

<https://doi.org/10.47550/RCE/35.1.6>

Abstract

Total factor productivity (TFP) is a variable that measures the efficiency of the factors used in the production process across economic sectors. In other words, it is the basis for economic growth. The paper aimed to estimate the total factor productivity of Ecuador's beverage sector for the period 2012-2021, taking into account its heterogeneity based on firm size. For this purpose, data from the financial statements of the Superintendency of Companies and Insurance were used, and a Cobb-Douglas-type production function was estimated, with operational revenue as the dependent variable and net fixed assets, number of employees, and raw material consumption as independent variables. To achieve the stated objective, a dynamic GMM-SYS model was employed. The main findings indicated that the input contributing most to sales revenue was net fixed assets. On the other hand, TFP was found to follow a growth pattern consistent with the country's economic activity. Finally, the results showed that large and medium-sized firms were, on average, more productive than small and micro enterprises during the period analyzed.

¹ORCID: 0009-0003-1710-9475. CRediT: data curation, formal analysis, research, writing - original draft. Email: nathy@es.uazuay.edu.ec.

²ORCID: 0000-0002-3894-8652. CRediT: methodology, project administration, supervision. Email: lpinos@uazuay.edu.ec.

³ORCID: 0000-0003-1256-8165. CRediT: visualization, validation. Email: smejia@uazuay.edu.ec.

⁴ORCID: 0000-0002-1527-9898. CRediT: conceptualization, writing - review and editing. Email: ssarmiento@uazuay.edu.ec.

Copyright © 2025 Garate, Pinos, Mejía, and Sarmiento. The authors retain copyright of this article. This article is distributed under the Creative Commons Attribution 4.0 License.

1. INTRODUCCIÓN

La industria de la manufactura desempeña un papel clave en la economía ecuatoriana porque genera empleos de buena calidad y aporta ingresos al Estado a través de los impuestos que paga. Según cifras del Banco Central del Ecuador (2023), entre 2012 y 2023 este sector produjo un promedio anual de aproximadamente 12.652 millones de dólares, lo que representó una contribución promedio del 12,32 % al PIB anual durante ese periodo. La producción se caracteriza por rendimientos decrecientes a escala, y el factor que más contribuye a la productividad son los insumos, seguidos por el trabajo y, en tercer lugar, el capital. Además, la productividad presentó una tendencia decreciente entre 2007 y 2016, observándose una mejora cuando, en general, el PIB crece, y una disminución cuando este cae (Camino et al., 2020).

La manufactura está conformada por diversos subsectores, entre ellos el C11, correspondiente a la elaboración de bebidas, que representa aproximadamente el 3,00 % del total de empresas manufactureras. Entre 2007 y 2018, las ventas anuales de este subsector promediaron 1.292,34 millones de dólares, con un crecimiento promedio del 7,27 %. En el país, una de las empresas más grandes y emblemáticas es Cervecería Nacional. No obstante, los productos más vendidos en este sector son las bebidas de cola y el agua mineral, cuya producción en 2016 superó los 952 millones de litros y 301 millones de litros, respectivamente (Mejía-Matute et al., 2020).

Lamentablemente, a pesar de los grandes aportes que representa este sector para el país, el Ministerio de Industrias y Productividad (2017) manifestó que su crecimiento presenta limitaciones debido a los pocos niveles de industrialización, insuficiente innovación y la falta de diversificación de nuevos productos. Como consecuencia, el sector no posee altos niveles de competitividad de la materia prima nacional, provocando que la oferta exportable del Ecuador sea débil en los mercados internacionales (Cadena et al., 2019).

Dada la importancia del subsector de elaboración de bebidas dentro de la industria manufacturera y, en especial, en el desarrollo económico del país, resulta preocupante el creciente consumo de bebidas importadas. Esta situación evidencia la necesidad de fortalecer e impulsar la industria nacional. En este sentido, se planteó la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuáles son los factores productivos que aportan mayor eficiencia productiva a las empresas del subsector C11 de elaboración de bebidas en el Ecuador?

Adicionalmente, el análisis se realiza a nivel de empresa, dado que la disponibilidad de datos se encuentra en este nivel. Esto permite establecer como objetivo: estimar la productividad total de los factores a nivel de firma, analizar su evolución en el tiempo y diferenciarla según el tamaño empresarial.

En efecto, una medida que forma parte de los elementos que influyen en el desarrollo económico de un país es la productividad total de los factores o PTF (Fernández et al., 2013). El 80 % del crecimiento económico de países industrializados está representado por dicha variable y 40 % de países en

desarrollo (Bernal, 2010). En Ecuador, son pocas las investigaciones enfocadas en conocer sobre la productividad empresarial, además de que no existe la cultura de medición de la productividad y el desempeño de las empresas. Por esto, en esta investigación, se busca descifrar cuáles son los factores productivos que afectan a la productividad de este subsector de la manufactura.

Cabe señalar que la medición del crecimiento de la productividad total de los factores (PTF) ofrece a la sociedad la posibilidad de identificar una fuente clave del crecimiento del bienestar. Es fundamental, por tanto, conocer los factores determinantes en los que deben centrarse las empresas para mejorar su rendimiento (Isaksson, 2007). Factores como el activo fijo neto, el trabajo y las materias primas contribuyen al crecimiento de la producción; sin embargo, su uso ineficiente genera desequilibrios en la articulación del proceso productivo. Estas deficiencias afectan la competitividad de los productos en el mercado externo y, como consecuencia, limitan el dinamismo de la industria manufacturera. Por ello, la PTF reviste gran importancia en el ámbito empresarial, y su estudio permite identificar los factores que impulsan su mejora (Chen et al., 2008).

Con base en estas consideraciones, esta investigación tiene como objetivo calcular el PTF del subsector C11 de elaboración de bebidas y determinar cuáles son los factores productivos que más contribuyen a su crecimiento. De este modo, se busca evaluar el comportamiento de los principales indicadores de productividad de las empresas del sector en el Ecuador.

El propósito de esta investigación es demostrar la eficiencia productiva del subsector C11 mediante el cálculo y análisis del desempeño de la PTF, aportando conocimiento sobre el comportamiento de las empresas elaboradoras de bebidas. Se pretende, además, identificar la situación actual del sector a través de métodos técnicos que permitan proponer estrategias de mejora, considerando estos elementos como claves para que las empresas alcancen sus objetivos. Para ello, se realiza un análisis descriptivo del sector, complementado con una revisión teórica sobre su relevancia en la economía de varios países latinoamericanos.

En segundo lugar, se describen aquellos indicadores para medir la productividad; posterior a ello, se estima una función de producción a nivel de empresa con la metodología tradicional, como es la función Cobb Douglas mediante datos de panel, donde se utiliza el método generalizado de momentos (GMM) propuesto por Blundell & Bond (2000). Este estimador provoca estimaciones de parámetros más razonables para poder estimar la PTF. Además, una vez estimada la función de producción, se procede a calcular las tasas de variación de la PTF en el periodo comprendido 2012 y 2021; de igual modo se analiza la variación de la PTF según el tamaño de las empresas y finalmente se calcula las brechas productivas con respecto a la gran empresa. Tras esta introducción, el artículo continúa con la revisión de literatura, para posteriormente explicar la metodología aplicada, así como la demostración de los

principales resultados y limitaciones de la investigación. A su vez, se tratará la discusión de los hallazgos y las respectivas conclusiones.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

La producción es la actividad económica dedicada a la elaboración de bienes y servicios mediante la utilización del trabajo y otros factores. En este proceso, las empresas transforman insumos en productos, empleando diversos medios de producción (Vial & Zurita, 2018). La función de producción está vinculada a la productividad marginal de los factores, es decir, con la variación en la cantidad producida ante un aumento unitario de uno de los factores productivos, conservando las demás constantes (Vargas, 2014).

En cuanto a la metodología de estimación de la productividad, Levinsohn y Petrin (2003) analizan el efecto no observado que influye en la producción de las empresas. Proponen utilizar la inversión como variable de control para abordar la correlación entre los insumos y la productividad específica de cada firma, resolviendo así el problema de simultaneidad. Además, evidencian que los modelos de mínimos cuadrados tienden a sobreestimar sistemáticamente las ganancias de productividad y a predecir caídas más pronunciadas cuando esta es negativa.

Por otra parte, Melitz & Polanec (2015) aplican la descomposición de la productividad propuesta por Olley & Pakes (1996), analizando las contribuciones de las empresas que permanecen en el mercado a los cambios agregados en la productividad. Señalan que al explicar los factores asociados a la productividad pueden introducirse sesgos en la medición, por lo cual emplean datos del sector manufacturero de Eslovenia y los contrastan con los resultados de otras metodologías de descomposición. Sus hallazgos muestran que estos sesgos pueden alcanzar hasta 10 puntos porcentuales en la estimación del crecimiento agregado de la productividad.

En el contexto ecuatoriano, Camino & Bermúdez (2021) analizan los determinantes PTF en el sector de la construcción, utilizando una función de producción Cobb-Douglas con datos panel anuales provenientes de la Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros. Entre las variables consideradas se encuentran los bienes intermedios, el capital, el trabajo y el tiempo. Los autores concluyen que la edad y el tamaño de la empresa tienen una relación directa con la PTF, a diferencia del crecimiento empresarial, que no muestra un vínculo significativo.

Además, se observa que el acceso a deuda y crédito guarda una relación positiva con la productividad. En este contexto, delegar la gestión empresarial a personas externas al núcleo familiar puede contribuir a una toma de decisiones más eficiente. Si bien la adquisición de financiamiento impulsa la productividad, es fundamental mantener un control adecuado sobre el nivel

total de endeudamiento. En consecuencia, las empresas deben enfrentar estos desafíos mediante la mejora de sus procesos productivos, a fin de fortalecer su competitividad.

Por el contrario, Gonçalves & Martins (2016) contradicen los resultados anteriores. A partir de un panel de datos de empresas manufactureras portuguesas, y utilizando una función de producción Cobb-Douglas con un modelo de efectos fijos, concluyen que la edad de la empresa y las obligaciones financieras tienen un efecto negativo sobre el desarrollo de la PTF, mientras que las salidas del mercado y los desembolsos contribuyen positivamente a su crecimiento. Además, evidencian que la productividad disminuye a medida que aumenta la relación deuda-capital, por lo que recomiendan implementar medidas que fomenten el uso de fuentes complementarias de financiamiento, como los mercados de capital de riesgo.

De igual manera, Becerra & Lemos (2021) analizan empíricamente la evolución de la PTF en la industria manufacturera colombiana. A través del índice de Malmquist (IM), concluyen que la PTF presentó una caída promedio, atribuida a un retroceso en el componente tecnológico. En consecuencia, recomiendan que los hacedores de política promuevan e impulsen la innovación en Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC).

Sin embargo, Mogro (2017) y Tello (2017) presentan hallazgos distintos. Al estudiar la producción de mercados locales en España mediante una función de producción con mínimos cuadrados ordinarios y considerando factores tradicionales como el capital y el trabajo, evidencian una relación positiva entre la PTF y las actividades exportadoras e innovadoras. Estos resultados coinciden con los de Benzaquen (2017), quien sostiene que la incorporación de cambios tecnológicos no tiene un impacto significativo sobre la PTF ni sobre el crecimiento económico. Se observa más bien una disminución de la productividad asociada a problemas de competitividad y escaso dinamismo económico.

Por su parte, Hofman et al. (2017) se centran en el crecimiento de la productividad y sus determinantes en América Latina. A través de un enfoque empírico y teórico basado en la base de datos LA-KLEMS, destacan las diferencias entre países y ofrecen una nueva perspectiva sobre la evolución de las series temporales. Señalan que una participación negativa de la PTF genera un crecimiento económico lento, independientemente del volumen de inversión acumulado durante años. Los problemas asociados a la PTF son comunes a todos los sectores económicos y no parecen explicarse por el cambio estructural, es decir, por la reasignación de recursos desde sectores de baja hacia alta productividad.

A nivel de América Latina, existen varios estudios sobre productividad, particularmente en la industria manufacturera. En el caso de México, Mendoza (2019) evaluó la PTF en la industria de alta tecnología, y examinó la contribución de los factores de producción al desarrollo del sector manufacturero. Por su parte, Armenta (2022) analizó el desempeño de las manufacturas mexicanas

a partir de la PTF, utilizando como metodología el modelo del residuo de Solow, con una función de producción Cobb-Douglas y rendimientos marginales constantes. Los resultados mostraron que las manufacturas experimentan cambios significativos en la generación de empleo, lo cual plantea la necesidad de implementar políticas regionales que respondan a las particularidades de cada zona y promuevan el crecimiento económico nacional.

En Ecuador y otros países de América Latina, el análisis de la productividad es de gran importancia en el mundo empresarial pero los análisis son escasos. Por ello, se vuelve necesario profundizar en el estudio de la productividad total de los factores. Diversos trabajos han utilizado metodologías cuantitativas con modelos econométricos de datos de panel, mínimos cuadrados ordinarios (MCO) y funciones de producción Cobb-Douglas, con el objetivo de identificar los determinantes y características de este enfoque (Pinos et al., 2021).

En el caso ecuatoriano, Cacho & Espinoza (2019) investigaron el desempeño de la industria de alimentos y bebidas mediante la estimación de una función de producción Cobb-Douglas, utilizando MCO, efectos aleatorios y efectos fijos. Sus resultados indican que este sector depende principalmente del uso del capital en sus procesos productivos, siendo este el factor con mayor impacto en la producción de las empresas.

Por otro lado, Patiño & Ferro (2024) analizaron la dinámica empresarial y su relación con la productividad total de los factores, los flujos de empleo y la desigualdad salarial en Ecuador. Utilizando datos del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), encontraron que las distorsiones del mercado afectan los patrones de asignación de recursos. El estudio identifica la mala asignación de factores como el principal determinante de la desaceleración de la PTF en el país. A través de regresiones a nivel de empresa e industria, los autores demuestran que las firmas ubicadas en el quintil superior de productividad enfrentan costos laborales no salariales hasta 3,7 veces más altos que aquellas en el quintil inferior, aun controlando por tamaño y edad empresarial. Asimismo, se evidencia una asignación ineficiente del crédito entre las empresas.

Además, Enríquez & Salazar (2019) examinaron el sector de bebidas en empresas gasificadas de Lima mediante una investigación de nivel explicativo, con enfoque cuantitativo y de tipo aplicada. A diferencia de otros estudios revisados, este trabajo incorporó un nuevo determinante: la gestión de inventarios. Los resultados evidencian que una adecuada administración del inventario generó progresos significativos, especialmente en las áreas de despacho e inspección, con mejoras superiores al 70 % en los indicadores de productividad.

Por su parte, Bastidas & Acosta (2019) analizaron la asignación de recursos y su impacto en la productividad total de los factores (PTF). Para ello, utilizaron microdatos del INEC sobre establecimientos manufactureros, con el fin de cuantificar las diferencias de productividad y diagnosticar la

eficiencia en la asignación de recursos entre empresas formales e informales en el Ecuador. A través del modelo propuesto por Hsieh & Klenow (2009), concluyeron que las empresas informales presentan una menor productividad física respecto a las formales, y que estas últimas enfrentan restricciones de crecimiento debido al limitado acceso al capital. Estos resultados evidencian una asignación ineficiente de recursos en el sector. Según sus estimaciones, una reasignación eficiente permitiría ganancias de PTF del 80 % en 2002 y del 69 % en 2015.

De manera complementaria, Ibujés & Benavides (2018) analizaron la productividad de las pequeñas y medianas empresas del sector textil ecuatoriano utilizando el modelo econométrico de Solow. Con datos extraídos de la Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros del Ecuador, trabajaron con variables como producción, capital, mano de obra y tecnología. Los resultados muestran que la tecnología, seguida del capital y luego la mano de obra, son los factores con mayor incidencia en el proceso productivo. Concluyen que estas empresas requieren un mayor nivel de inversión en maquinaria y tecnología para mantener altos estándares de calidad y mejorar su posición competitiva en el mercado global. Además, el modelo refleja rendimientos decrecientes a escala, atribuibles al uso inadecuado de los factores productivos.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación emplea una metodología de tipo descriptiva-correlacional, con un enfoque cuantitativo, dado que se basa en la recopilación y análisis de datos numéricos provenientes de un conjunto de empresas. En esta sección se describen los principales indicadores utilizados para medir la productividad del sector, se estima la PTF mediante la aplicación de una función de producción Cobb-Douglas y se analizan distintos métodos econométricos empleados para su cálculo.

3.1. Métricas

Hackman (2008) propone una serie de métricas de productividad que permiten obtener información valiosa sobre el desempeño del sector, lo cual facilita la toma de decisiones fundamentadas. En primer lugar, destaca la variación de las ventas como una métrica fundamental para analizar el comportamiento del sector en comparación con periodos anteriores (Hackman, 2008).

$$\text{Variación de ventas} = \frac{\text{año final} - \text{año inicial}}{\text{año final}} \quad (1)$$

El segundo indicador son los ingresos por empleado. Mediante su cálculo se determina la productividad de las firmas, según los ingresos que generen los empleados (Hackman, 2008).

$$\text{Ingresos por empleado} = \frac{\text{Total ingresos de los últimos 12 meses (LTM)}}{\text{Número actual de empleados a tiempo completo}} \quad (2)$$

La tercera métrica es la productividad del capital del trabajo (PKT), que refleja la cantidad de efectivo que se demanda del flujo de caja.

$$PKT = \frac{KTNO}{Ventas} \quad (3)$$

Donde $KTNO$ es el capital de trabajo neto operativo y se calcula de la siguiente manera:

$$KTNO = \text{Cuentas por cobrar} + \text{Inventarios} - \text{Cuentas por pagar} \quad (4)$$

El último indicador es el ciclo de conversión del efectivo (CCE), el cual permite calcular el tiempo que transcurre desde que la empresa adquiere la materia prima hasta que vende el bien final (Martínez, 2022).

$$CCE = EPI + PPC - PPP \quad (5)$$

Donde:

EPI es el inventario; PPC es el periodo de cobro y PPP es el periodo promedio de pago.

3.2. Función de producción Cobb Douglas

Para estimar la PTF, se utiliza una función de producción Cobb-Douglas aplicada a datos de panel. Este enfoque sigue la línea de los trabajos seminales sobre crecimiento económico de Solow (1957), Denison (1967) y Romer (1986), quienes se basan en el uso de bienes intermedios, insumos de capital y trabajo, como se representa en la siguiente ecuación (Camino & Bermúdez, 2021).

$$Y_{it} = A_{it} K_{it}^{\alpha} L_{it}^{\beta} M_{it}^{\gamma} \quad (6)$$

Tomando logaritmos, tendremos las variables en minúsculas:

$$y_{it} = a_{it} + \alpha k_{it} + \beta l_{it} + \gamma m_{it} + \varepsilon_{it} \quad (7)$$

Donde y_{it} es el logaritmo de la producción (*output*); a_{it} es el shock de productividad correlacionado en serie; k_{it} , el logaritmo del insumo capital (formación bruta de capital fijo); l_{it} , el logaritmo del insumo trabajo (número de trabajadores entre obreros y administrativos); m_{it} es el logaritmo del factor Insumos intermedios, y ε_{it} el error del modelo.

Luego, con las elasticidades estimadas, se calcula la PTF:

$$A_{it} = \frac{y_{it}}{\alpha k_{it} + \beta l_{it} + \gamma m_{it}} \quad (8)$$

Dado que se trabaja con datos de panel, existen diversas alternativas econométricas para estimar la PTF. A continuación, se describen los principales métodos utilizados en la literatura.

Van Biesebroeck (2007) menciona el método de mínimos cuadrados ordinarios (MCO), el cual presenta varios problemas en este tipo de estimaciones. En primer lugar, los coeficientes estimados de los insumos variables pueden estar afectados por endogeneidad. En segundo lugar, el coeficiente del capital puede estar sesgado por la endogeneidad derivada del desgaste del mismo (Olley & Pakes, 1996). En tercer lugar, los resultados pueden presentar sesgos debido a diferencias en las tecnologías de producción entre las empresas (De Loecker, 2007).

El segundo método es el de efectos fijos, que incluye los estimadores en primera diferencia y los estimadores intragrupos. El primero elimina el efecto fijo bajo la suposición de que la heterogeneidad no observable es constante en el tiempo. Sin embargo, esta suposición puede no sostenerse si el periodo de análisis incluye cambios macroeconómicos relevantes o si el panel es largo. Por su parte, el estimador intragrupo asume que la productividad no observada es constante para cada firma. En general, este método parte de una estricta exogeneidad de los insumos, lo que implica que estos no deben reaccionar ante cambios en la productividad, una condición que difícilmente se cumple en la práctica (Van Beveren, 2012).

El tercer método es el estimador de efectos aleatorios, el cual consiste en que el efecto inobservable no se correlaciona con ninguna variable independiente. Se aplica el método de mínimos cuadrados generalizados para aclarar los inconvenientes formados por la correlación serial, por lo que se debe tener una N grande y una T pequeña.

El cuarto método es el generalizado de momentos (GMM), propuesto por Blundell & Bond (2000), quienes afirman que este estimador da como resultados estimaciones de parámetros confiables. Además, Arellano y Bond (1991), así como Blundell y Bond (2000), desarrollan el modelo GMM-SYS, que utiliza el capital como variable exógena, y el trabajo y los bienes intermedios como variables endógenas. Van Biesebroeck (2007) destaca que, incluso en presencia de errores de medición, el GMM-SYS produce estimaciones robustas de productividad, especialmente cuando la variación de la productividad

es invariante en el tiempo. No obstante, este método presenta limitaciones, como la necesidad de contar con paneles extensos y la debilidad potencial de los instrumentos, lo que puede llevar a una subestimación de las elasticidades de los insumos, al igual que ocurre con los efectos fijos.

Van Biesebroeck (2007) señala que el método GMM-SYS es un estimador dinámico que, en presencia de errores de medición o de tecnologías de producción heterogéneas —como ocurre, por ejemplo, en el caso de Ecuador—, proporciona estimaciones particularmente robustas. Incluso cuando no se presentan estas formas de heterogeneidad, este método ofrece resultados confiables, siempre que al menos parte de la variación en la productividad se mantenga constante a lo largo del tiempo (Van Beveren, 2012).

4. RESULTADOS Y LIMITACIONES

4.1. Estadísticos descriptivos del sector bebidas

La tabla 1 muestra los principales estadísticos descriptivos del sector bebidas en el Ecuador, con un total de 739 observaciones, en donde se evidencian empresas con un solo trabajador y con máximo 5.193 trabajadores. Además, se reporta como activo fijo neto mínimo y máximo de \$0,000024 y \$455,86 millones, respectivamente. De igual manera, el gasto mínimo y máximo en materias primas para la producción es de \$0,000005 y de \$198,21M, respectivamente. Por otro lado, la media de las ventas operacionales es 126.155,23 veces mayor que la media de los trabajadores, de igual manera la media de los ingresos por ventas es 2,17 veces mayor que la media del activo fijo neto. Finalmente, la media de ingreso por ventas es 5,36 veces mayor que la media del consumo de materias primas.

En la tabla 2 se repite el mismo procedimiento, pero agrupando los datos según el tamaño de las empresas. Se observa una diferencia significativa en los ingresos por ventas operativas de acuerdo con el tamaño empresarial. En promedio, las empresas grandes registran ingresos 36,52 veces mayores que las empresas medianas; a su vez, las medianas superan en 5,54 veces a las pequeñas, y estas últimas presentan ingresos 11,55 veces superiores a los de las microempresas.

Tabla 1. Estadísticos descriptivos del sector bebidas (millones de dólares)

Variables	Obs	Media	Des.Std.	Min	Max
VtasOp	739	\$ 12,03	\$ 65,86	\$ 0,000031	\$ 536,28
L	739	95,37	466,61	1	5193
AFN	739	\$ 5,53	\$ 32,07	\$ 0,000024	\$ 455,86
M	739	\$ 2,24	\$ 12,99	\$ 0,000005	\$ 198,21

Fuente: Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros del Ecuador (2023)

Tabla 2. Estadísticos descriptivos del sector bebidas según el tamaño de las firmas (millones de dólares)

Tamaño	Variables	Obs	Media	Desv.Std.	Min	Max
Grande	VtasOp	102	\$ 82,92	\$ 159,98	\$ 1,65	\$ 536,28
	L	102	597	1133	2	5193
	AFN	102	\$ 37,08	\$ 79,30	\$ 0,005	\$ 455,86
	M	102	\$ 14,57	\$ 32,32	\$ 0,13	\$ 198,21
Mediana	VtasOp	141	\$ 2,27	\$ 1,14	\$ 0,68	\$ 4,97
	L	141	36	28	2	140
	AFN	141	\$ 1,28	\$ 1,70	\$ 0,0002	\$ 15,88
	M	141	\$ 0,88	\$ 0,85	\$ 0,002	\$ 3,42
Pequeña	VtasOp	258	\$ 0,41	\$ 0,27	\$ 0,008	\$ 1,00
	L	258	13	11	1	78
	AFN	258	\$ 0,38	\$ 0,77	\$ 0,0004	\$ 6,99
	M	258	\$ 0,16	\$ 0,19	\$ 0,00001	\$ 1,14
Micro	VtasOp	238	\$ 0,04	\$ 0,04	\$ 0,00003	\$ 0,46
	L	238	5	3	1	24
	AFN	238	\$ 0,10	\$ 0,47	\$ 0,00002	\$ 6,95
	M	238	\$ 0,03	\$ 0,06	\$ 0,000005	\$ 0,46

Fuente: Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros del Ecuador (2023)

4.2. Métricas de la productividad

En la tabla 3 se observa que el mayor incremento de los ingresos operacionales se produjo en el año 2018, cuando las ventas fueron 1,64 veces superiores a las registradas en 2017. Por otro lado, la tasa de crecimiento negativa más

significativa se presentó en 2020, lo cual puede atribuirse al impacto del brote de la enfermedad por coronavirus (COVID-19).

Tabla 3. Métricas de la productividad

Año	Variación de ventas	Variación del PKT	Variación de IXT	CCE	Ciclo operativo
2012	—	—	—	185,00	298,07
2013	12,79 %	-50,10 %	-97,54 %	77,19	244,85
2014	-27,36 %	47,19 %	30,51 %	38,65	651,52
2015	5,24 %	10,38 %	35,62 %	101,01	532,37
2016	-4,23 %	27,33 %	-65,13 %	79,72	616,91
2017	-35,88 %	-29,00 %	-53,23 %	157,10	2.068,11
2018	64,72 %	-68,84 %	665,92 %	38,36	1.507,30
2019	1,73 %	3.111,48 %	-62,79 %	192,20	1.186,73
2020	-38,47 %	58,54 %	17,60 %	61,73	1.304,80
2021	17,35 %	8,97 %	286,29 %	131,74	606,90

Fuente: Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros del Ecuador (2023)

La segunda métrica es la productividad del capital de trabajo (PKT), la cual indica que, mientras más bajo sea este indicador, mayor será la productividad en el uso del capital de trabajo. En este sentido, los años 2013 y 2018 registraron los valores más bajos de PKT, lo que implica una menor necesidad de financiamiento para las operaciones en relación con las ventas. En contraste, los años 2020 y 2021 presentaron las tasas de crecimiento más altas en la PKT, como consecuencia de la crisis sanitaria.

La tercera métrica corresponde a los ingresos por trabajador. En 2018 se registró el valor más alto de este indicador, lo cual resulta favorable para las empresas, ya que los ingresos operacionales fueron mayores en relación con el número de empleados, reflejando una mayor productividad laboral. Por el contrario, el año menos productivo fue 2013, al presentar una caída del 97,54 % en la tasa de variación de ingresos por trabajador.

Finalmente, la última métrica es el ciclo de conversión del efectivo (CCE), en la cual se busca que el valor sea lo más corto posible. En los años 2014 y 2018 se registraron los valores más bajos del CCE, lo que indica que el periodo promedio de pago superó al de cobro. Esta situación es favorable, ya que permite a las empresas disponer de liquidez para invertir y operar sin recurrir al financiamiento externo de corto plazo, al contar con respaldo de sus propios proveedores.

Es importante destacar, como se observa en el anexo 1, que las empresas no presentan un comportamiento constante en sus ingresos por ventas

operacionales a lo largo del periodo analizado. Esto evidencia la existencia de heterogeneidad tanto en las ventas anuales agregadas como en el comportamiento individual de cada firma. Al comparar los valores de ventas entre empresas, se observa que la estructura de distribución en el gráfico no se mantiene constante, lo que confirma la presencia de heterogeneidad en el sector.

4.3. Estimación de la función de producción del sector C11

Como se puede observar en la tabla 4, todas las variables indican la significancia de 0,001 para el modelo de regresión MCO Agrupados. En este sentido, al utilizar los coeficientes estimados del modelo, se considera que estos valores representan las elasticidades de los factores de producción. Así, se obtiene que un aumento del 1 % en el número de trabajadores, manteniéndose constantes las demás variables, incrementa el ingreso por ventas operacionales en un 0,521 %. De igual manera, un incremento del 1 % en el activo fijo neto, *ceteris paribus*, genera un aumento del 0,196 % en los ingresos. Finalmente, si el consumo de materias primas crece en un 1 %, también manteniendo constantes las demás variables, el ingreso por ventas operacionales se incrementa en un 0,444 %.

Tabla 4. Función de producción del sector C11

	MCO agrupados	MEF	MEA
L	0,521***	0,604***	0,354***
AFN	0,196***	0,126.	0,232***
M	0,444***	0,522***	0,339***
Constante	4,021***	3,744***	5,030***
R2	0,779***	0,795***	0,610***

Fuente: Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros del Ecuador (2023)

Nota: Los asteriscos ‘***’ indican la significancia al 0,001, ‘**’ indica la significancia al 0,01, ‘*’ indica la significancia al 0,05, ‘.’ indica la significancia al 0,1

Por otro lado, en el modelo de efectos fijos, la única variable que no resulta significativa al nivel del 0,001 es el activo fijo neto. Al emplear los coeficientes estimados de este modelo —los cuales representan elasticidades— se obtienen los siguientes resultados: un incremento del 1 % en el número de trabajadores, manteniéndose constantes las demás variables, genera un aumento del 0,126 % en los ingresos por ventas operacionales. En el caso del activo fijo neto, un aumento del 1 % se asocia con un incremento del 0,196 % en los

ingresos. Finalmente, un crecimiento del 1 % en el consumo de materias primas produce un aumento del 0,522 % en los ingresos por ventas operacionales.

Los resultados para el modelo de efectos acumulados demuestran que todas las variables resultan significativas al 0,001. Utilizando los coeficientes estimados —también interpretados como elasticidades— se obtiene que un aumento del 1 % en el número de trabajadores *ceteris paribus* incrementa los ingresos por ventas operacionales en un 0,354 %. Un incremento del 1 % en el activo fijo neto eleva los ingresos en un 0,232 %, mientras que un aumento del 1 % en el consumo de materias primas se traduce en un crecimiento del 0,339 % en los ingresos operacionales.

En el mismo contexto, la tabla 5 presenta los resultados de la estimación de la función de producción mediante el método GMM-SYS. En este modelo, las variables activo fijo neto y número de trabajadores resultan significativas al nivel del 0,05, mientras que la variable consumo de materias primas es significativa al 0,01.

Tabla 5. Estimación de la función de producción del sector bebidas

	Estimate	Std. Error	z-value	Pr(> z)
lag(log(VtasOp),	0,765469	0,066141	115,732	< 2,2e-16***
log(AFN)	0,047134	0,020747	22,719	0,023092 *
log(L)	0,104206	0,044633	23,347	0,019558 *
log(M)	0,109677	0,036627	29,944	0,002749 **

Fuente: Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros del Ecuador (2023)

Nota: Los asteriscos ‘***’ indican la significancia al 0,001, ‘**’ indica la significancia al 0,01, ‘*’ indica la significancia al 0,05, ‘.’ indica la significancia al 0,1

En este modelo, los coeficientes estimados se interpretan como elasticidades. Así, un incremento del 1 % en el número de trabajadores, manteniéndose constantes las demás variables, genera un aumento del 0,1042 % en los ingresos por ventas operacionales. De igual forma, un incremento del 1 % en el activo fijo neto se asocia con un crecimiento del 0,0471 % en los ingresos, mientras que un aumento del 1 % en el consumo de materias primas produce una variación positiva del 0,1096 %. Estos resultados indican que el sector de bebidas presenta rendimientos decrecientes a escala.

La validez del modelo GMM-SYS depende de la adecuación de los instrumentos utilizados, es decir, de la validez de los rezagos de la variable dependiente, de las variables explicativas y del resto de los instrumentos empleados. Para ello se aplicó la prueba de Sargan, cuya hipótesis nula plantea que las restricciones de sobreidentificación son válidas. En este caso, no se

rechaza la hipótesis nula, con un valor p de 0,16, lo que confirma la validez de los instrumentos seleccionados.

4.4. Evolución de la productividad total de los factores en el sector bebidas

La tabla 6 muestra las tasas de crecimiento de los promedios de la productividad total de los factores en el sector C11. Se observa que, en algunos años, estas tasas registran valores negativos. En 2016, Ecuador se vio afectado por un terremoto de gran magnitud, lo que provocó una caída del 2,69 % en la productividad del sector. La provincia de Manabí —una de las principales generadoras de ingresos para la industria de bebidas— fue la más perjudicada por este evento.

Asimismo, en 2020, el país enfrentó una profunda crisis económica derivada de la pandemia de COVID-19, lo que generó una contracción del PIB del 7,8 %. Este contexto afectó significativamente la productividad de las empresas del sector, con una caída del 4,13 % en la producción.

No obstante, en 2021 se registró una recuperación del 1,37 % en la producción del sector. Esta mejora puede atribuirse a una reducción del nivel de empleo y del número de empresas, así como a la adaptación de las condiciones de trabajo, seguridad y relaciones con proveedores y clientes, impulsadas por la pandemia. Estos cambios promovieron procesos que contribuyeron al aumento de la eficiencia y la productividad empresarial.

Tabla 6. Variación de la PTF del sector bebidas

Año	PTF	Variación PTF
2012	10,92	-
2013	10,59	-3,04 %
2014	10,76	1,61 %
2015	10,88	1,14 %
2016	10,59	-2,69 %
2017	10,74	1,39 %
2018	10,59	-1,35 %
2019	10,62	0,25 %
2020	10,18	-4,13 %
2021	10,32	1,37 %

Fuente: Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros del Ecuador (2023)

En la tabla 7 se compara los resultados del promedio de la PTF según el tamaño de las empresas, lo que permite identificar cuáles presentan, en promedio, mayores niveles de productividad. Durante el periodo de análisis, se observa que las empresas grandes y medianas son, en promedio, más productivas que las pequeñas y las microempresas.

Tabla 7. PTF del sector bebidas según su tamaño

Año	Grande	Mediana	Pequeña	Microempresa
2012	14,53	12,28	10,63	8,57
2013	14,26	12,32	10,79	8,02
2014	13,59	11,99	10,71	8,03
2015	13,71	12,04	10,83	8,69
2016	13,76	12,03	10,69	8,31
2017	13,47	12,14	10,69	8,44
2018	13,80	12,09	10,86	8,00
2019	13,82	12,19	10,83	8,20
2020	13,46	12,05	10,39	7,78
2021	13,71	12,33	10,64	8,25

Fuente: Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros del Ecuador (2023)

La tabla 8 presenta las tasas de crecimiento promedio de la PTF según el tamaño de las empresas del sector C11. En el año 2020, todas las categorías empresariales registraron valores negativos, como resultado del impacto de la pandemia. Las pequeñas empresas y microempresas fueron las más afectadas, en comparación con las empresas grandes y medianas. No obstante, en 2021, la industria de bebidas mostró señales de recuperación, reflejadas en tasas de variación positivas en todos los tamaños empresariales.

Tabla 8. Variación de la PTF del sector bebidas según su tamaño

Tamaño	Grande	Mediana	Pequeña	Microempresa
2012	0	0	0	0
2013	-1,86 %	0,36 %	1,53 %	-6,45 %
2014	-4,72 %	-2,69 %	-0,76 %	0,13 %
2015	0,90 %	0,44 %	1,18 %	8,15 %
2016	0,41 %	-0,08 %	-1,31 %	-4,35 %
2017	-2,17 %	0,90 %	0,04 %	1,60 %
2018	2,45 %	-0,43 %	1,56 %	-5,28 %
2019	0,18 %	0,88 %	-0,32 %	2,59 %
2020	-2,63 %	-1,21 %	-4,07 %	-5,13 %
2021	1,87 %	2,33 %	2,41 %	5,99 %

Fuente: Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros del Ecuador (2023)

La tabla 9 presenta las brechas de productividad de las empresas medianas, pequeñas y microempresas en relación con las grandes empresas. Esto se fundamenta en los resultados observados en la tabla 7, donde se evidenció que las empresas de mayor tamaño registran, en promedio, los niveles más altos de productividad durante el periodo analizado.

Tabla 9. Brechas productivas con respecto a la gran empresa

Tamaño	Mediana	Pequeña	Microempresa
2012	2,25	3,90	5,96
2013	1,94	3,47	6,24
2014	1,60	2,88	5,55
2015	1,67	2,88	5,02
2016	1,73	3,07	5,46
2017	1,33	2,77	5,02
2018	1,71	2,93	5,80
2019	1,63	2,99	5,62
2020	1,41	3,07	5,67
2021	1,38	3,07	5,46

Fuente: Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros del Ecuador (2023)

Por último, durante el desarrollo de la presente investigación se identificaron algunas debilidades. En primer lugar, no se trabajó con cifras deflactadas,

sino con valores nominales. Por ello, se recomienda que futuras investigaciones utilicen datos deflactados para cada una de las variables, con el fin de obtener resultados más precisos. En segundo lugar, se detectó la presencia de datos atípicos en ciertos años, especialmente en la variable trabajo, lo cual podría estar relacionado con el tamaño de las empresas. En este sentido, un análisis a nivel de rama industrial podría contribuir a superar estas limitaciones y mejorar la construcción de la base de datos para la estimación del modelo.

4.5. Limitaciones

La presente investigación analiza la producción del sector C11 (bebidas) y estima la PTF durante el periodo 2012-2021. Para ello, se utilizó un panel de datos poblacionales provenientes de la Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros, empleando como variable dependiente las ventas operacionales, y como variables independientes el activo fijo neto, el número de trabajadores y el consumo de materias primas. Dado que la información se encuentra a nivel de firma, los resultados muestran que la producción empresarial depende principalmente del activo fijo neto, seguido del número de trabajadores y, en menor medida, del consumo de materias primas.

4.6. Discusión de los resultados

Estos resultados contrastan con los hallazgos de Camino et al. (2018), quienes, al analizar la industria manufacturera ecuatoriana entre 2007 y 2016 con una metodología similar, identificaron al consumo de materias primas como el factor más influyente en los ingresos por ventas. Esta diferencia puede explicarse por la baja intensidad tecnológica del país, que obliga a importar gran parte de los insumos necesarios para la producción de bienes finales.

En contraste, Pinos et al. (2021) utilizaron información macroeconómica en lugar de datos a nivel empresarial. Para construir una función de producción del sector manufacturero C23, aplicaron un análisis de series de tiempo, donde emplearon como variable dependiente el valor agregado bruto real, y como variables independientes la formación bruta de capital fijo y el trabajo, medido a través del número de personas afiliadas al sector. Los datos fueron obtenidos de fuentes oficiales secundarias: el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC, 2019) y el Banco Central del Ecuador (BCE, 2020). Como se evidencia, las variables utilizadas en la presente investigación no coinciden con las de Pinos et al., particularmente en lo que respecta al consumo de materias primas, una variable que no se incluye en los modelos macroeconómicos, pero que sí es relevante en los análisis microeconómicos a nivel de firma.

Por otro lado, al trabajar con datos a nivel empresarial, es posible aplicar distintas metodologías para estimar la PTF, cada una con ventajas y limitaciones. Por ello, se comparan estimadores paramétricos y no paramétricos

con el fin de seleccionar el más adecuado (Van Biesebroeck, 2007). Entre los paramétricos, Camino y Bermúdez (2021) destacan el método de mínimos cuadrados ordinarios (MCO), aunque reconocen que presenta problemas de estimación relacionados con la endogeneidad de los insumos, el desgaste del capital y posibles sesgos. Adicionalmente, Van Biesebroeck (2007) señala que, si bien el MCO puede abordar la correlación serial, no resuelve adecuadamente la heterogeneidad no observable, problema que sí se intenta mitigar con el estimador de efectos fijos. Según Van Beveren (2012), este último suprime los efectos individuales constantes en el tiempo, pero su aplicación resulta compleja cuando el periodo de análisis incluye cambios macroeconómicos significativos, un supuesto difícil de cumplir en la práctica.

Los tres métodos paramétricos previamente analizados presentan diversas limitaciones. Para superarlas, se recurre a un enfoque más sofisticado: el método generalizado de momentos (GMM), propuesto por Blundell y Bond (2000), quienes destacan que este estimador ofrece parámetros más consistentes. En particular, cuando existen errores de medición o heterogeneidad tecnológica, Van Biesebroeck (2007) señala que el estimador GMM-SYS proporciona las estimaciones de productividad más sólidas entre los métodos paramétricos.

Por esta razón, en la presente investigación se optó por aplicar el modelo dinámico GMM-SYS, considerando que, en el contexto ecuatoriano, existen tanto errores de medición como heterogeneidad en las tecnologías de producción. En línea con lo planteado por Van Beveren (2012), este método también ofrece resultados fiables incluso en ausencia de heterogeneidad, siempre que parte de la variación en la productividad sea constante a lo largo del tiempo. No obstante, entre sus desventajas se encuentran la necesidad de contar con un panel extenso y el riesgo de subestimación de las elasticidades si los instrumentos utilizados son débiles, una limitación compartida con el estimador de efectos fijos.

Los coeficientes estimados del modelo GMM-SYS para el sector C11 indican que la elasticidad del activo fijo neto es superior a la de los demás insumos utilizados en la elaboración de bebidas, seguida por el consumo de materias primas y, en menor medida, por el número de trabajadores. De manera similar, Cacho y Espinoza (2019) analizaron la producción de la industria de alimentos y bebidas en Ecuador mediante mínimos cuadrados ordinarios (MCO), y concluyeron que el capital es el factor que más incide en la producción de las firmas. Esto sugiere que el uso de maquinaria constituye un pilar fundamental para el desarrollo económico del país.

Por otro lado, al comparar con los resultados obtenidos por Camino et al. (2018) para el sector manufacturero ecuatoriano, se observa una diferencia en el orden de importancia de los insumos: en su estudio, el consumo de materias primas presenta la mayor elasticidad, seguido del trabajo y, finalmente, del activo fijo neto. Esta comparación pone de relieve que la intensidad en el uso

de los factores de producción varía según el subsector, y está determinada por las características específicas del proceso productivo de cada uno.

En cuanto a los resultados de la productividad total de los factores (PTF) obtenidos en este estudio, las tasas de crecimiento promedio en el sector C11 muestran similitudes con las reportadas por Camino et al. (2018), al presentar cuatro valores negativos durante el periodo 2012–2021. Por ejemplo, en 2016, Ecuador fue afectado por un terremoto que provocó un decrecimiento del 2,69 % en la productividad del sector, siendo la provincia de Manabí —una de las principales generadoras de ingresos en la industria de bebidas— la más perjudicada.

De igual forma, en 2020, la crisis sanitaria causada por la pandemia de COVID-19 generó un decrecimiento del 7,8 % en el PIB nacional y afectó significativamente la productividad del sector, con una caída del 4,13 %, atribuida a la disminución del empleo y al cierre de empresas. En el estudio de Camino et al. (2018), también se identificaron tasas negativas importantes en 2014 y 2016, años en los que la media de la PTF mostró una reducción considerable en el sector manufacturero. Estos resultados podrían explicarse, además del terremoto de 2016, por la caída de los precios de los *commodities* de exportación, lo que redujo los ingresos y, en consecuencia, la productividad empresarial.

5. CONCLUSIONES Y DISCUSIÓN

El cálculo de la PTF para la industria de bebidas en Ecuador, durante el periodo 2012–2021, se realizó mediante la estimación de una función de producción Cobb-Douglas, aplicando distintos métodos paramétricos. Se optó por el estimador GMM-SYS, por su capacidad para generar resultados más robustos y confiables, al controlar la heterogeneidad no observable. Los resultados muestran que todas las variables independientes presentan coeficientes positivos y significativos, siendo el activo fijo neto el factor con mayor elasticidad, por encima del número de trabajadores y el consumo de materias primas.

Este hallazgo indica que en el Ecuador el uso de activos fijos netos, como por ejemplo de máquinas, equipos de transporte, propiedades, etc., son la fuente principal de la producción de bebidas, siendo un pilar fundamental para el desarrollo económico de este sector, ya que es necesario el uso de una variedad de maquinarias para obtener un producto final. Además tiene sentido que esta variable resulte la más significativa, ya que según Franson et al. (2011) es fundamental la inversión en los medios de transporte que se dirigen hacia los puntos de venta, realizado habitualmente por las diversas vías del país, como en camiones de los fabricantes o distribuidores.

Tras la estimación de las elasticidades de los factores productivos, se calcularon diversas métricas de productividad. En los años 2013 y 2018, la

productividad del capital de trabajo (PKT) alcanzó sus valores más bajos, lo cual es favorable para el sector, ya que un menor valor de este indicador implica una mayor eficiencia en el uso del capital de trabajo. En cuanto a la variación de las ventas, el año 2021 registró la tasa de crecimiento más reducida del periodo, como consecuencia del impacto de la crisis sanitaria.

Otra métrica relevante fue el ciclo de conversión del efectivo (CCE), cuyos valores más bajos se observaron en 2014 y 2018. Esta situación, en la que el periodo promedio de pago excede al de cobro, resulta beneficiosa para las empresas, ya que les permite disponer de recursos líquidos para invertir sin necesidad de recurrir a financiamiento externo.

En relación con la PTF, se evidenció que, en promedio, las empresas grandes y medianas son más productivas que las pequeñas y microempresas. De hecho, las primeras registran ingresos por ventas operativas 36,52 veces superiores al promedio de los demás tamaños empresariales. En 2020, todas las categorías de empresas presentaron tasas negativas de crecimiento en la PTF debido al impacto de la pandemia de COVID-19, siendo las pequeñas y microempresas las más afectadas. Sin embargo, en 2021, la industria de bebidas mostró señales de recuperación, con tasas de variación positivas, en un contexto de control sanitario progresivo gracias a las campañas de vacunación y prevención implementadas por el Ministerio de Salud Pública.

En este mismo contexto, en 2016 Ecuador fue afectado por un terremoto que provocó un decrecimiento del 2,69 % en la PTF del sector C11. La provincia de Manabí, una de las principales generadoras de ingresos dentro de la industria de bebidas, fue la más perjudicada. Por su parte, en 2020, la crisis sanitaria derivada de la pandemia de COVID-19 generó una contracción del 7,8 % en el PIB nacional y una caída del 4,13 % en la producción del sector, debido a la disminución del empleo y a la reducción en el número de empresas activas.

En 2021, la industria de bebidas experimentó una recuperación del 1,37 % en la producción. Este repunte se atribuye a la implementación de medidas de seguridad para trabajadores, proveedores y clientes, así como a la adaptación de los procesos organizacionales, lo que contribuyó a mejorar la productividad y eficiencia operativa de las empresas.

A partir de los resultados obtenidos, se recomienda que el país implemente medidas orientadas a la utilización eficiente de los factores productivos. Entre ellas, se sugiere fomentar la adquisición de maquinaria eficaz para los procesos productivos, así como promover la contratación de mano de obra especializada que contribuya al uso óptimo de los recursos. Además, es fundamental que el Estado genere incentivos para la inversión en capital y tecnología en el sector de bebidas. Esto puede lograrse mediante políticas comerciales, como la reducción de tasas fiscales y aranceles, o a través de políticas financieras que faciliten el acceso al crédito. En este sentido, Bekerman y Dalmasso (2014), en el caso de Argentina, propusieron la implementación de programas

de financiamiento público y facilidades crediticias como mecanismos efectivos para estimular la productividad empresarial.

Finalmente, la industria manufacturera desempeña un papel fundamental en la economía ecuatoriana, y su nivel de producción está estrechamente vinculado a factores como el activo fijo neto, el trabajo y los insumos. El subsector C11, correspondiente a la elaboración de bebidas, contaba con aproximadamente 243 empresas en el país en 2021. En este contexto, se recomienda potenciar los factores más influyentes en la productividad del sector y promover nuevas líneas de investigación que analicen los determinantes de la productividad total en otros subsectores de la industria manufacturera ecuatoriana. Ello permitiría optimizar los procesos productivos, incrementar la producción y, en consecuencia, contribuir al crecimiento económico nacional y al fortalecimiento de la presencia de estas industrias en el mercado extranjero.

BIBLIOGRAFÍA

- Arellano, M., & Bond, S. (1991). *Some Tests of Specification for Panel Data: Monte Carlo Evidence and an Application to Employment Equations*. *The Review of Economic Studies*, 58(2), 277–297.
- Armenta, J. (2022). *Productividad total de los factores de las regiones de México: 1993–2018*. *Ra Ximhai: Revista Científica de Sociedad, Cultura y Desarrollo Sostenible*, 18(3), 19–43.
- Banco Central del Ecuador. (2020). *Boletín de cuentas nacionales trimestrales*. Boletín No. 113, valores constantes USD 2007 y corrientes, periodo: 2000.I–2020.III. <https://contenido.bce.fin.ec/home1/estadisticas/cntrimestral/CNTriMestral.jsp>
- Banco Central del Ecuador. (2023). *Información estadística mensual No. 2062–diciembre 2023*. Banco Central del Ecuador. <https://contenido.bce.fin.ec/documentos/PublicacionesNotas/Catalogo/IEMensual/Indices/m2062122023.html>
- Bastidas, R., & Acosta, N. (2019). Misallocation and Manufacturing TFP in Ecuador: Formal, Semi-Formal and Informal Firms. *Journal of Economic Structures*, 8(1), 16. <https://doi.org/10.1186/s40008-019-0147-1>
- Becerra, D., & Lemos, M. (2021). *La productividad del sector manufacturero: caso Colombia 2005–2016*. *Revista Mexicana de Economía y Finanzas*, 16(4), 1–27. <https://doi.org/10.21919/remef.v16i4.527>
- Bekerman, M., & Dalmaso, G. (2014). *Políticas productivas y competitividad industrial: el caso de Argentina y Brasil*. *Revista de Economía Política*, 34(1), 158–180. <https://doi.org/10.1590/S0101-31572014000100010>
- Benzaquen, J. (2017). *Total Factor Productivity of the Latin-American Industry: Large Shipbuilding in Peru*. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 66(2), 231–250.
- Bernal, J. R. (2010). *El residuo de Solow revisado*. *Revista de Economía Institucional*, 12(23), 347–361. <https://www.redalyc.org/pdf/419/41915521014.pdf>
- Blundell, R., & Bond, S. (2000). GMM Estimation with Persistent Panel Data: An Application to Production Functions. *Econometric Reviews*, 19(3), 321–340.
- Cacho, M., & Espinoza, D. (2019). *Análisis econométrico de la producción en la industria de alimentos y bebidas del Ecuador durante el periodo 2007–2017*. *X-Pendientes Económicos*, 3(6), 6–22. <http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/392/3921933007/html/index.html>

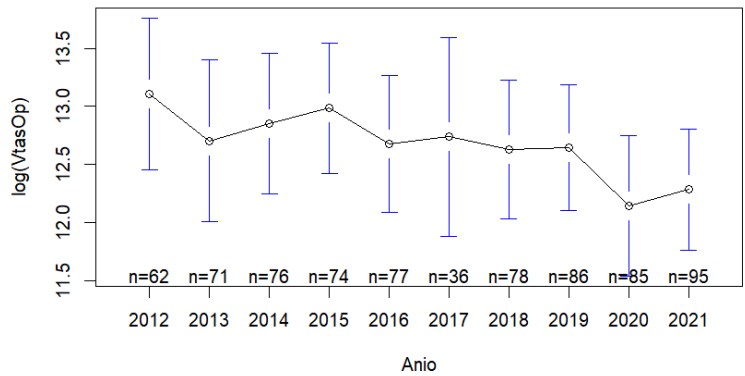
- Cadena, J. L., Pereira, N. D., & Perez, Z. P. (2019). Innovation and Its Impact on the Growth and Development of Companies in the Food and Beverage Sector of the Distrito Metropolitano de Quito During 2017. *Espacios*, 40(22).
- Camino, S., Armijos, G., & Cornejo, G. (2018). Productividad total de los factores en el sector manufacturero ecuatoriano: evidencia a nivel de empresas. *Cuadernos de economía*, 41(117), 241–261. <https://doi.org/10.32826/cude.v41i117.91>
- Camino, S., Armijos, M., Parrales, K., & Herrer, L. (2020). *Estudios sectoriales: la eficiencia de las empresas manufactureras en el Ecuador 2013–2018*. Dirección Nacional de Investigación y Estudios de la Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros del Ecuador, 1–21. https://investigacionyestudios.supercias.gob.ec/wp-content/uploads/2020/01/eficienciamanufactura_FINAL.pdf
- Camino, S., & Bermudez, N. (2021). Productivity Determinants in the Construction Sector in Emerging Country: New Evidence from Ecuadorian Firms. *Review of Development Economics*, 25(4), 6–23. <https://doi.org/10.1111/rode.12771>
- Chen, P. C., Yu, M. M., Chang, C. C., & Hsu, S. H. (2008). Total Factor Productivity Growth in China's Agricultural Sector. *China Economic Review*, 19(4), 580–593. <https://doi.org/10.1016/j.chieco.2008.07.001>
- De Loecker, J. (2007). Product Differentiation, Multi-Product Firms and Estimating the Impact of Trade Liberalization on Productivity. *National Bureau of Economic Research Working Paper Series*.
- Fernández Xicoténcatl, Rosa Isela, Almagro Vázquez, Francisco, & Terán Vargas, José. (2013). Un análisis de la productividad total de factores ampliada en la industria manufacturera de México 2003-2010. *Investigación administrativa*, 42(112), 51-63. Recuperado en 25 de junio de 2025, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2448-76782013000200051&lng=es&tlng=es.
- Franson, D., Colon, Z., Hirsheimer, M., Da Rocha, J., Bedrikow, B., Piombino, L., Aldi, R., Seguin, R., Durao, A., Eustace, J., & Ward, L. (2011). Industria de las bebidas: sectores basados en recursos biológicos. *Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo*, 65.1–65.16. <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/EnciclopediaOIT/tomo3/65.pdf>
- Gonçalves, D., & Martins, A. (2016). The Determinants of TFP Growth in the Portuguese Manufacturing Sector. *GEE Papers*, 62, 47–55.
- Hackman, S. (2008). Production Economics: Integrating the Microeconomic and Engineering Perspectives. *Springer Science & Business Media*. <https://doi.org/10.1007/978-3-540-75751-1>

- Hofman, A., Mas, M., Aravena, C., & De Guevara, J. (2017). Crecimiento económico y productividad en Latinoamérica: el proyecto LA-KLEMS. *Trimestre económico*, 84(334), 259–306. <https://doi.org/10.20430/ete.v84i334.302>
- Hsieh, C.-T., & Klenow, P. J. (2009). Misallocation and Manufacturing TFP in China and India. *The Quarterly Journal of Economics*, 124(4), 1403–1448. <http://www.jstor.org/stable/40506263>
- Ibujés, J. M., & Benavides, M. A. (2018). Contribución de la tecnología a la productividad de las pymes de la industria textil en Ecuador. *Cuadernos de Economía*, 41(115), 140–150. <https://doi.org/10.1016/j.cesjef.2017.05.002>
- Isaksson, A. (2007). *Determinants of Total Factor Productivity: A Literature Review*. United Nations Industrial Development Organization (UNIDO), July, 2–26.
- Levinsohn, J., & Petrin, A. (2003). Estimating Production Functions Using Inputs to Control for Unobservables. *The Review of Economic Studies*, 70(2), 317–341.
- Martínez, C. (2022). *Qué es el ciclo de conversión de efectivo*. Drip Capital. <https://www.dripcapital.com/es-mx/recursos/finanzas-guias/ciclo-de-conversion-de-efectivo>
- Mejía-Matute, S., García Galarza, E., Pinos Luzuriaga, L., Proaño Rivera, B., & Tonon Ordóñez, L. (2020). Función de producción Cobb-Douglas de la industria de elaboración de bebidas en el Ecuador. *Observatorio Empresarial*, (3), 1–38. <https://observaempresa.uazuay.edu.ec/sites/observaempresa.uazuay.edu.ec/files/public/2020-10/uazuay-obs-tercer-boletin-observatorio-empresarial.pdf>
- Mendoza Ramos, M. D. C., & Díaz González, E. (2019). Análisis de la productividad total de factores en la industria de alta tecnología en México, 2003-2013. *Análisis Económico*, 34(86), 65–89.
- Melitz, M. J., & Polanec, S. (2015). Dynamic Olley-Pakes Productivity Decomposition with Entry and Exit. *The RAND Journal of Economics*, 46(2), 362–375. <https://doi.org/10.1111/1756-2171.12088>
- Ministerio de Industrias y Productividad. (2017). *Industrias*. <http://www.industrias.gob.ec/wp-content/uploads/2017/01/politicaIndustrialweb-16-dic-16-baja.pdf>
- Mogro, S. (2017). Estimating a Production Function and Productivity Analysis: The Sector of Global Innovation for Local Markets. *Estudios Gerenciales*, 33(145), 400–411. <https://doi.org/10.1016/j.estger.2017.10.004>
- Olley, G., & Pakes, A. (1996). The Dynamics of Productivity in the Telecommunications Equipment Industry. *Econometrica*, 64(6), 1263–1297. <https://doi.org/10.2307/2171831>

- Patiño, F. A., & Ferro, E. (2024). *The Role of Firm Dynamics in Aggregate Productivity, Job Flows, and Wage Inequality in Ecuador* (No. 10739). The World Bank.
- Pinos, L., Silvia, L., Luis, M.-M., Ordóñez, T., & Rivera, B. P. (2021). La función de producción Cobb-Douglas: caso del sector C23 de fabricación de productos minerales no metálicos. *Boletín del Observatorio Empresarial de la Universidad del Azuay*, 2(3), 31–45.
- Romer, P. (1986). Increasing Returns and Long-Run Growth. *Journal of Political Economy*, 94(5), 1002–1037. <https://doi.org/10.1086/261420>
- Solow, R. (1957). Technical Change and the Aggregate Production Function. *The Review of Economics and Statistics*, 39(3), 312–320. <https://doi.org/10.2307/1926047>
- Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros del Ecuador. (2023). *Estudios sectoriales: manufacturas*. Dirección Nacional de Investigación y Estudios. Guayaquil: Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros del Ecuador.
- Tello, M. D. (2017). Innovación y productividad en las empresas de servicios y manufactureras: el caso del Perú. *Revista CEPAL*, (121), 73–92.
- Van Beveren, I. (2012). Total Factor Productivity Estimation: A Practical Review. *Journal of Economic Surveys*, 26(1), 98–128. <https://doi.org/10.1111/j.1467-6419.2010.00631.x>
- Van Biesebroeck, J. (2007). Robustness of Productivity Estimates. *The Journal of Industrial Economics*, 55(3), 529–569. <https://doi.org/10.1111/j.1467-6451.2007.00322.x>
- Vargas, B. (2014). La función de producción Cobb-Douglas. The role of production Cobb-Douglas. *Fides et Ratio*, 8, 67–74.
- Vial, B., & Zurita, F. (2018). Microeconomía. En *Microeconomía*. <https://doi.org/10.2307/j.ctt2111g56>

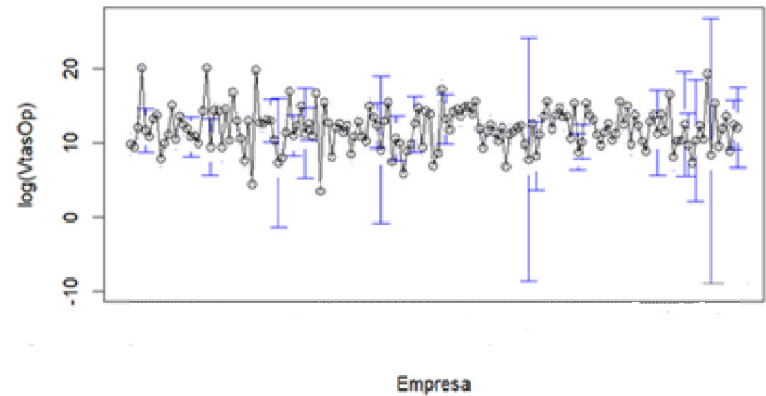
ANEXOS

Anexo A. Heterogeneidad en el tiempo

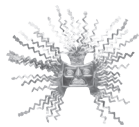


Fuente: Superintendencia de Companias, Valores y Seguros del Ecuador (2023)

Anexo B. Heterogeneidad entre las empresas



Fuente: Superintendencia de Companias, Valores y Seguros del Ecuador (2023)



LOGROLLING AND STRATEGIC PREFERENCES FOR HIGH- TRANSACTION-COST LEGISLATIVE DYNAMICS: A QUID PRO QUO LEVEL-K APPROACH

Carlos Torres-Acosta

Universidad San Francisco de Quito
Quito, Ecuador

Article Info

Received:

7th October 2024

Accepted:

4th June 2025

Keywords:

Logrolling
Vote-trading
Legislator
Coalition
K-levels
Reasoning
Transaction Cost

JEL:

B15, C71, D70, D72

DOI:

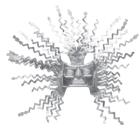
[https://doi.org/10.47550/
RCE/35.1.7](https://doi.org/10.47550/RCE/35.1.7)

Abstract

This paper introduces a proposal to consolidate concepts from different branches of economics, such as logrolling and the theory of levels of k-reasoning, to argue how legislators' preferences might vary in a mutually beneficial exchange of votes. It explores the possible forms that utility functions could take under transaction cost contexts such as ideological distance and delay in the processing of a bill proposal. It highlights arguments suggesting that a higher k-level could lead legislators to tend toward voting in favor of a coalition. Additionally, it incorporates a logrolling logic model through the conditional probability that the same coalition forms over two consecutive periods. Simultaneously, the article provides a historical overview of logrolling studies and legislative dynamics, considering both psychosocial and behavioral aspects of social choice.

¹ORCID: 0000-0002-5162-9023. CRediT: Conceptualization, data curation, formal analysis, investigation, methodology, project administration, validation, visualization, writing – original draft, writing – review and editing. Email: torres.carlosac@hotmail.com.

Copyright © 2025 Torres-Acosta. The authors retain copyright to the article. The article is distributed under the Creative Commons Attribution 4.0 License.



INTERCAMBIO DE VOTOS Y PREFERENCIAS ESTRATÉGICAS EN DINÁMICAS LEGISLATIVAS CON ALTOS COSTOS DE TRANSACCIÓN: UN ENFOQUE DE QUID PRO QUO BASADO EN NIVELES-K

Carlos Torres-Acosta

Universidad San Francisco de Quito
Quito, Ecuador

Información

Recibido:

7 de octubre de 2024

Aceptado:

4 de junio de 2025

Palabras clave:

Logrolling
Intercambio de votos
Legislador
Coalición
Niveles-k
Razonamiento
Costo de transacción

JEL:

B15, C71, D70, D72

DOI:

<https://doi.org/10.47550/RCE/35.1.7>

Resumen

Este artículo introduce una propuesta para consolidar conceptos de diferentes ramas de la economía, como el intercambio de votos (*logrolling*) y la teoría de niveles de razonamiento-k, con el objetivo de argumentar cómo pueden variar las preferencias de los legisladores en un intercambio mutuo y beneficioso de votos. Se exploran las posibles formas que podrían adoptar las funciones de utilidad en contextos de costos de transacción, como la distancia ideológica y los retrasos en la tramitación de una propuesta legislativa. Se destacan los argumentos que sugieren que un nivel-k más alto podría llevar a los legisladores a inclinarse por votar a favor de una coalición. Además, se incorpora un modelo lógico de *logrolling* mediante la probabilidad condicional de que la misma coalición se forme en dos periodos consecutivos. Simultáneamente, el artículo ofrece una revisión histórica de los estudios sobre *logrolling* y dinámicas legislativas, considerando aspectos psicosociales y de elección social conductual.

¹ORCID: 0000-0002-5162-9023. CRediT: Conceptualización, curación de datos, análisis formal, investigación, metodología, administración del proyecto, validación, visualización, redacción – borrador original, redacción – revisión y edición. Correo electrónico: torres.carlosac@hotmail.com.

Copyright © 2025 Torres-Acosta. Los autores conservan los derechos de autor del artículo. El artículo se distribuye bajo la licencia Creative Commons Attribution 4.0 License.

1. INTRODUCTION

When analyzing economic transactions within legislative procedures, votes can be interpreted as the currency of exchange among legislators. While legislative processes vary across countries and congressional systems, it is possible to identify analytical mechanisms that, through economic concepts, allow for a deeper understanding of voting behavior, particularly in contexts where mutual benefit and cooperation are central goals.

The main objective of this paper is to develop a theoretical framework that explains legislators' voting behavior as a strategic exchange process. This framework is grounded in the economic concept of logrolling and the principles of cognitive hierarchies from level- k reasoning. The research question addressed is: how do strategic reasoning and transaction costs influence the formation of legislative coalitions through vote trading mechanisms? To explore this question, the study employs an interdisciplinary approach that integrates public choice theory, behavioral economics, and strategic game theory. Using level- k reasoning, the paper investigates how legislators' expectations of others' actions shape their decision-making processes and influence coalition-building within the context of vote trading.

At the core of the analysis is the idea that legislative logrolling can reflect a level- k adaptation in the formation of coalitions or voting strategies, particularly under majority rule systems. The relevance of these dynamics varies depending on the institutional and electoral contexts, including the rules reinforced by a congress or embedded in a country's constitution. This study aims to identify key relationships between legislative votes, the incentives shaping them, and two specific transaction costs that legislators face: ideological reasoning, which refers to the ideological distance between legislators that affects their willingness to cooperate, and delay in legislative processing, which captures the impact of time on strategic decision-making and coalition formation.

The concept of logrolling, defined as the reciprocal exchange of votes between legislators, is used to examine how preferences are expressed and coordinated. In these exchanges, legislators rely on informal networks, subtle signaling, and tacit understandings to reach agreements that may lead from suboptimal to Pareto-optimal outcomes (Qu & Cheung, 2012). By incorporating level- k reasoning into the analysis, the paper models how legislators with varying cognitive levels and ideological preferences navigate transaction costs such as delays, ideological distance, or coalition difficulties. These costs are represented through adaptive utility functions, allowing for the exploration of how legislative cooperation emerges or fails. Ultimately, this model provides insights into the allocation of resources and political favors—key elements in understanding decision-making and strategic behavior in legislative environments.

2. LITERATURE REVIEW

The study of legislative decision-making spans various fields within social choice theory. Formal investigative approaches have aimed to focus on the contexts of Anglo-Saxon countries, evaluating congressional behavior and seeking to determine legislators' preferences regarding voting for or against proposed legislation. The objective of studying variations in legislative voting is to explore additional causes or impacts of factors external to the voting process.

For instance, Chappell Jr. (1981) found no evidence suggesting that congressional votes depend on private financial interests. In his work *Conflict of interest and congressional voting: A note*, he discusses how conflicts of interest among legislators significantly affect their voting behavior through a logit econometric model. However, factors such as ideology or the legislator's urban area could influence their decision-making. Similarly, Kau and Robin (1979) found similar results regarding individual interests and voter ideology using a linear probability regression model. Moreover, Laband (1988) highlights transaction costs in the competitive design of the legislature through ordinary least squares regression, finding that the duration of legislative sessions could be affected by legislative majorities and the level of party domination in the process.

This aspect is particularly relevant to the contribution of this manuscript, as transaction costs may alter legislators' decisions and preferences in contexts of uncertainty or delay in the passage of laws. Wood and Bohte (2004) also consider political transaction costs in administrative design, concluding that temporal delays in coalition formation could manipulate the formation of federal administrative agencies during 1879-1988 in the United States. This serves as a complementary study of the theory developed for legislative elections up to that point.

For societies under democratic regimes, understanding voting rules that conjecture legislative decisions is crucial to understanding the electoral outcomes of legislators and their impact on a bill. Ingham (2016) illustrates the importance of legislative majorities in achieving political objectives through law passage. Ensuring that legislators' preferences are expressed in each vote requires voting schemes capable of reflecting the honest expression of individual preferences. Gibbard (1973) argued in favor of validating such schemes as dominant strategies over alternatives, particularly in non-trivial situations.

The starting point for describing a mutually beneficial situation in legislative voting should focus on internalizing negative externalities that may render a logrolling situation mutually beneficial. Bernholz (2012) conceives these negative effects in cyclic social preference formations as problematic for achieving a Pareto optimal point unless legislators can engage in logrolling in each vote. However, Riker (1973) had previously analyzed the paradox of vote trading, highlighting the conditions and possibility of cyclic majorities.

Despite this, Oppenheimer (1979) argues that logrolling mechanisms always entail a mutually beneficial exchange of votes. Carrubba and Volden (2000) contribute to the literature by indicating an electoral need for districts that represent these legislators, as politicians would prefer universal coalitions *ex ante* to ensure minimal cooperation. They also find that additional contingent members on a coalition can increase costs and reduce benefits.

The “all-inclusive logroll” situation became pivotal in the study of legislative dynamics for political science and public-choice political economy. However, it wasn’t until the Nobel laureate in economics, James J. Buchanan, along with his co-author from the Virginia school, Gordon Tullock, began describing logrolling as a pervasive political process applicable in specific contexts. Buchanan & Tullock (1965) analysis advanced the mathematical modeling of conditions and assumptions for conceiving voting models. McKelvey (1979) explored general conditions of intransitivity in votes within balanced institutional orders, implying that constitutional orders shape sustainable Pareto-optimal solutions. Tullock (1970) suggested that this stability also depends on the probability of forming majorities that include the largest number of participants.

Buchanan & Tollison (1984) posited that vote allocation after agreements represents the most desirable vote exchange or trade. Similarly, they theorized on efficiency properties to find an optimal outcome resolving indeterminacies under a majority voting rule. Each voter’s decision indicates the direction of their preferences, but not the intensity; however, vote trading could resolve this final uncertainty. Bentley (1967) had previously analyzed logrolling dynamics, noting that if legislature members couldn’t or wouldn’t exchange votes, the activities related to that axis of power would cease to function. These arguments were part of his treatise *The Process of Government* almost a century ago.

On another front, Casella and Palfrey (2019) sought to study the dynamics of vote exchange for multiple law proposals where two laws are voted on as a group for a finite number of proposals with separable legislator preferences. Most recent studies within the fields of experimental and behavioral economics incorporate the concept-solution of the ‘level-k reasoning model’ to evaluate the sincerest responses to a voting process. Bassi (2015) demonstrated that these responses did not always align with the best-response strategies, as it depends on the type of game conducted. Her research showed that plurality rule-voting encourages sophisticated but not insincere voting, while Borda-count voting leads to the highest level of insincere voting. A laboratory experiment that followed a similar line of inquiry is Casella & Palfrey (2020). They introduced a vote-trading model where voters were paired and exchanged votes whenever mutually beneficial. The dynamics ultimately converged to stable vote allocations and demonstrated that the collected data could hold predictive power for generating projections.

3. METHODS AND MATERIALS

The analysis draws on the framework of level- k reasoning to explore how legislators might form expectations about others' actions and adjust their voting behavior under conditions of uncertainty and high transaction costs. Rather than constructing a fully specified formal model, the paper proposes a set of conjectures regarding the potential shapes of legislators' utility functions when facing ideological distance and delays in legislative processing. These conjectures aim to approximate how such costs may affect legislators' incentives to form coalitions or engage in vote trading.

As a simplified illustrative case, the study presents a stylized two-period game involving a set of three legislators within a legislative bargaining setting. This framework serves to introduce a probabilistic perspective on how a coalition formed in an initial period could be sustained or reciprocated in a subsequent period, thereby reflecting the logic of logrolling. The conditional probability of repeated cooperation is discussed in relation to each legislator's reasoning level and the contextual transaction costs present.

In this context, it is crucial to connect the concept of logrolling with economic theory and the development of level- k reasoning in the field of experimental economics. This opens the door to further discussions on how experimental methods can help validate and refine these theoretical insights, especially as they pertain to strategic decision-making in political environments.

3.1. Logrolling in Economic Theory

In the neoclassical conception of microeconomics, assumptions are studied, such as comparability, where any economic agent can express preference or indifference between combinations of goods. Additionally, these bundles of goods would be ordered and preferred under transitivity, referring to the consistency among the mentioned preferences, ensuring that curves forming the graphical representations of voters' preferences do not intersect. Differentiability ensures that their utility functions can be differentiated to an order assigned by the model. For the analysis of a voting scheme converging to a coordinating equilibrium in the legislative corpus, studying the logrolling phenomenon from microeconomic theory is necessary to observe the dynamics of vote exchanges, as previously defined in existing literature.

A logrolling situation occurs when there are two mutually exclusive legislative proposals and there exist legislator preferences in a transitive ordering, meaning one proposal is preferred over another. Let these be:

$$(X, Y) \wedge (Z, W)$$

And the preferences of legislators for each pair are separable, indicating that the way a legislator values a bill is not influenced by the existence of other proposals they would choose regardless of their interest. Following this formulation, legislators can only choose one proposal from each pair. They would choose X over Y and Z over W , but when both pairs are considered together, the voter prefers the set of issues Y and W over the set of issues X and Z . This means that:

$$X > Y$$

$$Z > W$$

$$Y \text{ e } W > X \text{ e } Z$$

This situation represents logrolling, where individual preferences in each pair of issues do not align when both pairs are considered together. Social preferences are also defined by the voting rule employed according to Bernholz (2012), and these characterizations may or may not hold, as there could be situations of indifference between proposals. In this case, the simple majority rule governs the voting. To provide a more concise idea about the implication of logrolling and the social gain or loss it carries, an example of a payoff matrix for the decision of three legislators (A , B , C) on two bills (X and Y) is illustrated.

Table 1. Voting Scheme

	Legislator A	Legislator B	Legislator C
Issue X	6	-2	-2
Issue Y	-2	-2	6

Table 1 reflects the payoffs legislators would obtain if they supported the proposed bills. These payoffs represent the benefit or utility for the voter when a project passes or is approved by a simple majority. In a preliminary analysis, neither of the two proposals would pass because if we observe option X , legislators B and C would have no interest in voting for that option. The same occurs with Y when analyzing the strategies of A and B . Given this voting behavior, both proposals would have two votes against and one in favor, resulting in zero total utility for this society of voters, as explained by Mauerberg, Strachman, and Reami (2013). However, if legislators A and C cooperate through logrolling, vote swapping would allow them to generate an alternative Pareto-optimal outcome. This would occur because A would agree to vote in favor of proposal Y , and voter C would do the same with X .

In this case, both bills would be accepted, and the total social benefit would be 4, signifying an improvement.

Summarizing this example with the economic definitions previously provided for the logrolling dynamics, legislators *A* and *C* would have a change in their strategic preferences to choose differently from what they would have chosen previously, as they would gain a benefit by doing so. It is necessary to note that this dynamic is not always so straightforward, as there might be transaction costs not internalized by legislators, such as pre-formation of coalitions, the impossibility for legislators to reach mutually beneficial agreements, and an imminent problem of a voting cycle.

Table 2. Logrolling

	Legislator A	Legislator B	Legislator C	Total
Issue X	6	-2	-2	2
Issue Y	-2	-2	6	2
SB	4	-4	4	4

Table 3. Logrolling for a negative sum-game

	Legislator A	Legislator B	Legislator C	Total
Issue X	6	-4	-4	-2
Issue Y	-4	-4	6	-2
SB	2	-8	2	4

For instance, if the payments to legislators when voting for *X* or *Y* were different, let's say instead of the negative -2, we had a -4 for each legislator, the social benefit would still be negative. This is shown in Table 3, indicating that rather than finding a better outcome, the situation would worsen. Hence, logrolling would align with cardinal preferences, prioritizing characteristics based on their intensity rather than their specific position. This was originally stipulated in a simple majority voting, as studied in the literature of spill-over effects and theorized for these contexts by Gordon Tullock in his paper "Problems of Majority Voting."

An additional crucial consideration for studying these dynamics is the potential for the formation of infinite behavioral voting cycles, which would be a clear signal of the intransitivity of preferences. According to Bernholz (1973), the individual transitivity of legislator preferences does not guarantee aggregated transitivity. This had previously been examined for democratic voting systems by Arrow (1983). Many scholars built upon his work to theorize about the voting paradox in logrolling contexts, as inefficiencies in collective

decision-making processes arise when the aggregation of individual preferences does not reflect an option preferred by the majority of legislators. This might even result in a situation where social benefit consecutively remains negative despite some legislators accruing individual benefits (Riker & Brams 1973).

3.2. Level-k-Reasoning Approach

Part of the paper's objectives, in addition to tracing the historical evolution in the study of logrolling, is to provide an approach from different branches of economic study, such as public-choice political economy and behavioral economics. This approach situates logrolling within a high-transaction-cost context, where political decisions can be modeled as coordination problems. Therefore, a relatively modern conception is employed to reach equilibriums in social choice, known as the "level-k-reasoning" theory of cognitive hierarchy, wherein participants in these games consider their peers' strategies as more or less akin to their own. The level-k-reasoning framework offers a means to achieve agreements beneficial to their individual or collective interests.

The limited rationality of legislators in making strategic decisions is contingent upon the political dynamics within legislative contexts. Incumbents have incentives to find solutions to pass proposed legislation. This involves coordinating actions in advance to achieve beneficial agreements within a potential coalition. In legislative decision-making, akin to various other aspects of social choice theory, decision-makers do not possess infinite reasoning capacity to rationally choose their best option by anticipating the actions of others. Legislators have a limited level of understanding regarding their peers' actions, which can influence their final vote.

The level-k reasoning theory proposes distinct levels for players to think that they have a "strategic reasoning with one more step than the others" (Zhang, 2021, p.5). It is theorized that at level 0, participants in the voting process will make decisions solely based on their personal preferences without considering the actions of other legislators. These players might make decisions randomly or according to a predetermined pattern, disregarding the strategies of other voters. Conversely, level 1 players assume that level 0 players act randomly and try to predict their actions, shaping their decisions based on what they know so far. However, these players do not consider that the decisions of other players (i.e., players of different levels) are also conditioned on their own. Level 2 players assume that some players might be level 1 and seek to predict their moves, while level 3 players do the same with level 2 players. This continues to escalate levels. Players presume each lower level possesses some degree of rationality or relatively predictable behavior. This behavior is part of decision-making models where some agents view others as less sophisticated agents than themselves, as indicated by De Clippel et al.

(2016), and can even result in better equilibriums than the well-known Nash Equilibrium (NA).

Applied to legislative bargaining, the concept aims to incorporate the idea that higher-level decision-makers would attempt to predict the actions of lower-level legislators and adjust their strategies accordingly, generating variations in their preferences within contexts with limited information. This process would continue until legislators are completely certain of their peers' decisions, as further prediction becomes unnecessary.

In a logrolling context, it would be possible to model a scenario with multiple legislators, each with different levels of knowledge and preferences regarding the outcome of legislative proposals. Furthermore, additional factors influencing preference formation could be implemented due to the costs and benefits that legislators may obtain through the outcome of legislative approval. Indeed, Bassi & Williams (2014) propose the inclusion of financial incentives for complex decision situations through a laboratory experiment of fifteen sessions to observe students' focal decisions regarding the transitive property of monetary gain. They use a prior model of behavioral decisions based on Nagel (1995), who highlights theoretical solution concepts in a study on the importance of levels of behavioral reasoning. Zhang (2021) also adapts the general level- k model to study student decisions regarding school-choice and introduces a naive belief setting, where students at a sophisticated level of reasoning report their true preferences.

When players face transaction costs, such as in the proposed core, they can rely on these hierarchical levels of cognitive reasoning to find solutions and agreements. In the case of TC existing due to ideological distortions, legislators could be represented by levels reflecting their ideological affinity on a scale where higher levels indicate greater ideological affinity. A legislator with a lower level might be more willing to form coalitions with those who share similar ideologies, while a legislator with a higher level might be more willing to negotiate with those of lower ideological levels if sufficient benefits are obtained. In instances of difficulty in generating coalitions, a higher-level legislator might be willing to associate with legislators of different levels if the sum of their combined levels exceeds a certain threshold, reflecting coalition formation despite differences.

Similarly, in contexts where TC is attributed to waiting time in the processing of a bill, a higher-level legislator might be willing to reduce their demand on a specific issue if the resolution time is excessively prolonged, while a lower-level legislator might not be as inclined to quickly compromise on their positions. Such adaptations could be explored through mathematical modeling or the incorporation of specific parameters to provide a more assertive exploration in attempting to theorize these dynamics.

3.3. Modelling Some Conjectures

While introducing high transaction costs for the complexities and difficulties that legislators face in reaching agreements, the level-k-reasoning perspective theory could serve as an alternative for examining the understanding of logrolling. To illustrate a scenario wherein legislators exhibit ideological distances and experience changes in their preferences over the time delay for the processing or discussion of a proposal, an attempt is made to model conjectures for the utility functions of legislators, each possessing varying levels of strategic reasoning. These levels are defined on a scale from 0 to K , with K representing the highest level of reasoning. Legislators at level 0 would choose according to their personal preferences, those at level 1 would seek to predict the actions of those at level 0 and adjust their decisions accordingly, and so forth up to level K , as explained before.

3.4. Ideological Reasoning

Regarding the ideological distances among legislators, we can employ a utility function that combines ideological proximity and levels of rationality to determine each legislator's inclination towards fostering cooperation and voting similarly. Assuming a legislative framework with N legislators, each possessing a level of ideological affinity on a scale from 0 to 1, where 1 denotes complete ideological alignment.

$$N = (L_1, L_2, L_3, \dots, L_n)$$

$$I = [0,1]$$

For each legislator, their level of ideological affinity, denoted as I_i is considered. A legislator with a lower level of affinity I_i would be more inclined to enter into a voting agreement with legislators whose I_j affinities are closer to their own. It can be inferred that as voters are more ideologically aligned, their utility will increase. Legislators with higher levels of rationality might be willing to collaborate with other levels if they perceive sufficient benefits or have the capacity to predict the actions of lower levels, what we could label as ideological rationality. Then, describing the type of function that can be used to center the analysis:

$$e^{-\delta(I_i - I_j)}$$

The proximity or similarity between two values, in this case, the ideological closeness of legislators i and j , when raised to a negative power of the absolute value of their ideological affinity, might yield a result that exponentially decreases as the absolute value increases. The inclusion of a parameter

δ enable to adjust the exponential decay rate of the function. With a larger δ , the function decays more rapidly when there is greater ideological proximity, as opposed to a gradual decay with a smaller parameter.

Now, to incorporate the levels of reasoning of the legislators:

$$e^{-\rho(K_i, K_j) \cdot (I_i - I_j)} \quad (1)$$

$$\rho(K_i, K_j) = \frac{1}{K_i + K_j + r} \quad (2)$$

Where r is a constant that adjusts the relative influence of the reasoning level in the ideological affinity perception. For example, the perception of how the other legislator would respond the logroll is adjusted by the other's legislator k level. Additionally, as the levels of reasoning increase, the exponential decay rate decreases. This implies that legislators with higher levels of reasoning perceive ideological differences as less significant compared to those with lower levels. It is important to mention that this formulation does not conceive two legislators with the exact same ideology, since that could be difficult to find. This means that the difference between I_i and I_j cannot be 0.

Therefore:

$$U_i = I_i \cdot K_i \cdot \sum_{j \neq i} e^{-\rho(K_i, K_j) \cdot (I_i - I_j)} \quad (3)$$

$$U_i = I_i \cdot K_i \cdot \sum_{j \neq i} e^{-\frac{I_i - I_j}{K_i + K_j + r}}$$

The multiplication of the ideological affinity for legislator i with their level of rationality weighted by the exponential sum of ideological similarities between legislators and their respective levels of reasoning accounts for the utility derived from logrolling. The greater the ideological affinity and the level of reasoning of legislator i , the higher the utility for that legislator. Regarding the summation used, it considers all other legislators different from i , considering their ideological affinity, their level of reasoning, and their perception of conceding on an agreement.

3.5. Delay Time Under K-Reasoning:

In this scenario, legislators with higher level- k might adjust their demands or preferences on a legislative proposal if they perceive the resolution time as excessively prolonged. They could lean towards the possibility of

compromising on certain aspects and voting favorably to expedite the process. Conversely, those with lower-level k would be less likely to alter their stance as the process extends. Assuming, as in the previous context, a set of N legislators with varying levels of reasoning, an adaptive utility function is proposed to reflect how time affects preferences and the willingness to form alliances when voting. The adaptation concerning waiting time would involve a gradual adjustment of legislators' preferences and could be conceptualized through a logistic sigmoid function to explain how waiting time (T) and the level of reasoning (K_i) would influence a legislator's willingness to compromise in negotiation. In this regard, recognizing that the gained utility would measure the willingness to concede for a joint vote among legislators, it can be inferred that such willingness to agree might increase or decrease depending on the waiting time and the adaptability levels (i.e., reasoning) of legislators. The characterizations of these functions are that they have a domain of all real numbers, with return (response) value commonly monotonically increasing but could be decreasing as well. So, defining the utility function by:

$$U_i = \frac{1}{1 + e^{-a \cdot (K_i - b) \cdot T}} \quad (4)$$

Where

$$T \in [0,1]$$

Being a and b constants embedded in the function, a determines the slope of the logistic curve, signifying how rapidly the willingness to compromise changes over time and the level of rationality. On the other hand, constant b represents the inflection point where the function changes direction and reflects the level K of reasoning at which the waiting time begins to have a greater effect on the willingness to compromise.

It can be observed that as the waiting time T increases, the function changes its value. When T is small, more agreements can be reached, achieving stability over a broader range. However, as T increases and the time cost becomes more present, legislators with higher levels of reasoning might opt for a coalition to facilitate logrolling. Legislators with lower levels might be less convinced of this, although commitment to a future vote may also be crucial. The parameters expressed in the logistic function can be utilized to adjust the shape of the logistic curve (exponential) up to a point where the time and impact for the willingness to form agreements are determined.

It is noteworthy that legislators may have limited information about the preferences and actions of others, which could influence their ability to predict behaviors and form coalitions.

3.6. Coordination in the Political Process

After outlining potential forms that legislators' utility functions may take within a coalition-building process, an additional critical step is necessary regarding the situation of logrolling. It is sought, in addition to incorporating levels of reasoning based on voters' cognitive differences, to secure coalitions across two consecutive periods. Thus, if one legislator agrees to vote in alignment with their counterpart, for logrolling to occur, the other legislator must reciprocate in the second period.

In this scenario, legislators anticipate reciprocal voting in the second period within a strategic negotiation game, considering the incentives that legislators, who were favored in the first period, possess to continue and respond similarly in the second period. Without this, coalitions might form under certain contexts, but would not culminate in logrolling. One could argue that as long as logrolling remains feasible, levels of reasoning will influence its formation and structure, including potential costs generated from a negative sum-game, as explained in the section of this paper that describes economic logrolling.

According to Stratman (1992), the costs of an already approved bill must be borne collectively by all participants in the voting process, irrespective of their individual decisions. Moreover, these costs are likely to be felt to a lesser extent among the "final" voters. In the subsequent description presented, this can be understood as a reassessment of the incentives that legislators must "respond" to logrolling. A certain degree of stability in logrolling, as Coleman (1966) and Tullock & Brennan (1981) suggest, can be achieved if there is credibility among the agents involved. Enelow (1986) contributes to the debate by proposing a model where each legislator forecasts the future using a random variable with a linear mean across present proposal alternatives. In a much simplistic view to illustrate a logrolling scenario, consider a set of three legislators across two time periods to reinforce the theoretical conjectures proposed in this study, a simplified decision-making model is developed under conditions of bounded rationality. This model aims to illustrate how legislative agreements may (or may not) be reached depending on the cognitive reasoning levels of the actors involved and the presence of transaction costs.

After describing potential forms of legislators' utility functions during coalition-building, the focus shifts to how cognitive limitations—represented via level- k reasoning—affect the stability of coalitions across two consecutive legislative periods. The scenario assumes that logrolling requires reciprocity: a legislator agreeing to support another's proposal in period one expects a reciprocal vote in period two. Without this reciprocal behavior, strategic coalitions may form temporarily but fail to yield lasting logrolling outcomes.

Inspired by Austen-Smith & Banks (1988), the model accounts for legislators' beliefs and anticipations in a strategic environment. Legislators must decide whether to honor previous commitments based on expected utility

gains, ideological proximity, and the cost of delays in policy outcomes. This introduces the bounded rationality component: legislators do not calculate optimal strategies with complete information, but reason based on simplified beliefs about others' actions.

To formalize this, consider a stylized game involving three legislators over two periods:

$$N = \{L_1, L_2, L_3\}$$

$$P_t = \{t_1, t_2\}$$

The coalition C_{t1} is a subset of the legislator set N , consisting of two members. This implies that in the first period, a coalition comprised of two out of three legislators was established. Considering the possibility of the same coalition forming again in the second period (logrolling), this introduces levels of reasoning using the level-k-thinking framework, along with the conditional probability that the identical coalition will reassemble in the second period:

$$C_{t1} \subseteq N$$

$$|C_{t1}| = 2$$

Over a C_{t1} formation it is specified that $k = \{1, 2\}$ and $K = 2$. In the equation above, k refers to the level of the legislator in question and K denotes the highest level of reasoning. The conditional probability would be described as:

$$P(C_{t2} = C_{t1} | C_{t1})$$

$$P_C^{(k)} = \frac{k}{K}$$

Where $P_C^{(k)}$ represents the probability based on the k-level of reasoning for the coalition to reoccur.

$$P(C_{t2} = C_{t1} | C_{t1}) = P_C^{(k)} \cdot P_{IqD}$$

$$P(C_{t2} = C_{t1} | C_{t1}) = P_C^{(k)} \cdot P_{td}$$

$$P_{IqD} = 1 - (I_{L_1} - I_{L_2})$$

$$P_{td} = e^{-\mu(T)}$$

P_{IqD} and P_{td} are the probabilities under TC contexts for ideological distance and time delay, respectively. Ideological distance is normalized within a range from 0 to 1. P_{td} is considered to determine the probability based on the delay (waiting) time on a proposal to see coalition formation, as T decreases—meaning less time required for the approval of a bill—the fraction increases, hence the probability of maintaining the same coalition also increase. T in this case is a proportional fraction between 0 and 1, where 0 is null time of waiting and 1 is a very long time of delay. Thus:

$$P(C_{t2} = C_{t1} | C_{t1}) = \frac{k \cdot (1 - I_{L_1} + I_{L_2})}{K} \quad (5)$$

$$P(C_{t2} = C_{t1} | C_{t1}) = \frac{e^{-\mu(T)} \cdot k}{K} \quad (6)$$

It is important to note that these probabilities are described to calculate a probabilistic value on C_{t2} for each of the exemplified TCs. Level- k reasoning plays a role in the incidence depending on the level of the legislators in the second period when returning the favor in the vote. It should be noted that the shapes of the functions may differ, and their values will depend on the legislative processes being attained at the time. It could depend on if we metric that in number of sessions for project approval or if it refers to days of delay. The level of reasoning will provide legislators with a modification in their preferences to vote together and achieve a logroll.

The k -levels are influential, on that account, in the utility gained by legislators in the first period and also in the probability that those benefiting from the first coalition decide to cooperate in a second period, even if it means disrupting the transitivity of preferences regarding legislative proposals: reaching a logrolling logic.

4. RESULTS

4.1. Interpretation and Implications

The probabilities derived above quantify the likelihood of coalition stability as a function of ideological proximity and procedural timing. In this framework, higher levels of cognitive reasoning and lower ideological distances or delays increase the chances of sustained cooperation. If the conditional probability of coalition re-formation exceeds a critical threshold—such as 0.5—the model predicts a stable logrolling arrangement across periods. Conversely, probabilities below that threshold suggest a breakdown in cooperation, with the coalition likely dissolving after the initial vote.

This outcome reflects the role of bounded rationality: legislators with limited depth of strategic reasoning may fail to anticipate higher-order threats or reciprocation strategies, leading to premature collapses in cooperation. It is important to emphasize, however, that this constitutes a theoretical approximation. The functional forms and probability distributions used here are illustrative and could vary significantly depending on the specific legislative body under consideration and its internal dynamics. As such, different institutional settings may yield distinct incentive structures, reasoning thresholds, or time-sensitivity parameters.

Nevertheless, this stylized model reinforces the central claim of the paper: that cognitive hierarchies and transaction costs meaningfully shape legislative cooperation. It also demonstrates how limited strategic reasoning may inhibit the formation of efficient coalitions, underscoring the value of integrating logrolling theory with behavioral and experimental approaches such as level-k reasoning.

5. CONCLUSIONS AND DISCUSSION

5.1. Discussion

The attainment scenario of logrolling is not simplified to a probabilistic approach determined by a specific voting strategy. Rather, it encompasses the evolving conceptions and preferences of legislators in a context where coordination within a coalition mutually benefits them. The assumption of a positive sum-game for logrolling formation is shaped by the voting design and the type of voting rule employed. A discursive argument is presented to justify the form of utility functions, probabilities of a repeated coalition and the strategic reasoning behind why coalitions should form to conceive logrolling.

The economic argument, when delving into distinctions in preferences and the incentives legislators have for decision-making, is extended far

beyond psychological determinants and can be attributed to several factors not encapsulated in a cognitive differentiation within legislators' minds. Consequently, additional elements need to be integrated with the level- k theory and its representation under TC to explore logrolling further.

To accelerate the argument that cognitive differences decisively impact stable and reciprocal voting strategies, it is essential to adequately define the environment where vote allocations converge to stable assignments, as described by Casella & Palfrey (2020) within strictly preferred coalitions when vote-trading exists. These allocations may be explained through attention biases, risk aversion, persuasive abilities, and more—all elements extensively studied in behavioral literature to estimate an economic effect not explained by classical utility maximization.

In a complex environment, axioms are indispensable for modeling the real world and deriving falsifiable interpretations. Wilson (1969) develops a model associating votes in social states exchange, aligning individual preferences regarding generalized legislative proposals. While experimentation could explore additional elements to construct indices and probability distributions guiding agents' decisions, studying vote-trading in the presence of TCs, specifically ideological distances and law processing delay time, could provide insights into the implications of different cognitive reasoning levels " k " in handling each case. That is why it is necessary to note the attribution of reasoning levels to previsualize possible gains for each agent.

As the argument for the first case was constructed, the fact that a legislator possesses a higher reasoning level allows them to perceive net benefits surpassing distributed costs (Buchanan & Tullock, 1965), serving as an impetus to vote in favor of an agreement. Clearly, the political context involves communication and some interests in legislative dynamics serve as reflected information or signaling for an explicit understanding of these benefits. This could be the case of a legislator abstaining from a project that doesn't favor them until a peer offers something more valuable. In this way, both would operate with a reasoning level guiding their decisions on whether to concede (despite differing ideologies) or form a coalition outside the legislative realm, focusing more on power distribution and favor return (Hortala-Vallve et. al, 2023).

An attention or persuasion bias could similarly influence vote structuring if a legislator with a higher level has the ability to influence the votes of lower-level legislators. Higher levels of reasoning might be associated with more sophisticated cognitive qualities enabling them to induce others into a situation more favorable to this player. Fortunately, in this modeling, what is more favorable for one player is also beneficial for the rest. However, in the context of temporal delay for the passage or rejection of a bill, the type of voting and the number of legislators in a congress become pivotal.

McGann (2019) posits that an institutional aspect could be the communication lines among legislators and the how discipline in the political party

is key to perceive the coalitions they can conform. Associating these qualities with varying levels- k of rationality could potentially lend credence to the hypothesis that a higher k might prompt a legislator to express their vote in favor of a coalition and dismantle the threshold incentive contract, described by Caplan (2006) as a minimal political benefit.

The number of legislators and the type of legislative body are crucial in discerning whether it's a "grand-logroll" situation or even an implicit logrolling scenario, where communication among legislators is almost absent. The directions these prescriptions would influence a legislator's decision depend on how much their k level determines their willingness to concede when the processing of a law is delayed in congress. The institutional cultivation preceding this logrolling, as expressed by François (2003) in their writings on political entrepreneurship, constitutes the existence of stable institutions and communicative processes of preferences. Although, high k levels already comprehend this to a greater extent, encouraging them to advocate for cooperation.

Establishing relations between cognitive levels of reasoning and the social characteristics possessed by legislators opens an empirical research avenue to determine whether these elements are significant enough to guide a logrolling situation. The conditionality between two consecutive periods with consequent responses must be a reality for this to occur, hence, cooperative games can be proposed where the probability of a coalition forming is subject to the influence of psychosocial qualities, political philosophical conceptions, and ultimately, the main legislative survival.

This paper considers elements such as attention and persuasion biases, institutional design, and the number of legislators to assess if a logrolling situation can be explained by strategic cognitive differences. However, the limitations of these theoretical intuitions and their mathematical modeling approaches are extensive and have been a subject of study in political science for decades. The configurations of legislative *modus operandi* can encompass myriad facets to explain strategic voting, thus the challenge lies in how well the level- k theory predicts vote exchanges.

5.2. Further Developments and Limitations

Within the realm of conceptual analysis and approaches to theoretical level- k reasoning, it is imperative to acknowledge the explanatory limitations inherent in this concept of legislative vote-trading. It is recognizable and evident that numerous factors beyond a cognitive difference among legislators account for the occurrence of logrolling situations. In political science literature, it is argued that market dynamics do not singularly shape the voting process and its outcomes. There exists a distinction between how a firm maximizes its profits and how legislative institutions operate, as explained by Weingast & Marshall (1988).

Furthermore, the conceptual application concerning transaction costs constitutes a very specific sphere for inferring reasoning levels, as hypothetical scenarios involving exchanges of favors between parties or representative blocs highlight the presence of extra-legislative transactions. These could take the form of favors being bought and sold between political parties, as proposed by Koford (1982), focusing on personal qualities of legislators such as leadership within their blocs. Additionally, situations may arise where legislators are compelled to act in specific ways due to the socio-political environment of a particular country, especially in semi-presidential regimes to bicameralism influences executive and judicial decisions.

The interest groups represented by legislators also warrant consideration when explaining why a voting outcome unfolds in a particular manner. Power distribution issues and inherent incentives to advocate for self-interests present the primary counterarguments against employing cognitive differentiation reasoning to solidify cooperative strategies. Potential infinite cycles in majority voting schemes could also lead to an equalization of reasoning levels, but verifying this hypothesis would necessitate laboratory experiments.

Another clarification, concerning transaction cost situations, is that delays in the processing of a law could be an endogenous phenomenon within each voting scheme. In such cases, it wouldn't serve as an explanation to resolve suboptimal equilibriums through reasoning but rather as an additional parameter within the same explanation of logrolling. Various functional forms could be attributed to reasons shaping a vote; however, only one of them is explored and linked within the literature—the legislator considering actions of others at a lower level. Exploring new functions that align with the schematization and assumptions of logrolling, which might not always fall within a positive sum-game, would thus be necessary.

These considerations form part of the constraints encountered when attempting to associate reasoning levels and logrolling more directly, especially when there are ideological distances and delays in proposing laws. It would be essential in the future to engage in this type of analysis to empirically confirm or, conversely, refute whether this combination of concepts across various economic branches is suitable for explaining legislative decisions.

The voting strategies can be driven by legislators' desire to reach agreements. Previously, this was understood as a situation of logrolling, where vote-trading can be explained by the natural and cognitive incentives of voters, providing formal research opportunities for theoretical and empirical proposals regarding the formation of these coalitions. In this context, an approach stemming from level-k reasoning has allowed us to theorize on how different levels of reasoning influence voting decisions.

The described scenario plays a role in incidence depending on the legislators' level in the second period when returning the favor in voting because it will provide legislators with a modification in their preferences to vote together and achieve a logroll. It's worth mentioning that assumptions arguing that a

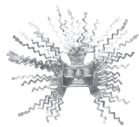
fixed level of reasoning influences fostering cooperation when legislators have different ideologies or perceive time passing as a detrimental factor in cooperation are not intuitive and may connect with psychosocial qualities of legislators, such as persuasion capacity and the ability to lead legislative blocs.

BIBLIOGRAPHY

- Arrow, K. J. (1983). Collected papers of Kenneth J. Arrow: Social choice and justice (Vol. 1). *Harvard University Press*.
- Austen-Smith, D., y Banks, J. (1988). Elections, Coalitions, and Legislative Outcomes. *American Political Science Review*, 82(2), 405–422.
- Bassi, A. (2015). Voting Systems and Strategic Manipulation: An Experimental Study. *Journal of Theoretical Politics*, 27(1), 58–85.
- Bassi, A., y Williams, K. C. (2014). Examining Monotonicity and Saliency Using Level-k Reasoning in a Voting Game. *Games and Economic Behavior*, 5(1), 26–52.
- Bentley, A. F. H. (1967). *The Process of Government*. Harvard University Press.
- Bernholz, P. (1973). Logrolling, arrow paradox and cyclical majorities. *Public Choice*, 87-95.
- Bernholz, P. (2012). From The Calculus of Consent to Extended Logrolling, Negative Externalities, and the Coase Theorem. *Public Choice*, 152(3–4), 265–271.
- Buchanan, J. M., & Tollison, R. D. (Eds.). (1984). *The Theory of Public Choice II*. University of Michigan Press.
- Buchanan, J. M., & Tullock, G. (1965). *The Calculus of Consent: Logical Foundations of Constitutional Democracy*. University of Michigan Press.
- Caplan, B. (2006). *Designing Democracy: Ideas for Better Rules*.
- Carrubba, C. J., y Volden, C. (2000). Coalitional Politics and Logrolling in Legislative Institutions. *American Journal of Political Science*, 261–277.
- Casella, A., y Palfrey, T. R. (2021). Trading Votes for Votes: A Laboratory Study. *Games and Economic Behavior*, 125, 1–26.
- Chappell Jr, H. W. (1981). Conflict of Interest and Congressional Voting: A Note. *Public Choice*, 37(2), 331–335.
- Coleman, J. S. (1966). The Possibility of a Social Welfare Function. *The American Economic Review*, 56(5), 1105–1122.
- De Clippel, G., Saran, R., y Serrano, R. (2019). Level-Mechanism Design. *The Review of Economic Studies*, 86(3), 1207–1227.
- Enelow, J. M. (1986). The Stability of Logrolling: An Expectations Approach. *Public Choice*, 51(3), 285–294.

- François, A. (2003). The Political Entrepreneur and the Coordination of the Political Process: A Market Process Perspective of the Political Market. *The Review of Austrian Economics*, 16(2–3), 153–168.
- Gibbard, A. (1973). Manipulation of Voting Schemes: A General Result. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 587–601.
- Hortala-Vallve, R., Meriläinen, J., y Tukiainen, J. (2023). *Pre-Electoral Coalitions and the Distribution of Political Power*.
- Ingham, S. (2016). Social Choice and Popular Control. *Journal of Theoretical Politics*, 28(2), 331–349.
- Kau, J. B., y Rubin, P. H. (1979). Self-Interest, Ideology, and Logrolling in Congressional Voting. *The Journal of Law and Economics*, 22(2), 365–384.
- Koford, K. J. (1982). Centralized Vote-Trading. *Public Choice*, 39(2), 245–268.
- Laband, D. N. (1988). Transactions Costs and Production in a Legislative Setting. *Public Choice*, 183–186.
- McKelvey, R. D. (1979). General conditions for global intransitivities in formal voting models. *Econometrica: journal of the Econometric Society*, 1085–1112.
- McGann, A. J. (2019). Logrolling and Coalitions. En *The Oxford Handbook of Public Choice*, 1, 452.
- Miller, N. R. (1977). Logrolling, Vote Trading, and the Paradox of Voting: A Game-Theoretical Overview. *Public Choice*, 51–75.
- Nagel, R. (1995). Unraveling in Guessing Games: An Experimental Study. *The American Economic Review*, 85(5), 1313–1326.
- Oppenheimer, J. (1979). Outcomes of Logrolling in the Bargaining Set and Democratic Theory: Some Conjectures. *Public Choice*, 419–434.
- Qu, Y., y Cheung, S. O. (2012). Logrolling “Win–Win” Settlement in Construction Dispute Mediation. *Automation in Construction*, 24, 61–71.
- Riker, W. H., y Brams, S. J. (1973). The Paradox of Vote Trading. *American Political Science Review*, 67(4), 1235–1247.
- Stratmann, T. (1992). The Effects of Logrolling on Congressional Voting. *The American Economic Review*, 1162–1176.
- Tullock, G. (1970). A Simple Algebraic Logrolling Model. *The American Economic Review*, 60(3), 419–426.
- Tullock, G., y Brennan, G. (1981). Why So Much Stability. *Public Choice*, 189–204.

-
- Weingast, B. R., y Marshall, W. J. (1988). The Industrial Organization of Congress; Or, Why Legislatures, Like Firms, Are Not Organized as Markets. *Journal of Political Economy*, 96(1), 132–163.
- Wilson, R. (1969). An Axiomatic Model of Logrolling. *The American Economic Review*, 59(3), 331–341.
- Wood, B. D., & Bohte, J. (2004). Political transaction costs and the politics of administrative design. *The Journal of Politics*, 66(1), 176–202.
- Zhang, J. (2021). Level-k Reasoning in School Choice. *Games and Economic Behavior*, 128, 1–17.



MODELADO Y PREDICCIÓN DEL ÍNDICE DE INTENSIDAD ENERGÉTICA POR PROVINCIAS DEL ECUADOR UTILIZANDO REDES NEURONALES Y ANÁLISIS DE CONGLOMERADOS CON ALGORITMOS DE APRENDIZAJE AUTOMÁTICO

Xavier Rodriguez-Cruz¹ y Julio Litardo²

Universidad de Guayaquil – Facultad de Ingeniería Industrial
Guayaquil, Ecuador

Información

Recibido:

10 de marzo de 2025

Aceptado:

4 de junio de 2025

Palabras clave:

Intensidad energética

Redes neuronales
artificiales

Aprendizaje automático

K-means

DBSCAN.

JEL:

C45, C53, Q41, O13

DOI:

<https://doi.org/10.47550/RCE/35.1.8>

Resumen

Mediante un diseño experimental comparativo, se evalúan cuatro arquitecturas de redes neuronales feedforward, LSTM, feedforward secuencial y LSTM robusto para predecir el índice de intensidad energética provincial, utilizando datos de panel de 2018 a 2023 con variables claves relacionadas con el consumo energético, la actividad económica y la dinámica demográfica. El modelo feedforward secuencial mostró mayor precisión predictiva ($R^2 = 0,724$), superando el rendimiento de los enfoques recurrentes en la capacidad para capturar patrones temporales, precisión y eficiencia computacional.

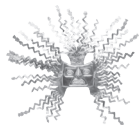
Los métodos de agrupamiento permiten caracterizar el comportamiento de las provincias en términos de intensidad energética, identificando grupos con patrones de consumo energético similares en relación con su producción económica. Orellana, Pastaza, Santa Elena y Zamora Chinchipe destacan por presentar perfiles energéticos diferenciados o atípicos, resaltando la utilidad de algoritmos como DBSCAN para detectar dinámicas regionales singulares.

Los resultados permiten identificar asimetrías territoriales en eficiencia energética, proporcionando una base empírica para el diseño e implementación de políticas energéticas diferenciadas. Estos conocimientos son particularmente valiosos en contextos geográficos y socioeconómicos diversos, donde promover el uso sostenible de la energía y reducir las desigualdades en la distribución y el consumo son objetivos fundamentales.

¹ORCID: 0000-0002-2931-0702. CRediT: investigación, análisis formal, metodología, redacción – borrador original. Correo electrónico: lester.rodriquezc@ug.edu.ec.

²ORCID: 0009-0008-3931-8151. CRediT: conceptualización, supervisión, validación, redacción – revisión y edición. Correo electrónico: julio.litardou@ug.edu.ec.

Copyright © 2025 Rodriguez-Cruz y Litardo. Los autores conservan los derechos de autor del artículo. El artículo se distribuye bajo la licencia Creative Commons Attribution 4.0 License.



MODELING AND PREDICTION OF THE ENERGY INTENSITY INDEX BY PROVINCES OF ECUADOR USING NEURAL NETWORKS AND CLUSTER ANALYSIS WITH MACHINE LEARNING ALGORITHMS

Xavier Rodriguez-Cruz¹ and Julio Litardo²

University de Guayaquil– Faculty of Industrial Engineering
Guayaquil, Ecuador

Article Info

Received:

10th March 2025

Accepted:

4th June 2025

Keywords:

Energy Intensity
Artificial Neural
Networks
Machine Learning
K-means
DBSCAN

JEL:

C45, C53, Q41, O13

DOI:

<https://doi.org/10.47550/RCE/35.1.8>

Abstract

Using a comparative experimental design, four neural network architectures—feedforward, LSTM, sequential feedforward, and robust LSTM—are evaluated to predict the provincial energy intensity index, based on panel data from 2018 to 2023 and key variables related to energy consumption, economic activity, and demographic dynamics. The sequential feedforward model demonstrated the highest predictive accuracy ($R^2 = 0.724$), outperforming recurrent approaches in capturing temporal patterns, precision, and computational efficiency.

Clustering methods allow for the characterization of provinces' behavior in terms of energy intensity, identifying groups with similar energy consumption patterns relative to their economic output. Orellana, Pastaza, Santa Elena, and Zamora Chinchipe stand out for exhibiting distinct or atypical energy profiles, highlighting the usefulness of algorithms such as DBSCAN in detecting unique regional dynamics.

The results help identify regional differences in energy efficiency, providing an empirical basis for designing and implementing tailored energy policies. These insights are especially useful in varied geographic and socio-economic settings, where encouraging sustainable energy use and reducing disparities in distribution and consumption are key objectives.

¹ORCID: 0000-0002-2931-0702. CRediT: research, formal analysis, methodology, writing – original draft. Email: lester.rodriguezc@ug.edu.ec.

²ORCID: 0009-0008-3931-8151. CRediT: conceptualization, supervision, validation, writing – review and editing. Email: julio.litardou@ug.edu.ec.

Copyright © 2025 Rodríguez-Cruz and Litardo. The authors retain copyright of the article. The article is distributed under the Creative Commons Attribution 4.0 License.

1. INTRODUCCIÓN

La transición hacia economías sostenibles y bajas en carbono requiere un enfoque riguroso en la eficiencia energética como un eje central de las políticas públicas. La previsión precisa y eficiente del consumo de energía es un requisito previo crucial para una planificación y formulación de políticas energéticas sustentables y eficaces dentro de una economía.

En ese contexto, la intensidad energética (IE), definida como la cantidad de energía consumida (CE) por unidad de producto interno bruto (PIB) en un determinado periodo, es un indicador crítico que no solo mide la eficiencia en el uso de recursos energéticos, sino que también refleja las interacciones entre el crecimiento económico, el progreso tecnológico y las estrategias de sostenibilidad en una economía.

Una menor intensidad energética indica un uso más eficiente de la energía para generar actividad económica; en otras palabras, se necesita menos energía para generar la misma cantidad de PIB, reflejando una mayor eficiencia energética. En cambio, si la intensidad energética es alta, significa que se requiere más energía para generar cada unidad de PIB, lo que indica una menor eficiencia energética.

De acuerdo con la International Energy Agency (2023), reducir la intensidad energética se ha establecido como una prioridad global para optimizar el uso de recursos y minimizar emisiones de gases de efecto invernadero. Por esta razón, los estudios subnacionales tienen relevancia debido a que permiten identificar dinámicas locales que podrían ser ignoradas en análisis a nivel nacional.

Se debe de considerar que la disminución de emisiones de gases de efecto invernadero se alinea con compromisos internacionales de mitigación del cambio climático, especificados en los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), de manera particular con el ODS13, y que una mayor eficiencia energética puede liberar recursos que podrían ser destinados a otros sectores como el de educación, salud e infraestructura.

Otro aspecto relevante del indicador se relaciona con el impacto sobre los recursos naturales. Un menor consumo energético por unidad de PIB puede implicar una menor presión sobre recursos como el petróleo, el gas, el carbón o la biomasa, promoviendo un desarrollo más sostenible. En este sentido, constituye una señal de avance hacia una economía baja en carbono, reflejada en la evolución de sectores económicos de mayor valor agregado y menor intensidad energética, como los servicios y las industrias basadas en el conocimiento.

Ecuador enfrenta desafíos significativos debido al crecimiento sostenido de la demanda energética, su histórica dependencia de fuentes no renovables y una alta participación de la generación hídrica en la capacidad instalada. Esta combinación ha dejado al país vulnerable a las variaciones climáticas y a la disponibilidad de agua, como se evidenció en la reciente crisis eléctrica de 2024, agravada por los efectos del cambio climático.

Las dinámicas anteriormente descritas, en conjunto con las disparidades en el consumo regional de energía, las limitaciones tecnológicas y de infraestructura, plantean desafíos importantes para la planificación y gestión eficiente de los recursos energéticos.

De acuerdo con Rodríguez-Cruz & Balda-Cruz (2022), la economía ecuatoriana es energéticamente intensiva en el desarrollo de su actividad productiva. Bajo esta perspectiva, comprender la distribución territorial y su evolución a nivel provincial es clave para el diseño de políticas públicas que promuevan una transición hacia un uso más eficiente y sostenible de la energía en el Ecuador.

La relación entre intensidad energética, crisis energética y cambio climático es intrínseca. La crisis energética impone desafíos adicionales a la eficiencia del uso de la energía, mientras que el cambio climático altera las condiciones bajo las cuales se produce y consume la energía. Este vínculo resalta la necesidad de un enfoque integral que considere no solo la predicción de la intensidad energética, sino también la adaptación a los efectos del cambio climático y la crisis energética en Ecuador.

Esta investigación propone un enfoque mediante la integración de redes neuronales para la predicción del índice de intensidad energética y el análisis de conglomerados para clasificar las provincias ecuatorianas en función de sus patrones de intensidad energética.

Implementando algoritmos de redes neuronales y de aprendizaje automático, se busca proporcionar un marco metodológico que permita a los formuladores de políticas identificar regiones de alta intensidad e implementar estrategias que fomenten la eficiencia energética, reduzcan la dependencia de fuentes no renovables y contribuyan a los compromisos nacionales e internacionales en materia de sostenibilidad y mitigación del cambio climático.

2. REVISIÓN DE LA LITERATURA

El sector energético es fundamental para el desarrollo sostenible de cualquier país. Según la OIEA (2008), la energía es esencial para potenciar el desarrollo sostenible, la competitividad y la mejora del bienestar social, y, en la mayoría de los casos, es fundamental para generar riqueza industrial y comercial. Por esta razón, la planificación y gestión del consumo de energía es un factor clave para la toma de decisiones en políticas energéticas y de sostenibilidad.

A continuación, se presenta una revisión de la literatura sobre los principales avances en la aplicación de redes neuronales y *clustering* en la predicción de consumo de energía.

Benidis et al. (2022) proporciona una revisión integral sobre el uso del aprendizaje profundo en la predicción de series de tiempo, destacando la capacidad para superar modelos tradicionales en escenarios complejos. Este trabajo

es relevante al presentar un material práctico sobre arquitecturas claves como *long short-term memory* (LSTM), redes neuronales convolucionales (CNN) y transformadores, facilitando su aplicación a diversas industrias.

En consecuencia, podemos afirmar que las redes neuronales y las técnicas de aprendizaje automático representan enfoques sofisticados para la modelación y predicción de fenómenos complejos, como son el consumo de energía y la intensidad energética.

Owda et al. (2014) exploran el uso de redes neuronales artificiales (ANN) para predecir el consumo de energía eléctrica. El estudio presenta un modelo basado en ANN que incorpora múltiples variables, incluyendo factores económicos, climáticos y patrones históricos de consumo. Se destaca la importancia de una adecuada selección de variables y de la optimización de los parámetros de la red para mejorar la precisión de los resultados. El estudio concluye que el uso de ANN puede mejorar significativamente la planificación y gestión energética, y señala que su efectividad podría incrementarse aún más mediante la incorporación de modelos más avanzados y datos en tiempo real.

Nugaliyadde et al. (2019) emplean redes neuronales recurrentes profundas (*deep recurrent neural networks*, RNNs) para predecir el consumo de electricidad. Destacan su capacidad capturar patrones temporales complejos en series de tiempo energéticas y mejorar la precisión de las predicciones en comparación con modelos tradicionales. Además, resaltan que el uso de arquitecturas avanzadas como LSTM permite mejorar la eficiencia de la modelización del consumo energético en distintos escenarios.

En esa misma línea, el artículo de Bai et al. (2024) presenta un algoritmo mejorado de redes neuronales para la predicción del consumo energético, presentan un modelo híbrido avanzado que combina CNN, LSTM y bidireccional (Bi-LSTM), destacando la relevancia en la optimización del uso de energía y la sostenibilidad. Los autores comparan el rendimiento de su modelo con enfoques tradicionales, como son las regresiones estadísticas y redes neuronales estándar, evidenciando mejoras significativas en precisión y eficiencia computacional.

Uno de los principales aportes de este trabajo es la integración de mecanismos avanzados de aprendizaje automático, como la optimización de hiperparámetros y técnicas de regularización, que permiten reducir el sobreajuste y mejora la capacidad de generalización del modelo. Otro aspecto relevante es que los autores enfatizan la importancia de incorporar factores externos —como variables económicas y climáticas— para lograr predicciones más precisas.

Por otro lado, Cui (2016) señala que el crecimiento económico suele ir acompañado de un elevado consumo de energía fósil, lo que conlleva mayores emisiones de gases de efecto invernadero y contribuye al calentamiento global. El estudio destaca que, pese a los esfuerzos en eficiencia energética, la economía no ha logrado una mejora sustancial en su intensidad energética,

lo que ha limitado los avances en la reducción de emisiones y en el cumplimiento de objetivos de sostenibilidad.

Como se indicó anteriormente, el ahorro energético y la protección del medio ambiente se han convertido en desafíos de alcance global. En este contexto, a nivel local, se han referenciado los siguientes trabajos por su relación con la presente investigación.

El estudio realizado por Vallejo (2017) analiza la intensidad energética en los sectores de uso final de la economía ecuatoriana, aplicando el método de descomposición basado en índices Divisia de media logarítmica (LMDI) para evaluar la evolución del consumo energético. Aunque el estudio no emplea redes neuronales ni técnicas de *clustering*, se cita en esta investigación debido a sus resultados relevantes. En particular, el artículo concluye que la eficiencia energética es un factor clave en la reducción del consumo de energía, y demuestra que las mejoras tecnológicas, junto con políticas implementadas en determinados periodos, han contribuido significativamente a disminuir la intensidad energética en el país. Por lo tanto, la capacidad de pronosticar con precisión la intensidad energética e identificar patrones complejos en los datos se vuelve fundamental para una planificación e implementación efectiva de políticas de eficiencia energética en Ecuador.

Estudios recientes han demostrado que las redes neuronales artificiales son eficaces para predecir el consumo mensual de electricidad en Ecuador, utilizando datos específicos de cantones, lo que permite mejorar la planificación energética, como lo especifica Guachimboza-Davalos et al. (2021). Este estudio emplea variables predictoras como el año, el mes, el cantón, el número de clientes y el monto facturado por consumo eléctrico, indicadores que pueden reflejar características socioeconómicas relevantes.

Guamán et al. (2024) presentan un modelo basado en aprendizaje automático para proyectar el consumo eléctrico a largo plazo en Ecuador. El modelo, entrenado con datos históricos y variables socioeconómicas, logra una capacidad predictiva superior a la de los métodos tradicionales. Para ello, se emplean redes neuronales multicapa (MLP), máquinas de soporte vectorial (SVM) y regresión lineal robusta (RLR) con el objetivo de modelar y predecir la demanda eléctrica en Ecuador desde 2023 hasta 2050. El estudio utiliza como variables explicativas indicadores socioeconómicos históricos, tales como población, PIB, acceso a la electricidad y porcentaje de población urbana.

Por otra parte, Hinojosa Bassantes (2022) aborda la implementación de un modelo de predicción de la demanda eléctrica mediante redes neuronales artificiales (RNA). El estudio analiza datos históricos de consumo energético y variables asociadas con el objetivo de anticipar el comportamiento de la demanda futura. El modelo propuesto mejora la precisión de las predicciones en comparación con los métodos convencionales. Sin embargo, se limita al uso de registros de demanda diaria horaria de energía eléctrica correspondientes al barrio San José de Cutuglahua, en el cantón Quito.

En el marco de la planificación energética, la aplicación de técnicas avanzadas de análisis de datos, como las redes neuronales artificiales y los métodos

de *clustering*, ha demostrado ser fundamental para mejorar la precisión de las predicciones. Estas herramientas permiten modelar relaciones complejas entre variables económicas y energéticas, capturando patrones no lineales y dinámicos que los enfoques tradicionales, como los modelos econométricos y de series de tiempo, no logran representar adecuadamente debido a sus supuestos de estabilidad y linealidad en las relaciones económicas. Esta limitación explica, en gran medida, su menor eficacia en proyecciones de largo plazo.

Esta característica permite que las redes neuronales sean herramientas altamente adaptables para la predicción en entornos con datos desordenados, incompletos o afectados por ruido, donde los métodos tradicionales pueden presentar limitaciones como refiere Zaneck (2023). Es decir, su capacidad de aprendizaje automático permite identificar patrones y realizar inferencias sin importar supuestos previos sobre la forma funcional o la relación exacta entre las variables del sistema, siendo particularmente útiles en contextos reales con alta incertidumbre (Haykin, 2009, pp. 18-21, 156-158)

En la revisión de la literatura no se identificaron estudios específicos orientados a la predicción del índice de intensidad energética, sino investigaciones centradas en la estimación de la demanda de energía. En este sentido, el presente trabajo contribuye a la literatura existente al enfocarse en la predicción del índice de intensidad energética mediante el uso de una arquitectura específica de red neuronal y técnicas de análisis de *clustering*.

Es importante destacar que, en economías en desarrollo como la de Ecuador, donde la demanda energética está estrechamente vinculada al desarrollo económico y a factores estructurales, la implementación de redes neuronales para la predicción resulta particularmente relevante. A su vez, los algoritmos de agrupamiento permiten segmentar regiones y poblaciones según patrones de intensidad energética, lo que facilita el diseño de políticas públicas más focalizadas y efectivas.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

Para la elaboración del presente trabajo de investigación, se utilizaron los registros del consumo de energía (GWh) y de los clientes regulados a nivel provincial de la Estadística Anual y Multianual del Sector Eléctrico Ecuatoriano¹ de la Agencia de Regulación y Control de Electricidad (ARCONEL), y los registros de las Cuentas Nacionales Anuales Regionales² del Banco Central del Ecuador (BCE) para el valor agregado bruto (VAB) a nivel provincial a valores corrientes.

¹ <https://controlelectrico.gob.ec/publicaciones-estadistica-del-sector-electrico-2/>

² https://contenido.bce.fin.ec/documentos/informacioneconomica/cuentasnacionales/ix_cuentasnacionalesanuales.html#

La población por cada provincia se obtuvo del portal web del Instituto Ecuatoriano de Estadísticas y Censos (INEC)³, y el número de empresas por provincias del sector manufacturero en el sitio web de la Superintendencia de Compañías del Ecuador⁴.

A continuación, en la tabla 1 se presentan las variables a utilizar:

Tabla 1 Variables económicas, energéticas y sociodemográficas

Variables	Descripción
Económicas	
Valor agregado bruto VAB	Valor de la producción menos el valor del consumo intermedio. Es una medida de la contribución al PIB hecha por unidad de producción, industria o sector, expresada en millones de USD.
Empresas sectores económicos	Registra el número de empresas de cada sector bajo el estado de compañías activas para la Superintendencia de Compañías.
Energéticas	
Consumo de energía	Se refiere a la energía facturada a consumidores de las empresas distribuidoras que se encuentran sujetos al pliego tarifario. La unidad de medida para el presente trabajo es el GWh.
Clientes residenciales	Persona natural o jurídica, pública o privada, que utiliza la energía eléctrica exclusivamente para uso doméstico. Se incluyen los consumidores de escasos recursos económicos y de bajo consumo que tienen integrada a su residencia una pequeña actividad comercial o artesanal.
Clientes comerciales	Persona natural o jurídica, pública o privada, que utiliza la energía eléctrica para fines de negocio, actividades profesionales o cualquier actividad con fines de lucro.
Clientes industriales	Persona natural o jurídica, pública o privada, que utiliza la energía eléctrica para la elaboración o transformación de productos. Se consideran a los agroindustriales, que transforman productos de la agricultura, ganadería, riqueza forestal y pesca.
Clientes otros	Consumidores como entidades oficiales, asistencia social, servicios comunitarios, otros.
Sociales	
Población	Número de personas por cada una de las provincias de acuerdo con el INEC

Fuente: Registros estadísticos ARCONEL, BCE, Superintendencia de Compañías e INEC.

Elaboración: autores

³ <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/proyecciones-poblacionales/>

⁴ <https://appscvsmovil.supercias.gob.ec/ranking/reporte.html>

Debido a la disponibilidad de los datos, el periodo de cada una de las series abarca desde 2018 hasta 2023. En el apartado de anexos se incluyen los siguientes: energía facturada por provincia 2018-2023 (GWh) (anexo 1); valor agregado bruto provincial 2018-2023 (miles de USD) (anexo 2); unidades de medida eléctrica (anexo 3), y variación anual de la demanda de energía (GWh) y del Valor Agregado Bruto (USD) por provincias (anexo 4).

Los registros incluyen los grupos de consumo establecidos en el pliego tarifario, a excepción del Servicio de Alumbrado Público General (SAPG). Así, para el grupo de consumo *residencial* se consideran las tarifas: residencial, residencial para el programa PEC y residencial temporal. En el grupo de consumo *comercial* se incluyen las tarifas: comercial sin demanda, comercial con demanda y comercial con demanda horaria. Para el grupo de consumo *industrial*, se contemplan las tarifas: industrial con demanda, industrial con demanda horaria, industrial con demanda horaria diferenciada e industrial artesanal. Finalmente, el grupo de consumo *otros* abarca a consumidores como entidades oficiales, organizaciones de asistencia social, servicios comunitarios, sistemas de bombeo de agua, escenarios deportivos y estaciones de carga rápida.

El consumidor regulado es la persona natural o jurídica que, mediante la suscripción de un contrato de suministro, se beneficia con la prestación del servicio público de energía eléctrica y del servicio de alumbrado público general, bien como propietario del inmueble o como receptor directo del servicio, y paga un valor como tarifa, por la energía que consume y la demanda de potencia eléctrica que requiere para satisfacer sus diferentes necesidades, según sus modalidades de consumo y nivel de voltaje.

En la tabla 2 se presentan las principales estadísticas descriptivas de cada una de las variables. Se ha incrementado la dimensionalidad del conjunto de datos en comparación con una serie temporal agregada, al incorporar variables adicionales como la población, número de clientes residenciales, comerciales, industriales y de otros sectores, lo que proporciona una mayor capacidad para capturar patrones heterogéneos entre provincias.

No obstante, se reconoce que el tamaño del conjunto de datos puede ser relativamente reducido para la implementación de modelos complejos como las redes neuronales, lo cual podría aumentar el riesgo de sobreajuste (*overfitting*). Por esta razón, en el presente estudio se han aplicado medidas metodológicas adecuadas para mitigar dicho riesgo en el diseño y entrenamiento de los modelos de redes neuronales.

Tabla 2. Principales estadísticos de las variables de estudio

Variables	Número	Media	Desviación estándar	Mínimo	25 %	50 %	75 %	Máximo
Valor agregado bruto provincial (VABp)	144	4.288.632	7.859.265	222.136	778.326	1.667.876	3.372.844	35.912.077
Empresas manufactureras (NE)	144	4.377	9.467	165	520	866	1.854	45.815
Consumo de energía (DE)	144	826	1.537	48	95	409	660	8.236
Clientes residenciales (Clr)	144	199.944	273.855	90.729	47.829	128.393	202.934	1.127.179
Clientes comerciales (Clc)	144	20.791	32.721	20.015	4.881	10.330	19.702	150.529
Clientes industriales (Clin)	144	1.696	2.860	119	261	520	1.612	13.973
Clientes Otros (Clo)	144	3.397	3.807	512	1.440	1.810	3.396	18.846
Población (Pob)	144	730.040	1.034.088	28.205	188.593	477.250	628.492	4.690.613

Fuente: Banco Central del Ecuador, ARCONEL y Superintendencia de Compañías

Elaboración: autores

Según García et al (2011) la intensidad energética (IE) es el cociente entre el consumo de energía (CE) y el producto interno bruto (PIB), en un determinado periodo. Se calcula a valores corrientes o valores constantes con un año base determinado.

Como el cálculo es a nivel de provincia se utiliza el valor agregado bruto por provincia para aproximar el valor total de la producción de la economía, considerando que el rubro de *otros elementos* del PIB⁵ no se distribuye por provincia. La fórmula de cálculo es la siguiente:

$$IE_{ij} = \frac{CE_{ij}}{VAB_{ij}} \quad (1)$$

Donde:

- IE_{ij} es la intensidad energética en el año i de la provincia j (bep/10³ USD).
- CE_{ij} es el consumo energético del año i de la provincia j expresado en unidades calóricas (10³ bep).
- VAB_{ij} corresponde al valor total agregado de la producción en el año i de la provincia j (10⁶ USD).

Como se indicó anteriormente, la predicción del índice de intensidad energética por provincias se realizará a través de redes neuronales. Se debe destacar que, en el desarrollo de esta investigación, se realizó un proceso iterativo de exploración y evaluación de arquitecturas de redes para modelar el fenómeno de interés con la disponibilidad de datos especificados.

A partir de las pruebas experimentales y comparativas, se seleccionaron cuatro modelos representativos que mostraron un balance adecuado entre capacidad predictiva, estabilidad durante el entrenamiento y complejidad computacional. Esta práctica es coherente con los lineamientos metodológicos establecidos en la literatura sobre aprendizaje profundo, donde se recomienda realizar comparaciones empíricas entre distintas arquitecturas con el fin de identificar estructuras que se adapten a la naturaleza de los datos y a los objetivos de análisis. Como propone Chollet (2021, pp. 295-328), las redes LSTM permiten capturar dependencias temporales en series, siendo útiles para modelado secuencial, mientras que el uso de la normalización Dropout y Batch mejora la generalización de modelos *feedforward* (Chollet, 2021, pp.259-293).

⁵ Otros elementos del PIB: Incluye impuestos indirectos netos + derechos arancelarios + impuestos netos sobre importaciones + impuesto al valor agregado (IVA).

Con base en lo anterior, se mitiga el sesgo asociado a la selección de una única arquitectura y se garantiza una comparación robusta entre modelos. En este estudio se evaluaron cuatro arquitecturas representativas: dos redes neuronales *feedforward* (una básica y otra adaptada a secuencias mediante *flattening*), y dos modelos LSTM (uno simple y otro optimizado mediante normalización por lotes, dropout y validación cruzada temporal). Esta selección permite diferenciar entre arquitecturas estáticas y secuenciales, así como entre configuraciones simples y avanzadas.

Para garantizar la comparabilidad objetiva, cada modelo se entrenó bajo condiciones experimentales homogéneas, incluyendo el uso del mismo conjunto preprocesado, número de épocas, tasas de aprendizaje, función de pérdida y optimizador.

3.1. Red neuronal *feedforward*

Se trata de una red neuronal artificial (ANN) clásica con flujo unidireccional de datos desde la capa de entrada, pasando por capas ocultas, hasta la salida, sin ciclos ni retroalimentación. La arquitectura transforma la entrada, compuesta por seis dimensiones, a un espacio de 64 dimensiones. Luego aplica una función de activación ReLU para introducir no linealidad, seguida de una capa de *dropout* que apaga aleatoriamente el 30 % de las neuronas, con el fin de reducir el riesgo de sobreajuste (*overfitting*). Posteriormente, la red reduce progresivamente la dimensionalidad a 32, luego a 16, hasta llegar a una única salida. Su principal ventaja radica en su simplicidad y velocidad de entrenamiento; sin embargo, no está diseñada para procesar datos secuenciales. La tabla 1 presenta en detalle su arquitectura.

Tabla 3. Feedforward clásico

Capa	Notación matemática	Dimensión de pesos	Activación
Entrada	$x \in \mathbb{R}^6$	-	-
Linear(6,64)	$h_1 = W_1 x + b_1$	$W_1 \in \mathbb{R}^{6 \times 6}$	ReLU
Dropout(0,3)	$h'_1 = \text{Dropout}(h_1)$		-
Linear(64,32)	$h_2 = W_2 h'_1 + b_2$	$W_2 \in \mathbb{R}^{32 \times 64}$	ReLU
BatchNorm1d(32)	$h'_2 = \text{BatchNorm}(h_2)$	-	-
Linear(32,16)	$h_3 = W_3 h'_2 + b_2$	$W_3 \in \mathbb{R}^{16 \times 32}$	ReLU
Linear(16,1)	$\hat{y} = W_4 h_3 + b_4$	$W_4 \in \mathbb{R}^{1 \times 16}$	-

Elaboración: autores

El modelo matemático para la red feedforward clásico es:

$$\hat{y} = W_4 \cdot \text{ReLU}(W_3 \cdot \text{BatchNorm}(\text{ReLU}(W_2 \cdot \text{Dropout}(\text{ReLU}(W_1 x + b_1)))) + b_4) \quad (2)$$

3.2. Red LSTM básica

Es una red recurrente (RNN) especializada en capturar dependencias temporales mediante “puertas” que regulan el flujo de información. En este caso en particular, procesa secuencia de 3 pasos (lookback = 3) con 6 características cada una. Cada capa LSTM calcula:

- Puertas *forget/input/output*: deciden la información a recordar/descartar.
- Estado de memoria (C_t): almacena información relevante a largo plazo.

Luego, toma el último estado oculto h_t y lo mapea a la salida. Una ventaja de esta arquitectura de red es que modela patrones temporales complejos, pero el coste computacional es muy alto con respecto a la red *feedforward*. A continuación, se presenta la arquitectura en la tabla 4.

Tabla 4. Red LSTM (Long Short-Term Memory)

Capa	Notación matemática	Dimensión de pesos	Activación
Entrada	$X \in \mathbb{R}^{3 \times 6}$ (secuencia)	-	-
LSTM(6,64,2)	$(h_t, c_t) = \text{LSTM}(x_t, h_{t-1}, c_{t-1})$	$W_{\text{LSTM}} \in \mathbb{R}^{4 \times 64 \times (6+64)}$	Tanh/ σ
Dropout(0,3)	$h'_T = \text{Dropout}(h_T)$		
Linear(64,1)	$\hat{y} = W_h h'_T + b_h$	$W_h \in \mathbb{R}^{1 \times 64}$	

Elaboración: autores

Ecuación LSTM para cada paso t :

$$f_t = \sigma(W_f \cdot [h_{t-1}, x_t] + b_f) \quad (3)$$

$$i_t = \sigma(W_i \cdot [h_{t-1}, x_t] + b_i) \quad (4)$$

$$\tilde{C}_t = \tanh(W_c \cdot [h_{t-1}, x_t] + b_c) \quad (5)$$

$$C_t = f_t \odot C_{t-1} + i_t \odot \tilde{C}_t \quad (6)$$

$$o_t = \sigma(W_0 \cdot [h_{t-1}, x_t] + b_0) \quad (7)$$

$$h_t = o_t \odot \tanh(C_t) \quad (8)$$

Donde:

f_t es la puerta de olvido;
 i_t es la puerta de entrada;
 $\bar{C}_t$ es la memoria candidata;
 C_t es la memoria actualizada;
 o_t es la puerta de salida, y
 h_t es la salida de la celda en el tiempo t .

La salida final de la red o el último estado oculto se especifica de la siguiente manera:

$$\hat{y} = W_h \cdot h_t + b_h \quad (9)$$

3.3. Red neuronal *feedforward* secuencial (FFNN secuencial)

El tercer modelo corresponde a una red neuronal *feedforward* con estructura secuencial. Conserva la arquitectura del modelo *feedforward* básico, pero adapta su entrada mediante una expansión que convierte las secuencias en vectores planos. En este estudio, se utilizaron secuencias de tres pasos con seis variables por paso, lo que genera un total de 18 entradas aplanadas. Su principal ventaja es que combina la simplicidad de una FFNN con la capacidad de incorporar información temporal en la entrada. La tabla 3 presenta en detalle la arquitectura de esta red.

Tabla 5. Feedforward Secuencial

Capa	Notación matemática	Dimensión de pesos	Activación
Entrada	$X_{\text{flat}} \in \mathbb{R}^{18}$ (3 pasos x 6 features)	-	-
Linear(18,64)	$h_1 = W_1 X_{\text{flat}} + b_1$	$W_1 \in \mathbb{R}^{64 \times 18}$	ReLU
Dropout(0,3)	$h'_1 = \text{Dropout}(h_1)$	-	-
Linear(64,32)	$h_2 = W_2 h'_1 + b_2$	$W_2 \in \mathbb{R}^{32 \times 64}$	ReLU
BatchNorm1d(32)	$h'_2 = \text{BatchNorm}(h_2)$	-	-
Linear(32,16)	$h_3 = W_3 h'_2 + b_3$	$W_3 \in \mathbb{R}^{16 \times 32}$	ReLU
Linear(16,1)	$\hat{y} = W_4 h_3 + b_4$	$W_4 \in \mathbb{R}^{1 \times 16}$	-

Elaboración: autores

A continuación se presenta la notación matemática del modelo FFNN Secuencial

$$y\hat{y} = W_4 \cdot \text{ReLU}(W_3 \cdot \text{BatchNorm}(\text{ReLU}(W_2 \cdot \text{Dropout}(\text{ReLU}(W_1 X_{\text{flat}} + b_1)))) + b_4) \quad (10)$$

3.4. Modelo LSTM robusto

Por último, se implementó una versión mejorada del modelo LSTM, incorporando funciones de activación ReLU y normalización mediante BatchNorm, con el objetivo principal de lograr un modelado avanzado de secuencias y una mayor capacidad de generalización. Este modelo incluye una red LSTM con *dropout* interno del 30 %, normalización por lotes y capas densas adicionales de 64, 32 y 1 neuronas, respectivamente. Para la normalización de las predicciones, se utiliza una función de activación *sigmoid* en la salida. Estas características fortalecen su capacidad predictiva frente a secuencias complejas y permiten integrar mecanismos de prevención del sobreajuste como *dropout* y *early stopping*, así como una regularización más robusta mediante la combinación de *dropout* y BatchNorm.

A continuación, se presenta la arquitectura de la red LSTM robusta:

Tabla 6. Red LSTM robusto

Capa	Notación matemática	Dimensión de pesos	Activación
Entrada	$X \in \mathbb{R}^{3 \times 6}$	-	-
LSTM(6,64,2) + Dropout(0,3)	$h_T = \text{LSTM}(X)[-1]$	$W_{\text{LSTM}} \in \mathbb{R}^{4 \times 64 \times (6+64)}$	Tanh/ σ
BatchNorm1d(64)	$h'_T = \text{BatchNorm}(h_T)$	-	-
Linear(64,32)	$h_1 = W_1 h'_T + b_1$	$W_1 \in \mathbb{R}^{32 \times 64}$	ReLU
Linear(32,1)	$\hat{y} = \sigma(W_2 h_1 + b_2)$	$W_1 \in \mathbb{R}^{1 \times 32}$	Sigmoid

Elaboración: autores

La notación matemática para la arquitectura de red LSTM robusto se describe a continuación:

$$\hat{y} = \sigma(W_2 \cdot \text{ReLU}(W_1 \cdot \text{BatchNorm}(\text{LSTM}(X)[-1] + b_1) + b_2) \quad (11)$$

Se proponen las siguientes arquitecturas distintas con mecanismos explícitos de deregularización: *dropout* (30 %), normalización *batch* y la inclusión de una estrategia de validación con particiones diferenciadas según el modelo. De forma particular, el modelo LSTM robusto incorpora *early stopping* con validación anidada, lo que permite una mejor detección de sobreajuste durante el entrenamiento.

En ese mismo orden de ideas, se ha utilizado el optimizador Adam o AdamW con tasa de aprendizaje de 0,001, y se ha mantenido una semilla fija (SEED = 42) para garantizar la reproducibilidad. De igual forma, la división del conjunto de datos (80/20) respeta el orden temporal, evitando el uso de aleatorización que podría inducir pérdida de información.

Como se indicó al comienzo de este apartado, estas prácticas metodológicas están alineadas con las recomendaciones de la literatura para el entrenamiento confiable de redes neuronales con conjunto de datos pequeños como lo destacan Goodfellow et al. (2016, pp. 111-135).

En esta investigación se seguirá un enfoque de análisis de conglomerados similar al propuesto por Rodríguez-Cruz (2024), con la diferenciación de que se busca la utilidad del análisis de agrupamiento para identificar patrones de intensidad energética diferenciados entre provincias del Ecuador.

El algoritmo de K-means se lo puede expresar de la siguiente manera:

$$J = \sum_{i=1}^K \sum_{x \in C_i} \|x - \mu_i\|^2 \quad (12)$$

Donde:

K es el número de cluster;
 C_i es el conjunto de puntos de datos en el i -ésimo clúster;
 x representa un punto de datos;
 μ_i es el centroide del i -ésimo clúster, y
 $\|x - \mu_i\|^2$ es la distancia euclidiana cuadrada entre el punto de datos x y el centroide μ_i .

Cada punto de datos x se asigna al clúster cuyo contenido μ_i minimice la distancia euclidiana:

$$C_i = \{x : \|x - \mu_i\|^2 \leq \|x - \mu_j\|^2 \forall j, 1 \leq j \leq K\} \quad (13)$$

$$\Delta J = \left(\frac{n_i}{n_i - 1} \right) \|x - \mu_i\|^2 - \left(\frac{n_j}{n_j + 1} \right) \|x - \mu_j\|^2 \quad (14)$$

Donde:

n_i y n_j son las cantidades de puntos en los clusteres C_i y C_j respectivamente.

μ_i y μ_j son los centroides de los clusteres C_i y C_j respectivamente.

Para encontrar los clústeres en K-means se utilizará el Elbow Method, más conocido como el método del codo, técnica para determinar el número óptimo de grupos o clústeres.

Para el algoritmo DBSCAN, el modelo se expresa como:

$$N_\varepsilon(P) = \{q \in D \mid \text{dist}(P, q) \leq \varepsilon\} \quad (15)$$

Donde:

$N_\varepsilon(P)$ es el conjunto de puntos en la vecindad ε del punto P .

q es el punto de datos en el conjunto de datos D .

$\text{dist}(P, q)$ es la distancia (típicamente euclidiana) entre los puntos P y q .

ε es el radio de vecindad.

Se define el punto central como:

$$|N_\varepsilon(P)| \geq \text{MinPts} \quad (16)$$

Donde:

$|N_\varepsilon(P)|$ es el número de puntos en la vecindad ε del punto P .

MinPts es el número mínimo de puntos requeridos para formar un clúster.

Finalmente, se utiliza el algoritmo de aglomeramiento jerárquico (*hierarchical clustering*). Este algoritmo no exige especificar previamente un número de clústeres, ya que genera un dendrograma que representa los niveles de similitud entre los puntos de datos. En este caso, se utiliza el enfoque aglomerativo junto con una medida de distancia basada en el enlace promedio, que se detalla a continuación:

$$C = \{\{x_1\}, \{x_2\}, \dots, \{x_n\}\} \quad (17)$$

Donde C se considera el conjunto de clústers iniciales y x_i es un punto de datos. La distancia es:

$$d(C_i, C_j) = \frac{1}{|C_i| \cdot |C_j|} \sum_{x \in C_i} \sum_{y \in C_j} dist(x, y) \quad (18)$$

La metodología de K-means se emplea para identificar provincias con patrones similares de intensidad energética, mientras que DBSCAN se utiliza para detectar provincias con comportamientos atípicos. Por su parte, el clúster jerárquico aglomerativo resulta particularmente útil para análisis espaciales y temporales, como lo señalan Hastie et al. (2005).

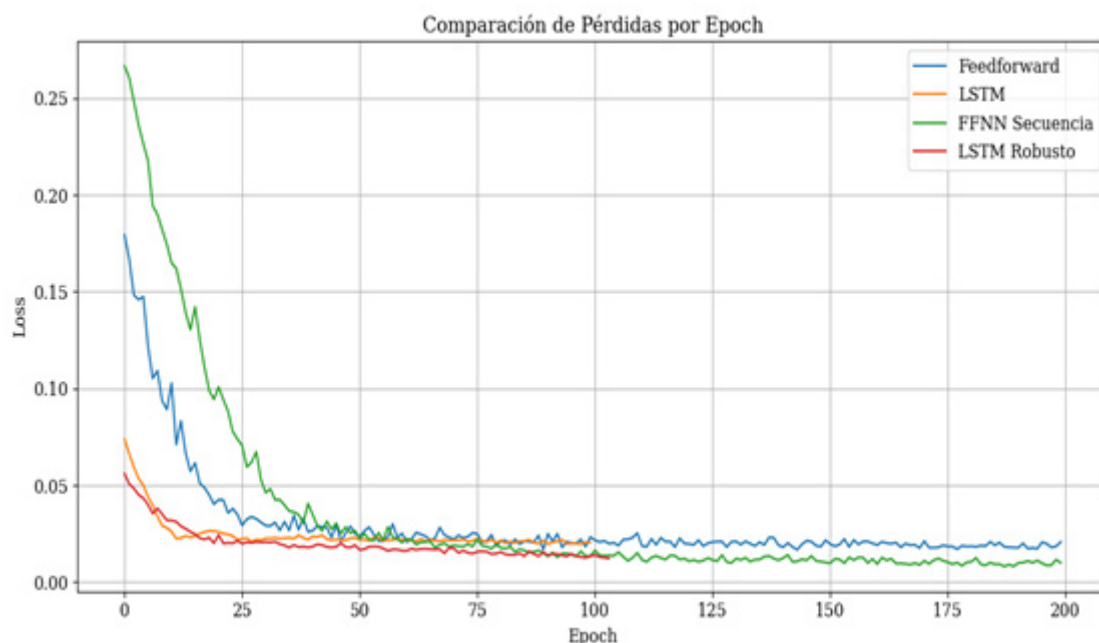
Cabe destacar que, en el presente trabajo, se utilizan las series a precios corrientes del valor agregado bruto provincial, y se realiza la conversión de medidas calóricas para transformar la demanda de energía de GWh a kBEP.

4. RESULTADOS Y LIMITACIONES

En esta sección se presentan y analizan los resultados obtenidos mediante la aplicación de las diferentes arquitecturas de red propuestas para la predicción del índice de intensidad energética por provincias. En el anexo 5, se presenta una matriz comparativa de las características principales de las arquitecturas de redes neuronales.

La figura 1 muestra la evolución de la función de pérdida (MSE) durante las épocas de entrenamiento y validación para cada una de las arquitecturas evaluadas.

Figura 1. Evolución de la función de pérdida durante el entrenamiento



Elaboración: autores

Se observa que el modelo *feedforward* clásico presenta oscilaciones significativas y una alta pérdida persistente: señal de inestabilidad en el entrenamiento y una limitada capacidad de capturar patrones generales en los datos de validación. Sugiere una posible tendencia al sobreajuste, con una menor capacidad de extrapolación hacia datos no observados.

En contraste, el modelo *feedforward* secuencial exhibe una curva de pérdida suave y decreciente, logrando una convergencia eficiente y una menor divergencia entre las fases de entrenamiento y validación en comparación con otras arquitecturas. Esto evidencia una mayor capacidad predictiva fuera de la muestra; en otras palabras, refleja una buena estabilidad de aprendizaje y una capacidad robusta para extrapolar a dinámicas provinciales no observadas en los datos de entrenamiento.

Por otro lado, las arquitecturas LSTM muestran una evolución estable, aunque con una tasa de convergencia menor respecto al modelo secuencial, como se muestra en las tasas de convergencia del error de entrenamiento por modelo, indicada en la tabla 7.

Tabla 7. Tasas de convergencia del error de entrenamiento

Epoch	Feedforward	LSTM	Feedforward secuencial	LSTM robusto
1	0,179313	0,073928	0,266544	0,056109
20	0,040270	0,026430	0,094411	0,020113
40	0,026022	0,022036	0,040594	0,017944
60	0,025187	0,021746	0,020481	0,016229
80	0,018849	0,020335	0,019511	0,014783
100	0,023335	0,020487	0,013419	0,013423
120	0,019986	-	0,012235	-
140	0,019084	-	0,011359	-
160	0,020052	-	0,012018	-
180	0,018425	-	0,010234	-
200	0,020791	-	0,009992	-

Elaboración: autores

Los modelos LSTM muestran un aprendizaje consistente, sin evidencias de sobreajuste ni inestabilidad numérica. No obstante, aunque estos modelos logran aprender, lo hacen a un ritmo más lento en comparación con el modelo *feedforward* secuencial. Esto implica que, a lo largo de las épocas de entrenamiento, el LSTM requiere más tiempo para reducir el error hasta niveles óptimos, lo cual representa una desventaja en términos de mayor duración del entrenamiento, mayor costo computacional y un riesgo incrementado de quedar atrapado en mínimos locales.

En la tabla 8 se presentan las métricas de desempeño utilizadas para comparar las diferentes redes neuronales. En este caso, se destaca que el modelo *feedforward* secuencial presenta el mejor ajuste predictivo: comete pocos errores al tener un RMSE de 0,0344 y explica aproximadamente el 72 % de la variabilidad del índice de intensidad energética entre provincias.

Tabla 8. Comparación de desempeño de las arquitecturas de redes neuronales

Modelo de red neuronal	Error cuadrático medio (MSE)	Raíz del error cuadrático medio (RMSE)	Coefficiente de determinación (R2)
Feedforward clásico	0,00434	0,06586	-0,011
Feedforward secuencial	0,00119	0,03444	0,724
LSTM	0,00401	0,06335	0,065
LSTM robusto	0,00244	0,04936	0,432

Elaboración: autores

El modelo LSTM, si bien logra desempeños aceptables, no supera al secuencial. El modelo clásico evidencia bajo ajuste y potencial sobreajuste, confirmado por su R2 negativo.

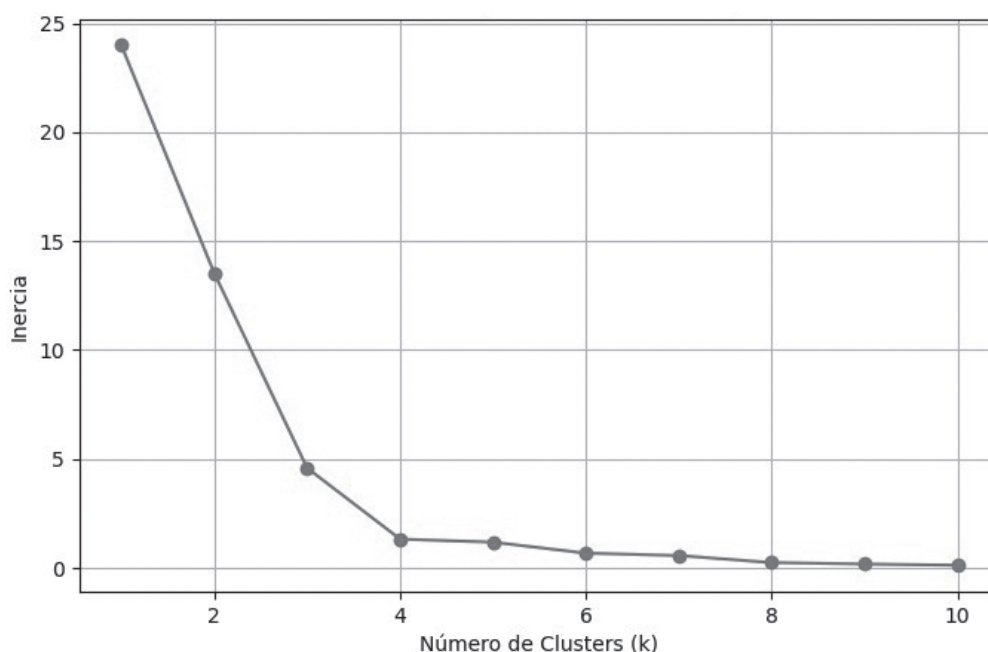
Las métricas obtenidas sobre el conjunto de prueba permiten una evaluación objetiva de la capacidad de generalización de los modelos. Los resultados muestran que la arquitectura de la red *feedforward* secuencial es la más adecuada para la predicción del índice de intensidad energética.

Aunque el tamaño de muestra puede parecer reducido desde una perspectiva de aprendizaje profundo, la evidencia demuestra que la red *feedforward* secuencial ofrece resultados robustos incluso con un conjunto de datos moderado, siempre que se apliquen adecuadamente el preprocesamiento, la selección de arquitectura y las técnicas de regularización para mitigar el sobreajuste, en línea con lo planteado por Chollet (2021).

Por otro lado, la red mitiga problemas de multicolinealidad sin necesidad de emplear técnicas de reducción de dimensiones, debido a la combinación de métodos de regularización como *dropout* o BatchNorm, lo cual coincide con lo señalado por Goodfellow et al. (2016), quienes destacan que las redes profundas pueden aprender representaciones latentes no lineales, evitando redundancias en los datos y mejorando su capacidad de generalización.

En el anexo 6 se presenta el resultado de la predicción del índice de intensidad energética en kBEP/103 USD para el año 2024 y 2025, y en el anexo 7 se presenta la evolución del índice de intensidad energética por provincias para el periodo 2018 a 2025.

Conforme a la aplicación de los algoritmos de agrupamiento, el análisis de conglomerados basado en los resultados de K-means permitió identificar cuatro clústeres diferenciados, cada uno de los cuales refleja variaciones en el promedio del índice de intensidad energética durante el periodo analizado.

Figura 2. Clústeres óptimos para K-means

Fuente: Banco Central del Ecuador y ARCONEL

Elaboración: autores

El análisis de clústeres realizado revela una clara diferenciación en la intensidad energética de las provincias agrupadas en cuatro clústeres. El clúster 1 se concentra en Orellana y Pastaza, provincias amazónicas con baja participación de consumidores regulados y una baja densidad poblacional y dispersión territorial. Aunque son provincias que están ligadas a la industria petrolera, no necesariamente tienen un alto consumo energético en sectores residenciales y comerciales, debido a una menor industrialización y economía más orientada a actividades de bajo consumo energético. En este sentido, este grupo representa un nivel muy bajo de intensidad energética.

El clúster 2, con un promedio de 0,112073, incluye provincias como Azuay y Napo, donde predomina la mayor concentración de centrales de generación renovable. Cabe destacar que, al cierre de 2023, de los 1.596,16 MW de potencia instalados en las centrales ubicadas en la provincia de Napo, la mayor parte corresponde a la central Coca Codo Sinclair. Este grupo, el más numeroso entre los conglomerados identificados, está conformado por provincias andinas y amazónicas cuyo uso energético resulta relativamente eficiente en relación con el valor económico que generan.

El clúster 0 está conformado por provincias como Guayas y Manabí, con un promedio de intensidad energética de 0,150153, lo que sugiere una mayor concentración de actividades productivas o un consumo elevado en sectores específicos. Este grupo incluye economías con presencia de industrias medianas, actividades agroindustriales y manufactureras, así como sectores petroquímicos —como la refinería ubicada en Esmeraldas— y economías

orientadas a la agroexportación, el comercio y los servicios. También forman parte de este clúster provincias con una base agrícola diversificada, como Cotopaxi, Chimborazo e Imbabura, lo que lo convierte en un conglomerado relevante, caracterizado por una intensidad energética media-alta.

En cuanto al clúster 3, este registra el promedio más alto (0,203154), conformado por provincias de Santa Elena y Zamora Chinchipe, que tienen una estructura basada en sectores extractivos con alto consumo energético y bajo procesamiento, lo que da señales de menor eficiencia energética.

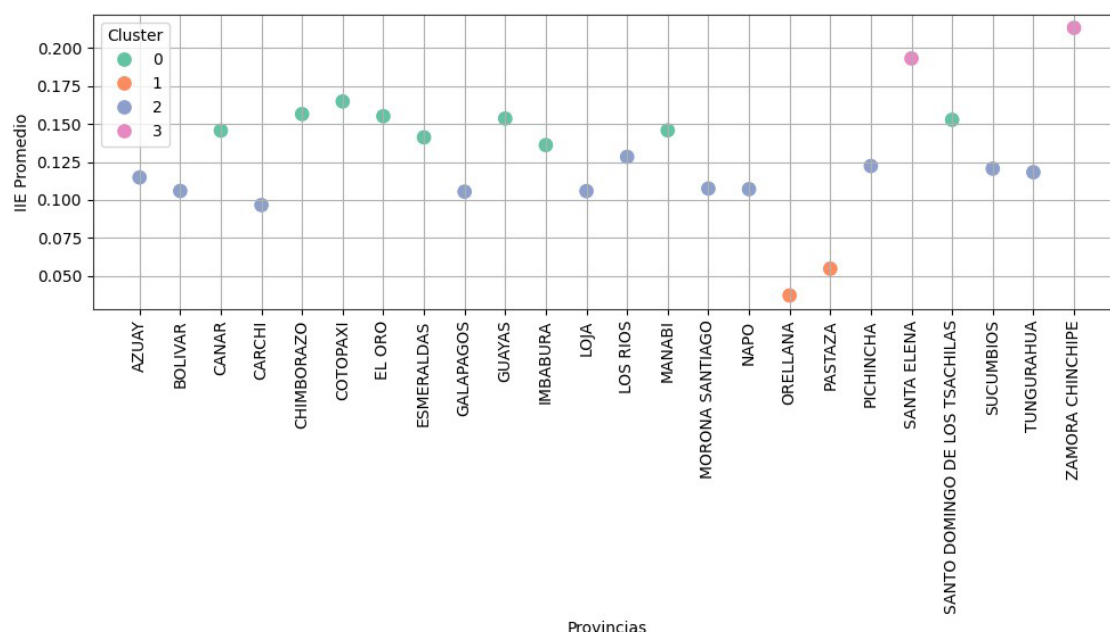
En la tabla 9 se muestran las provincias para cada uno de los clústeres identificados con la aplicación del algoritmo K-means.

Tabla 9. Análisis por clúster K-means-*feedforward* secuencial

Clúster	Provincias	IEE promedio	Comentarios
1	Orellana y Pastaza	0,045961	Provincias con una baja intensidad energética, explicada en medida por ser economías basadas en actividades como la agricultura tradicional, ganadería extensiva, turismo ecológico.
2	Azuay, Bolívar, Carchi, Galápagos, Loja, Los Ríos, Morona Santiago, Napo, Pichincha, Sucumbíos, Tungurahua	0,112073	En Sucumbíos se registra un alto consumo eléctrico debido a que se atiende la carga a EP Petroecuador, lo que eleva el promedio, considerando que su densidad poblacional es relativamente baja. Está conformada por economías más diversificadas o con mayor orientación a servicios y producción con alto valor agregado. Baja intensidad energética.
0	Cañar, Chimborazo, Cotopaxi, El Oro, Esmeraldas, Guayas, Imbabura, Manabí, Santo Domingo de los Tsáchilas	0,150153	Integrado por economías mixtas, con actividad agroindustrial relevante y oportunidades de mejora en eficiencia energética. Clúster de media intensidad energética
3	Santa Elena y Zamora Chinchipe	0,203154	Integrados por provincias con alta intensidad energética, debido a que sus economías dependen de sectores extractivos intensivos en energía (minería, pesca, petroquímica) con bajo valor agregado por unidad de energía consumida. Grupo con alta intensidad energética.

Fuente: Banco Central del Ecuador y ARCONEL

Elaboración: autores

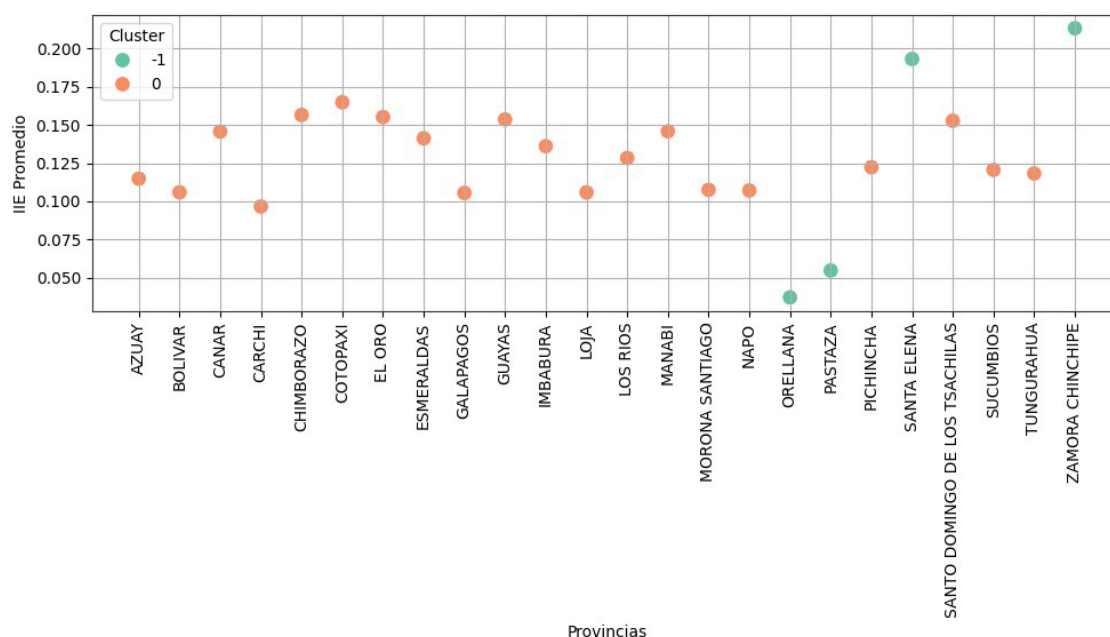
Figura 3. Clústeres K-means

Fuente: Banco Central del Ecuador y ARCONEL

Elaboración: autores

Con respecto a los resultados obtenidos mediante el algoritmo DBSCAN, se identificó un grupo de provincias atípicas conformado por Orellana, Pastaza —economías con baja transformación de bienes y servicios, como se indicó previamente—, así como Santa Elena y Zamora Chinchipe. Este grupo fue clasificado como clúster -1, lo cual el algoritmo interpreta como *ruido*, es decir, provincias cuyos valores del índice de intensidad energética presentan una alta heterogeneidad o no se ajustan a los patrones predominantes en el resto del país. En contraste, el clúster 0 agrupa a todas las demás provincias, lo que sugiere una mayor homogeneidad en la relación entre el PIB y el consumo energético, representando estructuras económicas más estables y típicas del contexto ecuatoriano.

Figura 4. Clúster DBSCAN

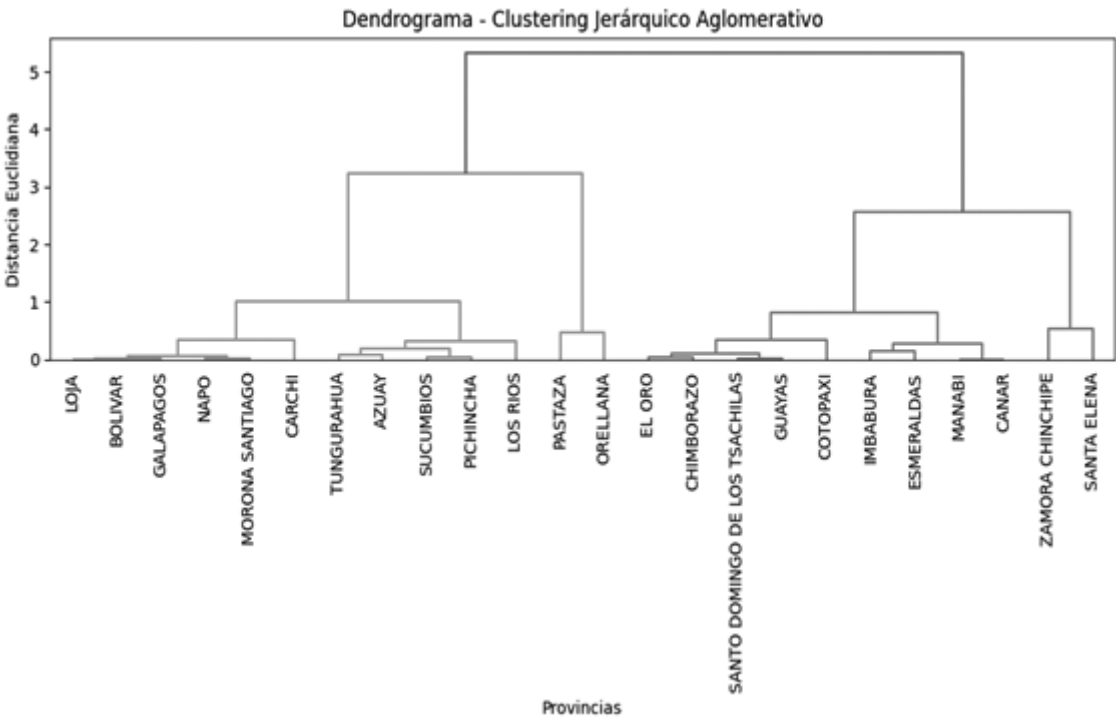


Fuente: Banco Central del Ecuador y ARCONEL

Elaboración: autores

En cuanto a la aplicación del algoritmo de aglomeramiento jerárquico (*hierachical clustering*), el dendograma permite identificar a las provincias que se agrupan en función de su similitud con respecto al índice de intensidad energética. Se observan tres grupos principales: el primero se forma a una distancia menor a 1,5 e incluye provincias como Loja, Bolívar, Galápagos y Napo, entre otras del centro y la Amazonía, reflejando patrones energéticos similares. El segundo grupo se consolida a una distancia aproximada de 2,5 y está conformado por provincias como Guayas, Manabí, Esmeraldas e Imbabura, las cuales comparten un perfil energético posiblemente asociado a un mayor consumo o desarrollo económico. Finalmente, el tercer grupo lo integran Zamora Chinchipe y Santa Elena, que se agrupan recién a una distancia superior a 5, lo que sugiere que presentan características energéticas atípicas o significativamente distintas del resto. Este último hallazgo es coherente con los resultados del algoritmo DBSCAN, que también las identificó como *outliers*.

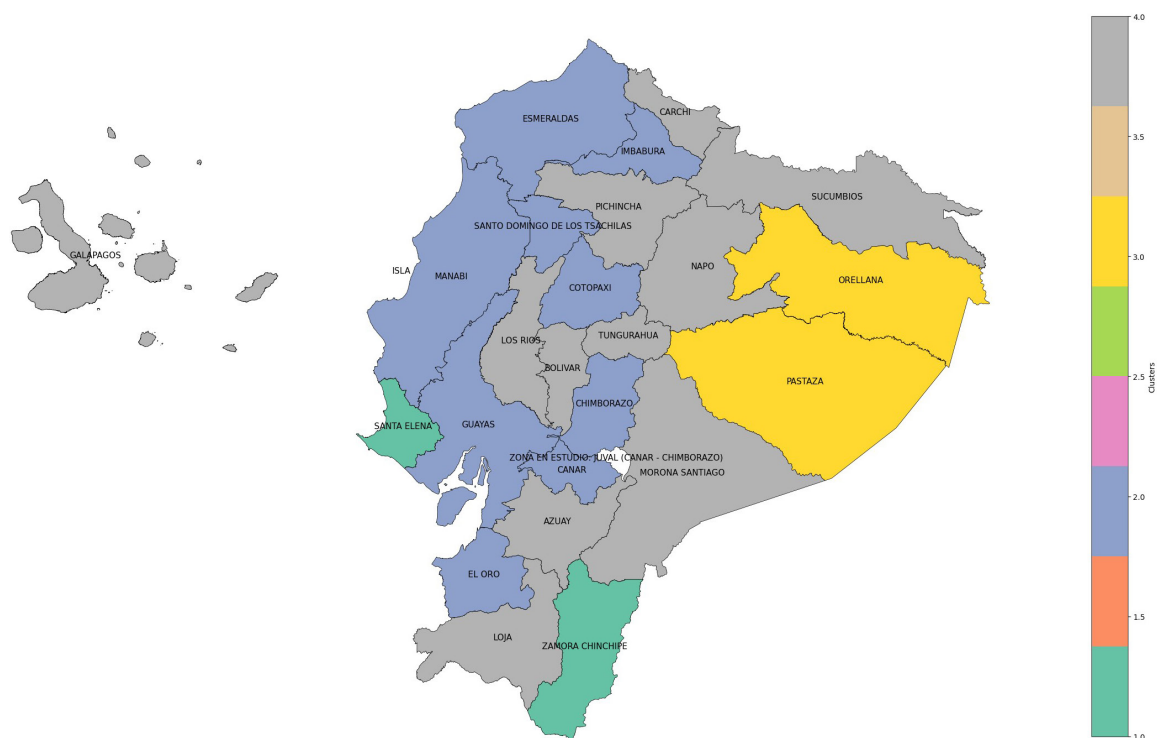
Figura 5. Dendrograma-Clúster jerárquico aglomerativo



Fuente: Banco Central del Ecuador y ARCONEL

Elaboración: autores

Figura 6. Geografía de los clústeres jerárquicos por provincias



Fuente: Banco Central del Ecuador y ARCONEL

Elaboración: autores

5. CONCLUSIONES Y DISCUSIÓN

En esta investigación se evaluaron cuatro arquitecturas de redes neuronales para la predicción del índice de intensidad energética a nivel provincial: *feedforward* tradicional, LSTM básico, *feedforward* secuencial y LSTM robusto. Los resultados demostraron que el modelo *feedforward* secuencial obtuvo mejor rendimiento, con un R^2 de 0,724, superando a las demás arquitecturas en precisión y estabilidad. Esta elección se fundamentó en su capacidad para capturar dependencias temporales mediante el aplanamiento de secuencias, combinado con una estructura eficiente de capas densas y técnicas de regularización (*dropout* y BatchNorm), lo que permitió una mejor generalización sin caer en sobreajuste.

Utilizando el *feedforward* secuencial, se realizaron predicciones del índice de intensidad energética para el año 2024 y 2025, por cada una de las provincias. Estas predicciones se integraron posteriormente para ser analizadas mediante técnicas de clustering como K-means, DBSCAN y jerárquico aglomerativo para identificar patrones geográficos en el comportamiento energético.

La aplicación de los algoritmos para aglomeramiento, para el caso particular de K-means, permite identificar regiones de manera clara y eficiente en cuatro grupos. Se puede evidenciar que provincias como Orellana y Pastaza registran en promedio un índice de intensidad energética de 0,046 kBEP/10³ USD; este valor indica que, para generar 1.000 dólares de valor agregado bruto provincial, se consumen 0,046 kilogramos de barriles equivalentes de petróleo (BEP) o 46 gramos de BEP, lo que supone una muy alta eficiencia relativa, aunque puede estar relacionadas con su limitada estructura productiva.

Provincias como Pichincha y Guayas integran grupos de clúster con baja y media intensidad energética, corresponden a regiones con más altos niveles de industrialización. Por otro lado, las provincias de Santa Elena y Zamora Chinchipe conforman un clúster con un alto índice promedio de intensidad energética, de 0,203 kBEP/10³ USD explicada por economías que dependen de sectores extractivos intensivos en energía, como la minería, la pesca y la petroquímica, que generan un bajo valor agregado por unidad de energía consumida.

Los resultados del análisis de densidad DBSCAN identifican un pequeño grupo de provincias atípicas integradas por Orellana, Pastaza, Santa Elena y Zamora Chinchipe. Estas provincias tienen características energéticas que difieren notablemente del resto, consistente con la agrupación generada por el algoritmo K-means y resaltando el valor de la aplicabilidad del algoritmo DBSCAN para identificar regiones con comportamientos energéticos diferenciados; sin embargo, ambos clústeres tienen valores promedio del índice de intensidad energética muy cercanos, una diferencia de 0,00465 kBEP/10³ USD entre los grupos, lo que sugiere que no hay una separación drástica entre los grupos.

En cuanto a la aplicación del algoritmo de clústeres jerárquicos, este permite visualizar progresivamente cómo se forman los grupos, identificando tres grandes conglomerados a distintos niveles de similitud. Se observa que varias provincias del centro y de la Amazonía ecuatoriana comparten características energéticas similares, mientras que otras, como Santa Elena y Zamora Chinchipe, destacan por presentar un comportamiento energético notablemente divergente.

Cabe señalar que no se incorporó un análisis de sensibilidad, ya que este no fue contemplado en el diseño metodológico original. La presente investigación se enfocó en evaluar el rendimiento predictivo de diversas arquitecturas de redes neuronales a partir de un conjunto específico de variables y parámetros. No obstante, la inclusión de un análisis de sensibilidad podría constituir una extensión relevante para investigaciones futuras, especialmente para valorar la estabilidad de los modelos frente a variaciones en los insumos, en los hiperparámetros o con datos a nivel cantonal.

Finalmente, se recomienda realizar un contraste sistemático entre los resultados obtenidos mediante la arquitectura de red neuronal y los generados por metodologías econométricas para datos de panel, con el objetivo de

comparar el desempeño de ambas y corroborar los hallazgos reportados en la literatura, ejercicio que permitirá validar si las redes neuronales mantienen ventajas predictivas consistentes, particularmente en contextos característicos de relacionales no lineales y estructuras temporales complejas.

BIBLIOGRAFÍA

- Bai, J., Wang, J., Ran, J., Li, X., & Tu, C. (2024). An Improved Neural Network Algorithm for Energy Consumption Forecasting. *Sustainability*, 16(21), 9332.
- Benidis, K., Rangapuram, S. S., Flunkert, V., Wang, Y., Maddix, D., Turkmen, C., ... & Januschowski, T. (2022). Deep Learning for Time Series Forecasting: Tutorial and Literature Survey. *ACM Computing Surveys*, 55(6), 1–36.
- Chollet, F. (2021). *Deep Learning With Python*. Simon and Schuster.
- Cui, H. (2016). China's Economic Growth and Energy Consumption. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 6(2), 349–355.
- García, F., Hernández, G., & Luna, N. (2011). *Manual de estadísticas energéticas OLADE*.
- Goodfellow, I., Bengio, Y., Courville, A., & Bengio, Y. (2016). *Deep Learning* (Vol. 1, No. 2). Cambridge: MIT Press.
- Guachimboza-Davalos, J. I., Llanes-Cedeño, E. A., Rubio-Aguilar, R. J., Peralta-Zurita, D. B., & Núñez-Barrionuevo, O. F. (2021). Prediction of Monthly Electricity Consumption by Cantons in Ecuador Through Neural Networks: A Case Study. En *Systems and Information Sciences: Proceedings of ICCIS 2020* (pp. 28–37). Springer International Publishing.
- Guamán, W., Benalcazar, P., Cordova-Garcia, J., & Torres, M. (2024, October). Machine Learning-Based Projections of Long-Term Electricity Consumption: The Case Study of Ecuador. En *International Conference on Advanced Research in Technologies, Information, Innovation and Sustainability* (pp. 174–187). Cham: Springer Nature Switzerland.
- Hastie, T., Tibshirani, R., Friedman, J., & Franklin, J. (2005). The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference and Prediction. *The Mathematical Intelligencer*, 27(2), 83–85.
- Haykin, S. (2009). *Neural Networks and Learning Machines* (3rd ed.). Pearson Education India.
- Hinojosa Bassantes, J. S. (2022). *Implementación de un modelo de predicción de la demanda eléctrica mediante redes neuronales artificiales*.
- International Energy Agency. (2023). *Energy Efficiency 2023*. <https://www.iea.org/reports/energy-efficiency-2023>
- Nugaliyadde, A., Somaratne, U., & Wong, K. W. (2019). Predicting Electricity Consumption Using Deep Recurrent Neural Networks. *arXiv preprint arXiv:1909.08182*.
- OIEA. (2008). *Indicadores energéticos del desarrollo sostenible: directrices y metodologías*.

- Owda, H. M., Omoniwa, B., Shahid, A. R., & Ziauddin, S. (2014). Using Artificial Neural Network Techniques for Prediction of Electric Energy Consumption. *arXiv preprint arXiv:1412.2186*.
- Rodríguez-Cruz y Balda Cruz. (2022). Descomposición de la variación del índice de intensidad energética y desacople de la economía en Ecuador. *Compendium: Cuadernos de Economía y Administración*, 9(2), 115–130. <https://doi.org/10.46677/compendium.v9i2.1002>
- Rodríguez-Cruz, L. X. (2024). Análisis de la eficiencia y rentabilidad de las empresas manufactureras ecuatorianas: una aplicación de algoritmos no supervisados. *Cuestiones Económicas*, 34(2). <https://doi.org/10.47550/RCE/34.2.5>
- Vallejo, C. (2017). Análisis de intensidad energética para los sectores de uso final de la economía ecuatoriana. *Cuestiones Económicas*, 27(2), 17–17.
- Zanek, F. (2023). *Pronóstico de demanda de electricidad con redes neuronales artificiales para Salta, Argentina*. *Revista Científica de Informática ENCRIPAR*, 6(12), 1–18.

ANEXOS

Anexo A. Energía facturada por provincia 2018-2023 (GWh)

Provincias	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Azuay	918,48	929,83	855,35	916,71	947,27	955,15
Bolívar	68,48	69,07	70,41	71,79	72,32	76,38
Carchi	83,51	85,37	84,62	88,13	87,69	92,62
Cañar	182,87	194,96	177,19	195,54	186,37	199,62
Chimborazo	324,38	308,63	288,47	378,38	400,16	342,01
Cotopaxi	486,77	449,38	418,79	466,43	493,84	460,74
El Oro	826,45	892,64	881,38	946,69	988,79	1.018,93
Esmeraldas	445,42	438,95	422,01	445,25	474,44	500,50
Galápagos	49,25	53,94	47,53	48,66	48,28	70,98
Guayas	6.740,21	6.954,41	6.890,15	7.289,97	7.435,29	8.235,84
Imbabura	293,41	302,45	289,17	314,98	328,57	347,61
Loja	243,75	248,80	244,38	246,24	261,52	274,32
Los Ríos	635,62	663,96	658,15	683,16	676,40	756,21
Manabí	1.368,14	1.426,03	1.455,90	1.464,39	1.549,09	1.797,17
Morona Santiago	71,22	72,95	72,57	78,91	82,61	86,34
Napo	81,92	85,84	82,50	87,91	87,31	95,64
Orellana	123,49	130,74	132,00	134,40	140,39	154,23
Pastaza	58,17	59,80	59,10	61,89	61,42	68,05
Pichincha	3.910,24	3.743,40	3.424,28	3.505,90	3.601,82	3.730,60
Santa Elena	356,73	393,02	396,25	427,56	445,76	444,35
Santo Domingo de los Tsáchilas	420,29	429,05	422,84	445,36	460,32	503,82
Sucumbíos	478,53	555,74	561,73	579,41	601,91	601,95
Tungurahua	462,85	463,05	439,68	465,20	451,58	485,75
Zamora Chinchipe	53,01	145,50	278,31	449,94	715,16	780,06

Fuente: ARCONEL

Elaboración: autores

Anexo B. Valor agregado bruto provincial 2018-2023 (miles de USD)

Provincias	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Azuay	4.651.017	4.655.332	4.190.464	4.606.093	5.084.289	5.003.715
Bolívar	416.238	413.974	407.563	427.146	474.118	474.612
Carchi	599.037	604.673	532.326	582.816	600.053	592.440
Cañar	802.705	788.835	705.026	766.147	815.845	807.579
Chimborazo	1.339.981	1.378.326	1.179.658	1.251.765	1.387.496	1.356.964
Cotopaxi	1.772.718	1.733.860	1.561.525	1.665.710	1.680.184	1.693.471
El Oro	3.359.398	3.383.287	3.206.664	3.601.883	3.821.418	4.011.472
Esmeraldas	2.473.491	2.151.602	1.932.036	2.017.708	1.825.719	1.805.635
Galápagos	339.378	361.892	241.890	222.136	248.505	282.115
Guayas	29.484.069	30.192.388	28.743.798	30.802.249	34.108.591	35.912.077
Imbabura	1.567.277	1.579.691	1.315.622	1.347.340	1.530.066	1.655.475
Loja	1.526.839	1.622.200	1.407.102	1.458.391	1.778.577	1.890.553
Los Ríos	3.140.980	3.142.045	3.220.731	3.369.363	3.490.584	3.905.489
Manabí	4.998.039	4.898.244	4.515.587	4.906.461	5.496.687	5.903.548
Morona Santiago	453.101	446.051	421.692	434.820	484.079	523.641
Napo	532.271	497.831	420.198	451.705	512.414	494.701
Orellana	5.376.224	5.400.857	3.335.301	5.284.770	7.226.709	5.822.719
Pastaza	875.868	782.386	609.717	889.916	1.115.514	929.851
Pichincha	28.267.714	28.054.282	24.411.601	27.201.525	28.019.826	30.310.540
Santa Elena	1.577.586	1.351.889	958.249	1.121.571	1.196.778	1.217.470
Santo Domingo de los Tsáchilas	1.806.044	1.769.035	1.670.042	1.743.385	1.902.616	2.003.079
Sucumbíos	3.268.888	2.848.515	1.999.518	3.008.797	3.833.738	3.104.639
Tungurahua	2.524.904	2.600.733	2.151.575	2.406.918	2.588.576	2.752.890
Zamora Chinchipe	314.384	346.946	676.613	1.060.200	1.312.899	1.656.755

Fuente: Banco Central del Ecuador BCE

Elaboración: autores

Anexo C. Unidades de medida eléctrica

Prefijo	Símbolo	Múltiplo	Potencia de diez
Tera	T	1.000.000.000.000	10 ¹²
Giga	G	1.000.000.000	10 ⁹
Mega	M	1.000.000	10 ⁶
Kilo	k	1.000	10 ³
		1	10 ⁰
Mili	m	1/1.000	10 ⁻³
Micro	μ	1/1.000.000	10 ⁻⁶
Nano	n	1/1.000.000.000	10 ⁻⁹
Pico	p	1/1.000.000.000.000	10 ⁻¹²

Fuente: *Manual de estadísticas energéticas* OLADE (2017)

Elaboración: autores

Nota: Adicional de las unidades de medida eléctricas “estándar”, se utilizan otras unidades para indicar otros calores y cantidades como:

Wh(Watts por hora): cantidad de energía eléctrica consumida por un circuito durante un periodo de tiempo;

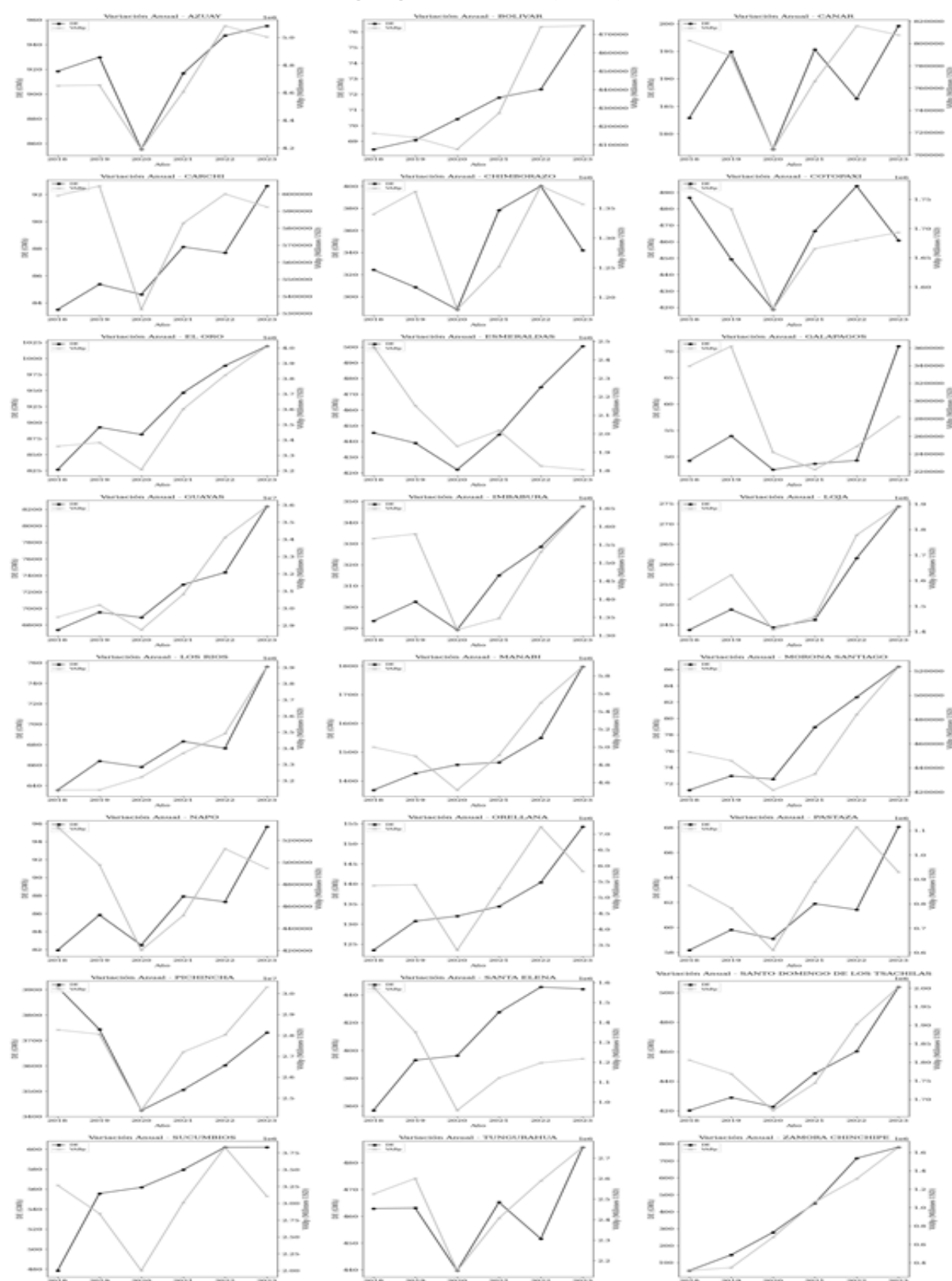
kWh (kilo watts-hora) = 1.000 watts-hora;

MWh (mega watts-hora) = 1.000.000 watts-hora, y

GWh(giga watts-hora) = 1.000.000.000 watts-hora.

Nota: De acuerdo al *Manual de estadísticas energética 2017* de OLADE, el factor de conversión calórico aplicado para Ecuador, en su calidad de país miembro, es de 0,620 para transformar unidades de GWh (unidad original) a kBEP.

Anexo D. Variación anual de demanda de energía (GWh) y valor agregado bruto (USD)



Fuente: Banco Central del Ecuador BCE y ARCONEL

Elaboración: autores

Anexo E. Matriz comparativa de arquitecturas de redes neuronales

Características	Feedforward	LSTM	Feedforward secuencial	LSTM robusto
Estructura	4 capas densas (64-32-16-1)	2 capas LSTM (64 unidades)+1 densa	4 capas densas (64-32-16-1) con entrada vectorizada	2 capas LSTM(64 unidades) + 2 capas densas (32-1)
Entrada	6 <i>features</i> (sin contexto temporal)	Secuencia 3D (ventana=3,6 <i>features</i> / paso)	18 <i>features</i> (ventana = 3 aplanada)	Secuencia 3D (ventana=3,6 <i>features</i> / paso)
Mecanismo	<i>Dropout</i> (30 %), BatchNorm	<i>Dropout</i> (30 %)	<i>Dropout</i> (30 %) BatchNorm	<i>Dropout</i> (30 %) BatchNorm sigmoide final
Optimizador	AdamW (lr=0,001)	Adam (lr=0,001)	AdamW (lr=0,001)	Adam (lr=0,001)
Épocas de entrenamiento	200 (sin <i>early stopping</i>)	100 (sobreajuste detectado)	200 (convergencia estable)	127 8 <i>early stopping</i> con paciencia =10)
Tamaño de batch	32	16 (limitado por memoria)	64 (eficiencia por datos 2D)	16
Datos de validación	20 % del conjunto de entrenamiento (<i>split</i> inicial)	20 % del conjunto de entrenamiento (<i>split</i> inicial)	20 % del conjunto de entrenamiento (<i>split</i> inicial)	10 % del conjunto de entrenamiento (<i>split</i> anidado para <i>early stopping</i>)
Tiempo época(GPU T4)	~ 42 segundos	~ 1 min 15 seg	~ 38 segundos	~ 1 min 50 seg
Curva de aprendizaje	Alta variabilidad post-epoch 50	Sobreajuste después de epoch 85	Estable después de epoch 35	Mejor val_loss en epoch 97
Preprocesamiento temporal	Ninguno	Ventana de 3 pasos	Secuencias aplanadas (3 pasos →18 <i>features</i>)	Ventana de 3 pasos

Características	Feedforward	LSTM	Feedforward secuencial	LSTM robusto
Hiperparámetros clave	-	hidden_size=64, num_layers=2	-	hidden_size=64, capas FC adicionales

Fuente: Arquitecturas de redes neuronales propuestas en la investigación

Elaboración: autores

Nota:

Partición de Datos:

Trainging/test: 80 %/20 % para todos los modelos (sin *shuffle*, preservando orden temporal)

Validación:

Feedforward, LSTM, *Feedforward* secuencial: 20 % del entrenamiento inicial

LSTM robusto: 10 % de entrenamiento (*split* anidado) para monitoreo de *early stopping*.

Hiperparámetros comunes: compartido para todas las arquitecturas

Para reproducibilidad, SEED = 42

Para regularización, Dropout_rate = 0,3

Tasa de aprendizaje, Learning_rate = 0,001

Función de pérdida, Loss_function = nn.MSELoss

Anexo F. Índice intensidad energética en kBEP/103 USD - *feedforward* secuencial

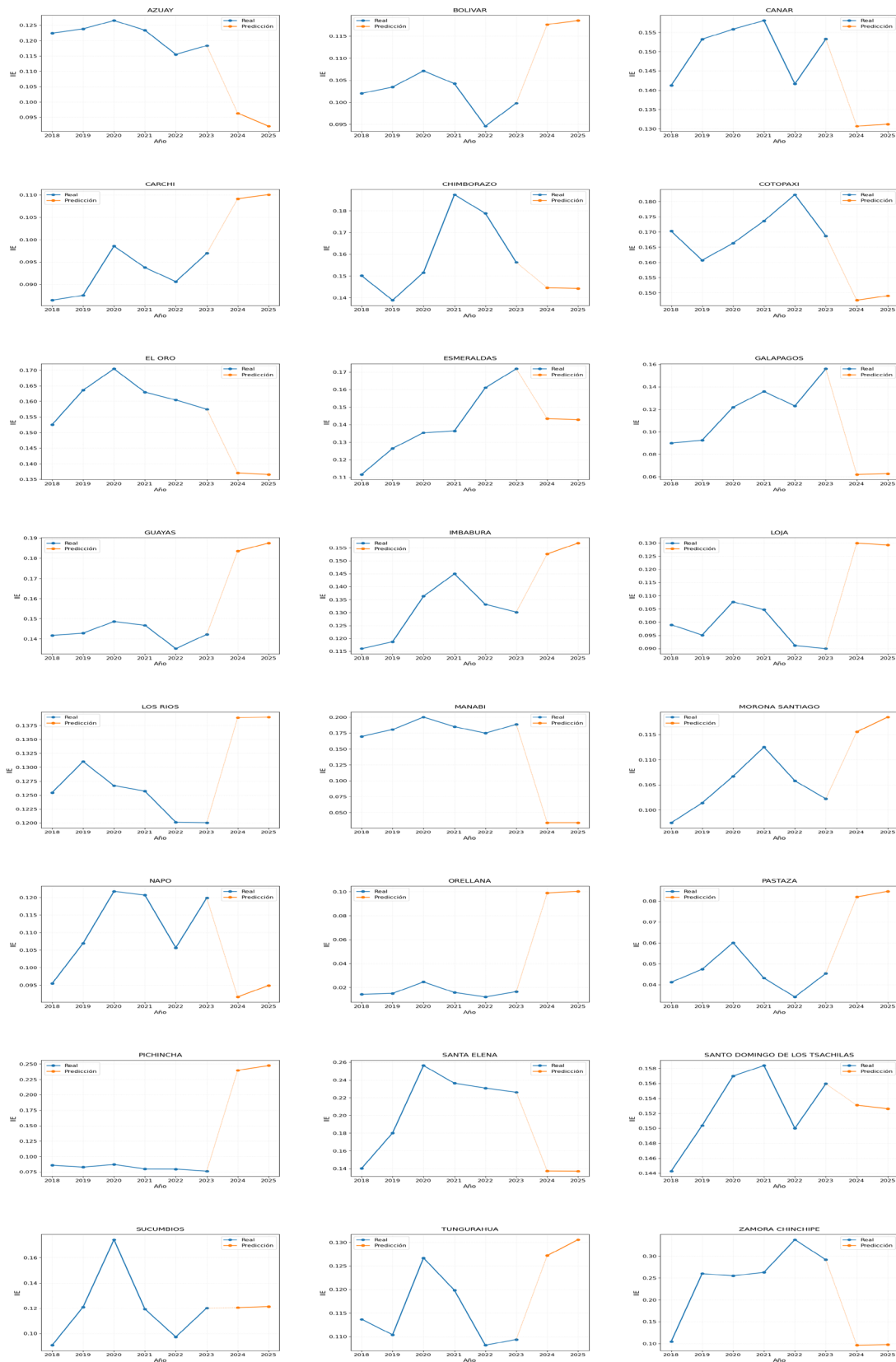
Provincias	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024p	2025p
Azuay	0,122437	0,123835	0,126553	0,123393	0,155140	0,118351	0,096323	0,092118
Bolívar	0,102023	0,103445	0,107110	0,104203	0,094572	0,099778	0,117653	0,118550
Carchi	0,086432	0,087534	0,098557	0,093753	0,090605	0,096929	0,109158	0,110062
Cañar	0,141247	0,153233	0,155821	0,158078	0,141632	0,153254	0,130687	0,131216
Chimborazo	0,150088	0,138828	0,151613	0,187412	0,178811	0,156265	0,144574	0,144216
Cotopaxi	0,170246	0,160691	0,166280	0,173612	0,182231	0,168682	0,147533	0,148998
El Oro	0,152527	0,163580	0,170413	0,162956	0,160425	0,157492	0,137011	0,136552
Esmeraldas	0,111648	0,126487	0,135425	0,136509	0,161116	0,171856	0,143473	0,142927
Galápagos	0,089973	0,092411	0,121827	0,135814	0,122950	0,155992	0,061960	0,062705
Guayas	0,141735	0,142809	0,148620	0,146735	0,135153	0,142187	0,183582	0,187560
Imbabura	0,116070	0,118706	0,136274	0,144943	0,133140	0,130185	0,152613	0,156846
Loja	0,098979	0,095091	0,107679	0,104683	0,091164	0,089962	0,129931	0,129199
Los Ríos	0,125465	0,131015	0,126696	0,125709	0,120143	0,120049	0,138894	0,138967
Manabí	0,169716	0,180501	0,199898	0,185046	0,174730	0,188742	0,033921	0,033992
Morona Santiago	0,097454	0,101399	0,106697	0,112516	0,105805	0,102228	0,115570	0,118467
Napo	0,095422	0,106905	0,121728	0,120663	0,105641	0,119864	0,091611	0,094891
Orellana	0,014241	0,015009	0,024538	0,015768	0,012044	0,016422	0,099018	0,100340
Pastaza	0,041177	0,047388	0,060097	0,043118	0,034137	0,045374	0,082029	0,084675
Pichincha	0,085764	0,082729	0,086969	0,079909	0,079698	0,076309	0,239808	0,247511
Santa Elena	0,140197	0,180246	0,256379	0,236354	0,230929	0,226286	0,137282	0,137094
Santo Domingo de los Tsáchilas	0,144282	0,150371	0,156979	0,158383	0,150003	0,155944	0,153082	0,152607

Provincias	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024p	2025p
Sucumbíos	0,090761	0,120961	0,174178	0,119395	0,097342	0,120210	0,120560	0,121436
Tungurahua	0,113550	0,110388	0,126699	0,119831	0,108160	0,109400	0,127199	0,130567
Zamora Chinchipe	0,104542	0,260012	0,255024	0,263123	0,337725	0,291918	0,096025	0,097329

Fuente: Banco Central del Ecuador BCE y ARCONEL

Elaboración: autores

Anexo G. Evolución del índice de intensidad energética por provincias



Fuente: Banco Central del Ecuador BCE y ARCONEL

Elaboración: autores