REVISTA LATINOAMERICANA DE

DESARROLLO ECONÓMICO

Latin American Journal of Economic Development

Número 44

Carrera de Economía
Instituto de Investigaciones Socio Económicas
Universidad Católica Boliviana San Pablo

Noviembre 2025
Abril 2026

Werner L. Hernani-Limarino — ¿Quién soporta el costo de la devaluación? Dinámica de precios e impactos en el bienestar durante la crisis cambiaria de Bolivia 2024–2025

Mauricio Mora Barrenechea — Pronóstico de la inflación en tiempos de estabilidad y crisis: un enfoque con Machine Learning

Lykke E. Andersen, Fabiana Argandoña, Diego Calderón, Sergio Choque, Álvaro Muñoz, Carla Olmos, Sebastián Miranda — Valoración económica de los servicios ecosistémicos en Bolivia: estimación del aporte de las áreas protegidas y los territorios indígenas

Lykke E. Andersen, Fabiana Argandoña, Carla Olmos, Diego Calderón, Sebastián Miranda, Álvaro Muñoz, Sergio Choque — Estimación de las emisiones de CO_2 por deforestación e incendios en Bolivia entre 2010 y 2023

Wendy Katherine Aguirre Álvarez — Movilidad laboral y desigualdades de género en Bolivia: evidencia de trayectorias mediante cadenas de Markov, 2015-2024

Sandro Felipe Acosta Mesa, Rafael Reinier Alcober Álvarez, Mercedes del Carmen Franco Rodriguez, Jorge Félix Quintana Cala — Tendencias y buenas prácticas de economía circular como herramienta de competitividad turística: una revisión bibliométrica

Academia Boliviana de Ciencias Económicas — Scientia et Veritas
Sociedad de Economistas de Bolivia
Universidad Católica Boliviana — Carrera de Economía - IISEC

Revista indexada a Latindex, RePEc-IDEAS y SciELO Bolivia

ISSN: 2074 - 4706

REVISTA LATINOAMERICANA DE

DESARROLLO ECONÓMICO

Latin American Journal of Economic Development

Número 44 Noviembre 2025 - Abril 2026

UNIVERSIDAD CATÓLICA BOLIVIANA "SAN PABLO"

P. José Fuentes Cano
Rector Nacional

Dra. Mónica Daza Ondarza Salamanca
Vicerrectora Académica Nacional

Mgr. Marcos Delgadillo Moreira
Vicerrector Administrativo Financiero Nacional

Dra. Ximena Peres Arenas
Rectora de Sede La Paz

Dra. Jessica Lanza
Decana de la Facultad de Ciencias Económicas y Financieras

Dr. Carlos Gustavo Machicado Salas
Director de la Carrera de Economía

Dra. Fernanda Wanderley
Directora del Instituto de Investigaciones Socio-Económicas

ACADEMIA BOLIVIANA DE CIENCIAS ECONÓMICAS (ABCE)

Dr. Oscar Molina Tejerina
Presidente

SOCIEDAD DE ECONOMISTAS DE BOLIVIA (SEBOL)

Dr. Joaquín Morales
Presidente

Editor
Carlos Gustavo Machicado Salas Ph.D., Universidad de Chile; Universidad Católica Boliviana "San Pablo", La Paz - Bolivia, cmachicado@ucb.edu.bo

Editora asistente
Alejandra Arleth Lafuente Luizaga BEc., Universidad Mayor de San Andrés; Universidad Católica Boliviana "San Pablo", La Paz - Bolivia, lajed@ucb.edu.bo

Comité Editorial Interno
Carlos Quezada Lambertin, Ph.D., Ghent University; Universidad Católica Boliviana "San Pablo", Bolivia.
Carola Tito Velarde, M.Sc., Universidad Libre de Bruselas; Universidad Católica Boliviana "San Pablo", Bolivia.
Fernanda Wanderley, Ph.D., Universidad de Columbia; Universidad Católica Boliviana "San Pablo", Bolivia.
Jean Paul Benavides, Ph.D., Universidad de Ciencias y Tecnología Lille 1; Universidad Católica Boliviana "San Pablo", Bolivia.
Lourdes Espinoza Vásquez, Ph.D.; Universidad Católica Boliviana "San Pablo", Bolivia.
Oscar Molina Tejerina, Ph.D., Universidad Politécnica de Valencia; Universidad Privada Boliviana, Bolivia.
Javier Von Borries Algarañaz, M.Sc.; Universidad Católica Boliviana "San Pablo", Bolivia.
Raúl Rubin de Celis Cedro, M.A., Georgetown University-Universidad Alberto Hurtado; Universidad Católica Boliviana "San Pablo", Bolivia.
Tirza Aguilar Salas, M.Sc.; Universidad Católica Boliviana "San Pablo", Bolivia.

Consejo Editorial Externo
Bernardo Xavier Fernández Tellería, Ph.D., Glasgow University; Foreign, Commonwealth & Development Office (FCDO), Bolivia.
David Zavaleta Castellón, Ph.D., Universidad de Ginebra; Escuela de la Producción y Competitividad-Universidad Católica Boliviana "San Pablo", Bolivia.
Diego Escobari, Ph.D., Texas A&M University; University of Texas Rio Grande Valley, Estados Unidos.
Elizabeth Jiménez Zamora, Ph.D., University of Notre Dame; Postgrado en Ciencias del Desarrollo (CIDES)-Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia.
Fabiola Saavedra Caballero, Ph.D., Universidad Católica de Lovaina; Banco Interamericano de Desarrollo, Estados Unidos.
Gustavo Canavire-Bacarreza, Ph.D., Georgia State University; Banco Mundial, Estados Unidos.
Joaquin Morales Belpaire, Ph.D., Université de Namur; Universidad Privada Boliviana, Bolivia.
José Peres-Cajías, Ph.D., Universitat de Barcelona; Universitat de Barcelona, España.
Juan Antonio Morales, Ph.D., Universidad Católica de Lovaina; Universidad Católica Boliviana "San Pablo", Bolivia.
Lykke Andersen, Ph.D., University of Aarhus; Red de Soluciones para el Desarrollo Sostenible de Bolivia (SDSN), Bolivia.
Mauricio Vargas, Ph.D., Universidad de Chile; Fondo Monetario Internacional, Estados Unidos.
Mauricio Tejada, Ph.D., Georgetown University; Universidad Diego Portales, Chile.
Miguel Urquiola, Ph.D., University of California Berkeley; Columbia University, Estados Unidos.
Mónica Capra, Ph.D., University of Virginia; Claremont Graduate University, Estados Unidos.
Pablo Cuba Borda, Ph.D., University of Maryland; Federal Reserve Board.
Rómulo Chumacero, Ph.D., Duke University; Universidad de Chile, Chile.
Sergio Salas, Ph.D., University of Chicago; University of Chicago, Estados Unidos.
Werner Hernani, Ph.D., University of Pennsylvania; Partnership for Economic Policy, Estados Unidos.

Agradecimientos
Alberto Bonadona, Ph.D., Universidad de Pittsburgh; Colby College, Estados Unidos.
Antonio Murillo, MSc., Universidad Católica Boliviana "San Pablo"; Universidad Torcuato Di Tella, Argentina.
Dennis Avilés Irahola, Ph.D., Universidad de Bonn; Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia.
Ernesto Yáñez Aguilar, MSc., Universidad Autónoma de Barcelona Departamento de Economía Aplicada; Fundación ARU, Bolivia.
Guillermo Gómez Aliaga, MSc., Université de Genève; Universidad Católica Boliviana "San Pablo", Bolivia.
Horacio Villegas Quino, MSc., Universidad de Chile; Universidad Católica Boliviana "San Pablo", Bolivia.
Jean-Paul L'Huillier, Ph.D., Massachusetts Institute of Technology; Universidad de Ginebra, Suiza.
José Alberto Villegas Gómez, Ph.D., Ghent University Department of Economics; Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia.
Luis Gonzáles Carrasco, MSc., Harris School of Public Policy at the University of Chicago; Universidad Católica Boliviana "San Pablo", Bolivia.
Marco Antonio Abastoflor Portugal, MSc., Universidad Andina Simón Bolívar; Universidad Católica Boliviana "San Pablo", Bolivia.
Osvaldo Pericon Enriquez, Ph.D., Logotipo de Queen Mary University of London, Universidad Católica Boliviana "San Pablo", Bolivia.
Osmar Bolívar, MSc., Williams College; Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia.
Rodrigo Alfonso Burgoa Terceros, Ph.D., Universidad Mayor de San Andrés; Universidad Católica Boliviana "San Pablo", Bolivia.
Wilson Jiménez Pozo, MSc., Universidad Católica Boliviana "San Pablo"; Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia.

Responsable de edición:
Alejandra Arleth Lafuente Luizaga.

Diagramación:
Jorge Dennis Goytia Valdivia
https://www.artstation.com/jgoytiav

Impresión:
VISIÓNGRAF IMPRESIÓN Y DISEÑO
Celular: 715 82 486 - 719 70 855

Tiraje: *50 ejemplares*
Depósito Legal: 4 - 3 - 76 - 03
ISSN: 2074-4706
Todos los derechos reservados

Carrera de Economía e Instituto de Investigaciones Socio-Económicas
Av. 14 de Septiembre Nº 4836
Obrajes, La Paz, Bolivia
Tel.: +591 2 2782222 Int. 2743
Casilla: 4850. Correo central.
e-mail: lajed@ucb.edu.bo
https://lajed.ucb.edu.bo

CONTENIDO

Presentación 5

Artículos científicos 9

Werner L. Hernani-Limarino
¿Quién soporta el costo de la devaluación? Dinámica de precios e impactos en el bienestar durante la crisis cambiaria de Bolivia 2024–2025 11

Mauricio Mora Barrenechea
Pronóstico de la inflación en tiempos de estabilidad y crisis: un enfoque con Machine Learning 65

Lykke E. Andersen, Fabiana Argandoña, Diego Calderón, Sergio Choque, Álvaro Muñoz, Carla Olmos y Sebastián Miranda
Valoración económica de los servicios ecosistémicos en Bolivia: estimación del aporte de las áreas protegidas y los territorios indígenas 109

Lykke E. Andersen, Fabiana Argandoña, Carla Olmos, Diego Calderón, Sebastián Miranda, Álvaro Muñoz y Sergio Choque
Estimación de las emisiones de CO_2 por deforestación e incendios en Bolivia entre 2010 y 2023 155

Wendy Katherine Aguirre Álvarez
Movilidad laboral y desigualdades de género en Bolivia: evidencia de trayectorias mediante cadenas de Markov, 2015-2024 209

Artículo de discusión 231

Sandro Felipe Acosta Mesa, Rafael Reinier Alcober Álvarez, Mercedes del Carmen Franco Rodríguez y Jorge Félix Quintana Cala
Tendencias y buenas prácticas de economía circular como herramienta de competitividad turística: una revisión bibliométrica 233

Política editorial 259

CONTENT

Presentation 5

Scientific Articles 9

Werner L. Hernani-Limarino
Who Bears the Cost of Devaluation? Price Dynamics and Welfare Impacts During Bolivia's 2024-2025 Currency Crisis 11

Mauricio Mora Barrenechea
Forecasting Inflation in Times of Stability and Crisis: A Machine Learning Approach 65

Lykke E. Andersen, Fabiana Argandoña, Diego Calderón, Sergio Choque, Álvaro Muñoz, Carla Olmos y Sebastián Miranda
Economic Valuation of Ecosystem Services in Bolivia: Estimating the Contribution of Protected Areas and Indigenous Territories 109

Lykke E. Andersen, Fabiana Argandoña, Carla Olmos, Diego Calderón, Sebastián Miranda, Álvaro Muñoz y Sergio Choque
Assessing CO_2 Emissions from Deforestation and Fires in Bolivia during 2010-2023 155

Wendy Katherine Aguirre Álvarez
Labor Mobility and Gender Inequalities in Bolivia: Evidence of Trajectories using Markov Chains, 2015-2024 209

Discussion Article 231

Sandro Felipe Acosta Mesa, Rafael Reinier Alcober Álvarez, Mercedes del Carmen Franco Rodríguez y Jorge Félix Quintana Cala
Trends and good practices of circular economy as a tool for tourism competitiveness: a bibliometric review 233

Editorial Policy 269

Presentación

La Revista Latinoamericana de Desarrollo Económico (LAJED, por sus siglas en inglés), en sus 22 años de publicaciones semestrales ininterrumpidas, se ha convertido en un espacio importante de difusión de investigaciones nacionales e internacionales, alcanzando altos estándares de calidad y relevancia, tanto para académicos como para tomadores de decisiones y líderes de la sociedad civil. Éste es el resultado del esfuerzo conjunto del Departamento de Economía y el Instituto de Investigaciones Socio-Económicas (IISEC) de la Universidad Católica Boliviana "San Pablo", la Sociedad de Economistas de Bolivia y la Academia Boliviana de Ciencias Económicas, en su afán de promover la investigación y crear incidencia en la opinión pública.

El presente número contiene seis artículos con tópicos relacionados al desarrollo económico y social de Bolivia y América Latina. El primer artículo de esta edición, titulado "Who Bears the Cost of Devaluation? Price Dynamics and Welfare Impacts During Bolivia's 2024-2025 Currency Crisis" del autor Werner L. Hernani-Limarino, analiza las implicaciones distributivas y de bienestar derivadas de la reciente devaluación de facto en Bolivia. A partir de datos de escáner de alta frecuencia obtenidos de una cadena nacional de supermercados, el autor examina cómo la depreciación del tipo de cambio se trasladó de manera diferenciada a los precios de bienes importados y nacionales, generando impactos asimétricos entre los distintos estratos de ingreso. El estudio combina evidencia empírica con un modelo de demanda CES anidada para descomponer los canales de transmisión del shock cambiario, mostrando que los hogares de menores ingresos enfrentaron una mayor pérdida de bienestar relativa debido a su limitada capacidad de sustitución y su dependencia de bienes importados esenciales. Los resultados aportan evidencia sólida sobre los efectos regresivos de la devaluación en economías segmentadas, donde las restricciones de sustitución y el patrón de consumo amplifican las desigualdades incluso sin una liberalización formal de precios.

El segundo artículo, titulado "Forecasting Inflation in Times of Stability and Crisis: A Machine Learning Approach", del autor Mauricio Mora Barrenechea, aborda uno de los desafíos más relevantes del contexto macroeconómico actual: la predicción de la inflación en escenarios caracterizados por alta volatilidad y cambios estructurales. En un momento en

que la economía boliviana enfrenta su crisis más profunda desde la década de 1980, marcada por la transición de un periodo prolongado de estabilidad de precios hacia un entorno de crecientes presiones inflacionarias, el autor evalúa el potencial de los modelos de Machine Learning (ML) como herramientas de pronóstico más flexibles y precisas frente a los métodos econométricos tradicionales. El estudio compara el desempeño de diversos algoritmos bajo dos regímenes macroeconómicos —estabilidad y crisis— y encuentra que las técnicas de ML, en particular el modelo XGBoost, ofrecen un rendimiento superior en la estimación de la dinámica inflacionaria. Asimismo, demuestra que la incorporación de un conjunto más amplio de indicadores macroeconómicos incrementa notablemente la capacidad predictiva de los modelos. En conjunto, el artículo evidencia que el uso de enfoques de aprendizaje automático puede fortalecer la anticipación de tendencias inflacionarias y complementar los instrumentos convencionales de análisis macroeconómico, aportando una herramienta valiosa para la toma de decisiones de política económica en entornos de creciente incertidumbre.

El tercer artículo, titulado "Valoración económica de los servicios ecosistémicos en Bolivia: estimación del aporte de las Áreas Protegidas y los Territorios Indígenas", de los autores Lykke E. Andersen, Fabiana Argandoña, Diego Calderón, Sergio Choque, Álvaro Muñoz, Carla Olmos y Sebastián Miranda, realiza una evaluación integral del valor económico que generan los ecosistemas naturales del país, destacando su aporte tanto al bienestar de las poblaciones locales como al equilibrio ambiental global. Mediante una estimación detallada a nivel nacional, el estudio cuantifica los beneficios derivados de las Áreas Protegidas y los Territorios Indígenas, los cuales incluyen la provisión de agua para consumo humano y generación de energía, el sustento para la producción agrícola, el turismo, la recreación y los servicios ambientales de alcance mundial, como el secuestro de carbono y la protección de la biodiversidad. Los resultados revelan que estas áreas representan una fuente sustantiva de valor económico y ecológico, especialmente las zonas boscosas, que concentran la mayor contribución debido a su capacidad de captura de carbono y su diversidad biológica. El artículo enfatiza que la mayor parte de estos beneficios trasciende el ámbito local, generando impactos de alcance global, lo que refuerza la necesidad de promover mecanismos de cooperación internacional y políticas públicas sostenibles que garanticen la preservación y el aprovechamiento responsable de los ecosistemas naturales en el largo plazo.

El cuarto artículo, titulado "Assessing CO_2 Emissions from Deforestation and Fires in Bolivia during 2010-2023" de los autores Lykke E. Andersen, Fabiana Argandoña, Carla Olmos, Diego Calderón, Sebastián Miranda, Alvaro Muñoz y Sergio Choque, aborda la problemática ambiental derivada de la deforestación y los incendios forestales en Bolivia, con énfasis en su contribución al cambio climático global. A través de una metodología de alta precisión basada en imágenes satelitales y mapas anuales de cobertura del suelo, el estudio realiza un seguimiento exhaustivo de las variaciones en las reservas de carbono a lo largo del territorio nacional, cuantificando las emisiones de CO_2 asociadas al desmonte, la degradación forestal y los incendios entre 2010 y 2023. El artículo resalta la magnitud de las emisiones nacionales, que posicionan a Bolivia entre los países con mayores aportes ***per cápita*** a las emisiones globales de carbono, e identifica una tendencia creciente en la quema de bosques sin fines productivos aparentes. En este sentido, los hallazgos subrayan la urgencia de implementar políticas ambientales más efectivas, orientadas a la conservación de los ecosistemas forestales y al fortalecimiento de estrategias de mitigación y adaptación frente al cambio climático.

El quinto artículo, titulado "Movilidad laboral y desigualdades de género en Bolivia: evidencia de trayectorias mediante cadenas de Markov, 2015-2024", de la autora Wendy Aguirre Álvarez, examina las dinámicas de movilidad laboral en el país durante la última década, incorporando una perspectiva de género para comprender las diferencias estructurales en las trayectorias ocupacionales. A partir del uso de técnicas de cadenas de Markov aplicadas a la Encuesta Continua de Empleo, el estudio analiza los patrones de transición entre distintos estados laborales y categorías de ingreso, revelando una marcada segmentación en el mercado de trabajo boliviano. La investigación destaca la persistencia de brechas entre hombres y mujeres en términos de estabilidad ocupacional, movilidad salarial y acceso a empleos de mayor calidad, señalando que las mujeres enfrentan mayores probabilidades de desplazarse hacia la inactividad y menores oportunidades de ascenso económico. En conjunto, el artículo ofrece una contribución relevante para el análisis de la desigualdad de género en el mercado laboral, aportando evidencia empírica que puede orientar el diseño de políticas públicas orientadas a la equidad y la inclusión laboral.

Finalmente, el sexto artículo, este último de discusión, titulado "Tendencias y buenas prácticas de economía circular como herramienta de competitividad turística: una revisión bibliométrica", de los autores Sandro Felipe Acosta Mesa, Rafael Reinier Alcober Álvarez,

Mercedes del Carmen Franco Rodríguez y Jorge Félix Quintana Cala, discute la relación entre sostenibilidad, innovación y competitividad en el sector turístico desde el enfoque de la economía circular. A través de una revisión bibliométrica sistemática, los autores examinan la evolución reciente de la producción científica internacional sobre la aplicación de principios de economía circular en la actividad turística, identificando tendencias, buenas prácticas y vacíos de investigación. El estudio sitúa el análisis en el contexto cubano, donde la adopción de estrategias sostenibles aún enfrenta desafíos significativos, y propone una reflexión sobre cómo la transición hacia modelos circulares puede fortalecer la competitividad del turismo frente a las nuevas exigencias del mercado global. En conjunto, el artículo ofrece una mirada crítica sobre la incorporación de la sostenibilidad en la gestión turística y aporta una base conceptual y empírica para el diseño de políticas y estrategias orientadas a la innovación ambiental en el sector.

Manifestamos nuestro profundo agradecimiento a los miembros del Comité Interno y del Comité Externo, por el continuo apoyo en la evaluación de los artículos de la revista. Al mismo tiempo, también expresamos nuestra gratitud a la Universidad Católica Boliviana "San Pablo" por el financiamiento otorgado para hacer posible la publicación de la presente edición.

Con mucho agrado les invitamos a leer el número 44 de la Revista LAJED. Estamos seguros de que su lectura permitirá extraer lecciones para el desarrollo de Bolivia y la región.

Carlos Gustavo Machicado Salas
Editor

Alejandra Arleth Lafuente Luizaga
Editora Asistente

Artículos científicos

LAJED N° 44 Noviembre 2025 - Abril 2026 11 - 63
ISSN: 2074 - 4706
https://doi.org/10.35319/lajed.202544558

Who Bears the Cost of Devaluation? Price Dynamics and Welfare Impacts During Bolivia's 2024-2025 Currency Crisis

¿Quién soporta el costo de la devaluación? Dinámica de precios e impactos en el bienestar durante la crisis cambiaria de Bolivia 2024–2025

Werner L. Hernani-Limarino *

Abstract**

This paper dissects the asymmetric price and welfare consequences of Bolivia's de facto 60% exchange rate devaluation using high-frequency scanner data from a national supermarket chain. Despite no formal float, consumer prices rose by 15% –with imported goods jumping 16.8% and domestic goods lagging at 9.2%. The inflation burden fell unevenly: while the cost of high-income households' baskets increased more (17.6%), their superior substitution elasticity allowed them to buffer welfare losses to 10.9% by shifting toward cheaper or newly available alternatives. In contrast, low-income households faced smaller price increases (14.5%) but larger welfare losses (13.4%) due to low substitutability and rigid consumption patterns tied to essential imported staples.

* Master's degree in Economics. University of Pennsylvania. Co-founder of the ARU Foundation. Full Academic Member. Academia Boliviana de Ciencias Económicas (ABCE) Bolivia.
Contact: wernerhl@gmail.com
ORCID 0000-0002-8313-2062.

** I am deeply grateful to Carlos Villavicencio for granting me permission to use confidential and proprietary data under license for this study and share some results of a private consultancy report. I am also grateful to Pablo Cuba, Oscar Molina, Juan Antonio Morales, Enrique Garcia and participants of the 2025 Bolivian Conference of Development Economics. The views expressed in this paper are those of the author and do not necessarily reflect the views of any affiliated institutions. All errors and omissions are the sole responsibility of the author.

A nested CES demand model quantifies these effects and decomposes the cost-of-living impact into four components: marginal cost pass-through, retail markup adjustments, substitution, and variety change. We find that poor households face full cost transmission with negligible margin relief or substitution escape routes, while the rich enjoy strategic price shielding. Microsimulations show this wedge exacerbates poverty by 2.6 to 3.8 points and worsens inequality, with the Gini index rising up to 0.7 points. The findings underscore that in segmented economies with essential imports and limited substitution at the bottom, devaluation can be both inflationary and inequality –enhancing– even in the absence of formal price liberalization.

Keywords: Currency devaluation; Exchange rate pass-through; Cost of living; Welfare impacts; Distributional effects; CES demand system; Bolivia.

Resumen

Este artículo analiza las consecuencias asimétricas en precios y bienestar de la devaluación de facto del 60% en Bolivia, utilizando datos de escáner de alta frecuencia provenientes de una cadena nacional de supermercados. A pesar de no haberse formalizado el cambio de régimen cambiario, los precios al consumidor aumentaron en promedio un 15%, con incrementos del 16,8% en productos importados y del 9,2% en productos nacionales. El impacto inflacionario fue desigual: aunque el costo de la canasta de los hogares de altos ingresos subió más (17,6%), su mayor elasticidad de sustitución les permitió amortiguar la pérdida de bienestar a 10,9% mediante el reemplazo hacia bienes más baratos o variedades nuevas. En contraste, los hogares de bajos ingresos enfrentaron un menor aumento de precios (14,5%) pero una mayor pérdida de bienestar (13,4%) debido a su baja capacidad de sustitución y a patrones de consumo rígidos basados en productos importados esenciales.

Utilizando un modelo de demanda CES anidada, descomponemos los efectos sobre el costo de vida en cuatro canales: traspaso de costos marginales, ajustes en márgenes de comercialización, sustitución y cambios en variedad. Los hogares pobres enfrentan una transmisión casi completa del incremento en costos, sin alivio por márgenes ni posibilidad de sustitución, mientras que los ricos reciben protección estratégica vía precios. Microsimulaciones indican que esta asimetría incrementa la pobreza entre 2,6 y 3,8 puntos

porcentuales y eleva la desigualdad, con un aumento del índice de Gini de hasta 0,7 puntos. Los resultados muestran que, en economías segmentadas donde los pobres dependen de importaciones esenciales y tienen baja elasticidad de sustitución, la devaluación puede ser tanto inflacionaria como regresiva, incluso sin liberalización formal de precios.

Palabras clave: Devaluación monetaria; traspaso del tipo de cambio; costo de vida; impactos en el bienestar; efectos distributivos; sistema de demanda CES; Bolivia.

Classification/Clasificación JEL: F33, F41, F61, D12, O54.

1. Introduction

While currency crashes and large devaluations were once thought to be a thing of the past, Bolivia's current currency crisis reminds us that those days are not gone. In 1985, following a severe economic crisis marked by hyperinflation, the government implemented a series of economic reforms to stabilize the economy, including a significant devaluation and the introduction of a floating exchange rate system de Bolivia (1985). However, in November 2011, the new government decided to return to a fixed exchange rate regime to:

> encourage the use of the Boliviano over foreign currencies, strengthening monetary sovereignty. This helps stabilize domestic prices, prevents imported inflation, and creates a more predictable economic environment, which fosters confidence among investors and consumers.

While the fixed exchange rate contributed to price stability for a while, fluctuations in the international price of oil and erosion of Bolivia's natural gas production and exports have reduced international reserves from a peak of almost US$15 billion to levels below US$1 billion, pushing the country towards a looming and old-fashioned currency crisis.

Plans to cut red tape and offer preferential exchange rates for exporters have not increased the flow of dollars into the economy. Government-imposed capital controls, including limits to the withdrawal of foreign currency, have increased devaluation expectations, creating a black market where a dollar is worth far more than its official value. As the spread between official and parallel exchange rates increases, importers experience higher marginal costs and a squeeze on their profits. Conversely, exporters see an opportunity to increase their profit by using higher black market exchange rates. Both factors contribute to reduced tax revenue from formal markets, further exacerbating government imbalances.

At the household level, devaluation has been passed through price increases in both foreign and local goods. Devaluation increased the marginal cost of imports, leading to price increases in foreign varieties. As some of these goods are inputs for goods produced at home, devaluation has also increased the marginal costs and prices of local varieties. Inflation tends to disproportionately hit lower-income households, eroding their purchasing power because they spend a large share of their budget on food. However, since high-income households usually spend a higher share of their budget on imported varieties, whose prices increase more in a devaluation, they may suffer more from higher inflation and experience a larger decline in their purchasing power. Yet, the final distributional effects of who bears the cost of devaluation depend not only on increases in the marginal cost but also on how firms adjust their retail margins, introduce new varieties, and how consumers substitute expensive products and varieties for cheaper ones.

This paper uses detailed scanner transaction data -at the product- variety level, from a major supermarket chain to analyze the consumer's price and cost-of-living effects of the *de facto* exchange rate devaluation from January 2024 to January 2025. Assuming that more affluent consumers tend to purchase higher-priced products, we can categorize consumers by income strata based on their Engel curves. This allows us to explore the difference in cost-of-living effects for low- and high-income consumers. Observing prices, quantities, and costs for local and foreign varieties within narrowly defined product categories allows us to examine how price changes relate to changes in cost and retail margins and how currency devaluation affects product availability and substitution without imposing strong structural assumptions on the market structure.

We find that after a *de facto* devaluation, consumer prices rose, on average, by 12% after five months and by 16% after a year. Price increases were not uniform. Prices of foreign varieties increased by 17% during the first five months, to stabilize at 15% after a year. On the other hand, prices of local varieties increase by 9% after 5 years, during the first five months, to stabilize at 16% after a year.

Since significant differences exist in expenditure shares within detailed product categories across income strata, with high-income consumers allocating a larger share of their spending to foreign varieties relative to low-income consumers, we expect high-income consumers

to suffer higher cost-of-living effects. However, decomposing changes in the cost of living into *markup, cost, substitution,* and *variety* channels allow us to report that the firm reduction of retail margins, consumers' ability to reallocate spending substituting expensive products; and the entry and exit of different varieties reduce the cost of living effects of devaluation for high-income consumers to levels that are lower than those observed for their low-income counterparts who face unchanged margins, lower elasticities of substitution and no new entries in the varieties they consume.

Using detailed consumer-level price and quantity data, our work contributes to the literature examining the impact of currency crises on consumer price levels, cost of living, and overall income distribution. Prior research has explored various channels through which currency crises affect price dynamics, including retail margins, product variety, and the pass-through of prices.

There is significant evidence suggesting that retail margins play a crucial role in explaining the disconnect between consumer and border prices (Burstein *et al.,* 2003; Hellerstein, 2008; Berger *et al.,* 2012; Gopinath and Itskhoki, 2011; Alessandria *et al.*, 2019; Auer and Tille, 2021). However, much less is known about how these margins adjust in response to international shocks, particularly whether changes in distribution margins mitigate relative price adjustments following currency devaluations. Studies have shown that firms adjust margins strategically depending on demand elasticity, local competition, and the degree of import penetration (Campbell and Lapham, 2019; Amiti *et al.*, 2020).

The role of product variety in price adjustments is also critical. In a closed-economy context, less appealing products are frequently replaced by more desirable ones, mitigating inflationary pressures (Bernard *et al.*, 2010; Broda and Weinstein, 2010; Argente and Lee, 2024). This variety effect has been shown to play a substantial role during economic downturns. For instance, Argente and Lee (2021) found that the variety channel dampened the cost of living for all US income groups during the Great Recession by enabling substitution toward newer, more appealing product varieties. Additionally, product assortment adjustments influence price pass-through, as firms alter product availability to maintain competitiveness in response to exchange rate fluctuations (Nakamura & Steinsson, 2014; Caballero, & Krishnamurthy, 2004; Goetz & Rodnyansky, 2019; Gopinath et al., 2017; Christiano et al., 2004).

By building on these insights, our study contributes to the growing body of literature on the transmission mechanisms of currency crises to consumer prices, retail margins, and adjustments in product variety. The remainder of the paper is organized as follows. Section 2 describes the Bolivian currency crisis. Section 3 presents the data and analyzes the effects of devaluation on prices. Section 4 presents our approach for estimating the cost of living effects of devaluation and decomposed into (1) a marginal cost, (2) a retail markup, (3) a substitution channel-capturing consumers' ability to reallocate spending, and (4) a variety channel-capturing the introduction of new cheaper varieties. Section 5 uses these results to report some microsimulation exercises that examine the changes in the full income distribution due to devaluation and their consequences for poverty and inequality. The last section concludes with a review of our main results and a discussion of policy alternatives.

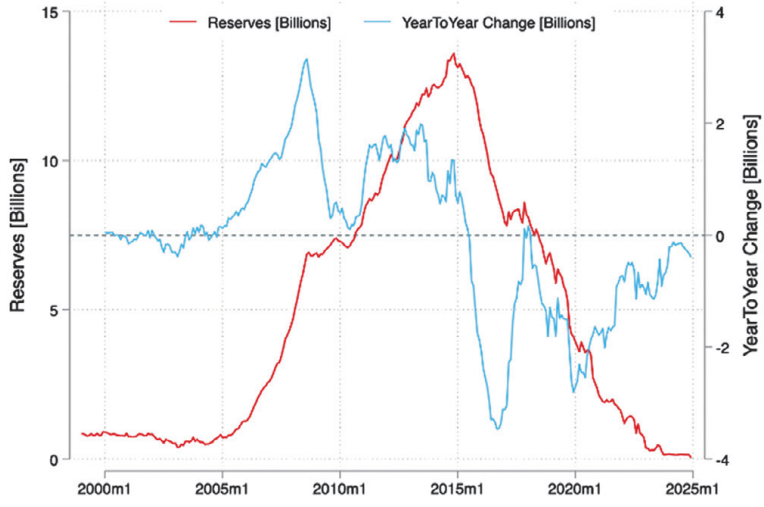
2. Bolivia's Current Currency Crisis

Bolivia is a small emerging economy that primarily relies on commodity exports, especially natural gas, and takes global prices as given. A change in government and favorable economic conditions prompted the implementation of a fixed exchange rate regime. Since 2008, the Boliviano has been pegged to the US dollar at 6.86 for buying and 6.96 for selling. The success of this fixed exchange rate policy has heavily depended on gas exports. However, a decline in international crude oil prices, a sustained reduction in domestic production in 2015, and an expansionary fiscal policy that included debt monetization have created significant pressure on the country's foreign reserves.

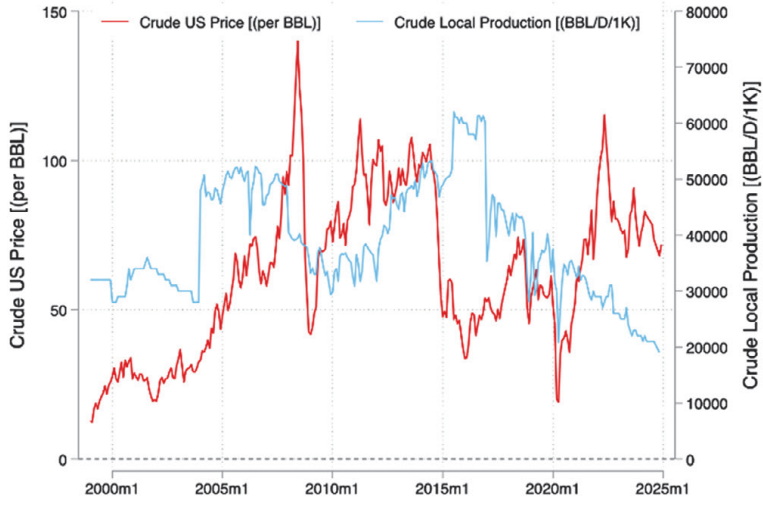
Figure 1 illustrates the evolution of Bolivia's total foreign reserves, showing both the absolute values and year-to-year changes (panel a) alongside international oil prices (in US$ per barrel) and local production (in thousands of barrels per day). From the mid-2000s to their peak in 2015, which coincided with historically high international oil prices, Bolivia's foreign reserves experienced a sharp increase driven by hydrocarbon exports, particularly natural gas. However, following the global oil price crash in 2015, reserves declined rapidly. Even after oil prices rebounded in 2017, reserves continued to fall due to significant and ongoing reductions in oil production and export revenues. Local production decreased from a peak of 62,000 barrels per day in July 2015 to a low of 19,000 barrels per day in September 2024.

Figure 1: Foreign Reserves. 2005-2025

(a) Levels and Changes



(b) International Price and Local Production Crude Oil



Source: Author's calculation based on scanner data.

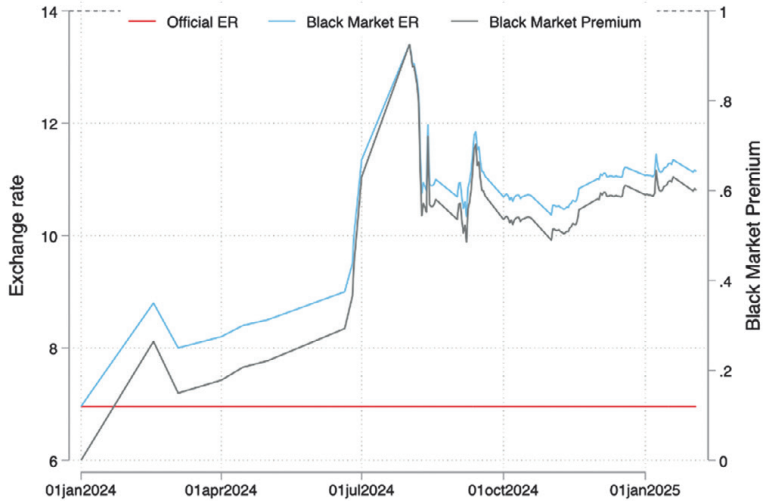
The significant decline in reserves has weakened public confidence in the fixed exchange rate. By 2024, Bolivia's reserves had fallen to critically low levels, placing the Central Bank in a challenging position to maintain the currency peg. As suggested by currency crisis models,

such as those by Krugman and Obstfeld, the low reserves and macroeconomic imbalances have heightened expectations of devaluation. This increased the currency crisis risk, leading to speculative attacks on the Boliviano.

The government has implemented policies to address the dollar shortage and encourage the inflow of foreign currency. In February 2023, the Banco Central de Bolivia (BCB) offered exporters a preferential exchange rate of 0.09 Bolivianos, higher than the official rate. However, rather than attracting dollars from private exporters as intended, this policy highlighted the strain on the fixed exchange rate system. It led to increased expectations of currency devaluation, heightened demand for dollars, increasing capital outflows, and further declines in foreign reserves. In July 2024, the government implemented strict measures to regulate access to US dollars and limit foreign currency withdrawals from banks (Digital, 2024). These measures included a daily withdrawal cap of US$100 at most banks. Additionally, there were restrictions on international transactions, allowing online purchases of up to US$100 per week and limiting foreign transactions made with debit and credit cards to between US$300 and US$1,500 per month.

The persistent shortages of dollars and strict capital controls have forced individuals and businesses to rely on black markets and a dual exchange rate system. In this system, different segments of the economy access foreign currency at varying rates. Figure 2 illustrates the evolution of Bolivia's official and black market exchange rates from January 2024 to January 2025. The official exchange rate (indicated by the red line) remains pegged at 6.96 bolivianos per US dollar, while the black market rates (shown by the blue line) have steadily increased throughout the year. After experiencing a significant spike, the black market premium reached a peak of almost 100% above the official rate. By January 2025, the unofficial rate has stabilized, maintaining a premium of around 60%. As suggested by Drazen (2000), political instability and the upcoming 2025 elections have delayed formal devaluation, leading to increased political uncertainty and a decline in investor confidence.

Figure 2: Official & Black Market Exchange Rates and Premium. January 2024 to January 2025



Source: Author's compilation.

Notes: Data sourced from Reuters. "Bolivia unveils measures to tackle sharpening dollar crisis", February 20, 2024. OPB. "Economic turmoil in Bolivia fuels distrust in government and its failed coup claim", July 1, 2024. GIS Reports. "Bolivia's political chaos puts the economy at risk", August 2024. Reuters. "As Bolivia's big state economic model slowly implodes, fear of 'total crisis'" December 16, 2024. Binance. "Bolivian Boliviano to US Dollar Exchange Rate", February 2025.

The ongoing *de facto* devaluation of the Boliviano from January 2024 to January 2025 presents an interesting case for examining how exchange rate shocks affect consumer prices and the cost of living, allowing us to identify a clear pre- and post-devaluation period.

3. Pass-through Effects

3.1. Data

We use detailed consumer purchase data collected through daily price scans at the variety/product level from a large chain of supermarkets. The data cover all stores in the three main cities of Bolivia (La Paz, Cochabamba, and Santa Cruz) and span the period from January 02, 2024, to January 31, 2025. Along with the store location, timestamp, an anonymized customer ID based on customers' tax ID information (*Numero de Identificacion Tributaria (NIT)*), quantities, and prices for each item purchased, we also have inventory data. Inventory

records enable us to calculate variety-level replacement costs using a first-in, first-out (FIFO) inventory system. We compute retail markups as

$$\text{Markup} = \frac{\text{Retail Price}}{\text{Replacement Cost}}$$

Consumer's Selection

Our database includes households and small business owners, such as restaurants and small shops. To filter out small business owners, we exclude transactions with unusually high expenditures, which are unlikely to be made by households. Table 1 presents the monthly spending by per capita income percentile. We take the 99th percentile per capita income expenditure as the relevant cutoff value.

We restrict our sample to frequent shoppers. We use the customer's unique tax ID to track individual transactions and limit the sample shoppers to those with a shopping history for at least 7 of the 13 available months. Observing the same consumer over time reduces potential biases from sample attrition.

Table 1
Average Monthly per-capita Income and Annual Food Household Expenditure for 2024 (In Bolivianos of January 2024)

Decile	Monthly Per-capita Income	Annual Food Expenditure
1	264.9	5920.3
2	556.1	8170.8
3	793.5	10785.5
4	1016.5	11721.0
5	1244.0	11966.4
6	1511.0	12806.4
7	1848.9	12953.3
8	2283.0	14177.5
9	3064.4	13378.6
10	5785.9	13005.4

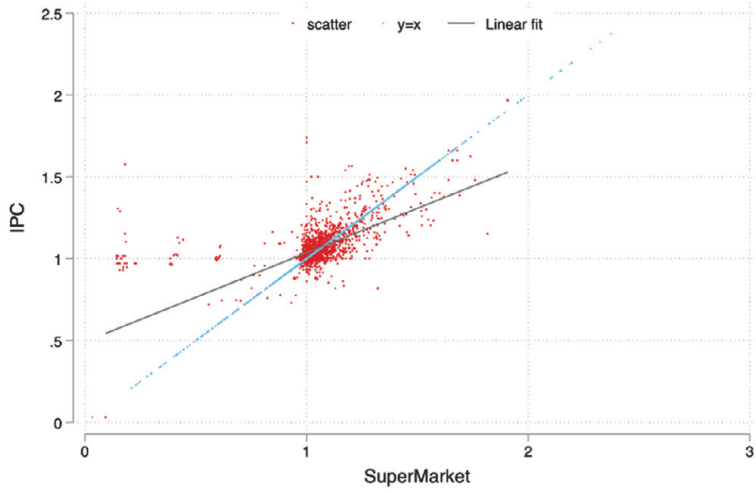
Source: Author's calculation based on the nowcasted 2023 Household Survey integrated with the nowcasted 2016 Household Budget Survey.

Notes: To update the 2023 data to 2024, we assume neutral per capita income growth. To integrate the 2016 food share, we use random forest prediction based on jointly observed household characteristics and budget share statistics.

Product's Selection

Our dataset covers the full range of products available at the store, including food, non-alcoholic beverages, alcoholic beverages, tobacco, cleaning items, cooking supplies, and clothing. Our analysis focuses only on the information for food and beverage items because only these items exhibit a comparable price trajectory to that observed in the Consumer Price Index (CPI). Figure 3 compares the price change between January 2024 and January 2025 for the three main cities of Bolivia of different product categories relative to their CPI components. Price changes for food and beverage items in our scanner database are similar to those observed in the Consumer Price Index (CPI). The correlation is above 2/3, and inflation in supermarkets explains more than 44% of the variation of inflation in food and beverage items in the CPI.

Figure 3: Comparison of Observed Price Changes with CPI estimates. January 2024 to January 2025



Source: Author's calculation based on scanner transaction data and CPI data at the product level. Notes: The figure plots observed price changes from our scanner transaction data with reported price change from the CPI provided by the NSO.

Within the food and beverage category, we follow the National Statistics Office classification and define three a subcategory level ["Clase"] (*e.g.*, bread & cereals), a product

group level ["Subclase"] (*e.g.*, pork meat), and a product variety level (*e.g.*, ground pork beef). Product varieties were classified as foreign or local based on the barcode system[1].

Income Classification

Ideally, consumer segmentation would be based on reported income, but this information is unavailable in our database. One approach would be to classify consumers based on total expenditure per capita. However, since we do not observe household size, it is unclear whether higher expenditure reflects higher income or a larger household size. As a result, we prefer to classify consumers using quality Engel curves. Quality Engel curves infer income levels from consumption patterns, assuming that, within product categories, wealthier consumers tend to purchase higher-priced varieties (Deaton, 1988; Bils & Klenow, 2001)[2].

To avoid bias in income classification due to inflationary effects due to devaluation, we use only the first month a consumer is observed in our data to classify their income group based on the following procedure: First, we calculate prices in standardized units (*e.g.*, Boliviano per ml or kg), ensuring product comparability. Second, within each product group, we rank varieties by their median pre-devaluation unit price and classify them into four quartile-based price categories:

$$f\left(p_{i,g}^{med};P_g\right)=\begin{cases}1, & P\left(P_g \le p_{i,g}^{med}\right)\le 0.25\\ 2, & 0.25 < P\left(P_g \le p_{i,g}^{med}\right)\le 0.5\\ 3, & 0.5 < P\left(P_g \le p_{i,g}^{med}\right)\le 0.75\\ 4, & P\left(P_g \le p_{i,g}^{med}\right) > 0.75\end{cases}$$

where $p_{i,g}^{med}$ is the pre-devaluation median unit price of variety i in product group g, and P_g is the distribution of pre-devaluation prices. Finally, we compute an expenditure-weighted index of the average price level of a consumer's basket,

1 For a small number of product varieties with no barcode system information, we classify them as local varieties.

2 This relationship has been well documented in the literature. For example, see for the Ivory Coast, the United States, and Mexico, respectively.

$$\text{Index}_j = \frac{\sum_g \sum_i \sum_{t \leq 2015Q2} f\left(p_{i,g}^{med}; P_g\right) \cdot p_{i,g,t} \cdot q_{j,i,g,t}}{\sum_g \sum_i \sum_{t \leq 2015Q2} p_{i,g,t} \cdot q_{j,i,g,t}}$$

Consumers in the first quintile of this index distribution are classified as *low-income,* while those in the fifth quintile are classified as high-income.

3.2. Hedonic Price Regressions

To estimate the devaluation pass-through effect on consumer prices of food and beverage items, we use a simple hedonic price regression:

$$\ln\left(p_{i,st}\right) = \theta_{p(i)o(i)} + \theta_{p(i),s} + \lambda_t + \varepsilon_{i,st}$$

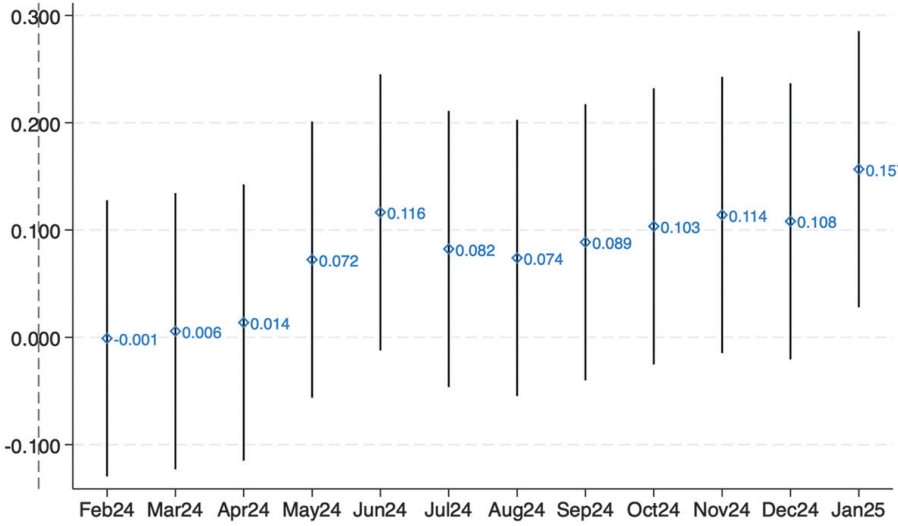
where $\ln(p_{i,st})$ is the natural logarithm of the consumer price of a variety i in a store s at time t, and λ_t are time-fixed effects that highlight the inflationary consequences of the devaluation -relative to January 2024 (the excluded period). Our specification captures only short-run responses to shocks and ignores dynamic responses. To control for persistent price differences across the origin of the variety -*i.e.,* imported products having higher prices relative to locally produced products, we include product- origin fixed effects $\theta_{p(i)o(i)}$. We include product-store fixed effects, $\theta_{p(i),s}$, to control for persistent differences across locations within product categories.

Overall Price Effects

Figure 4 plots the estimated average time effects (λ_t) of currency devaluation on consumer prices from January 2024 to January 2025, with whiskers representing 95% confidence intervals around the point estimates computed from standard errors, clustered at the product-store level. Although no formal devaluation has been announced, the weakening of the local currency on the black market has increased overall inflation, despite government interventions such as food subsidies and price controls. The effects of devaluation on consumer prices have increased continuously following the devaluation trajectory. At the beginning of the crisis, the price impact was minimal and statistically insignificant until April 2024. The effect became large and statistically significant in May 2024, with a local high in June 2024 (a quarter before

the exchange rate overshoot in August 2024) and a continuous increase, reaching 15.7% in January 2025, the highest point observed during our analysis period. Three points are essential to notice. First, price increases are leading changes in the exchange rates, which is consistent with a forward-looking pricing strategy. Therefore, if expectations of devaluation change, prices are likely to continue rising until the exchange rate reaches an equilibrium level. Finally, the relatively low pass-through effect of devaluation on average prices can be explained in part by several food subsidies (particularly for wheat) and price controls established at the national level, as well as in some cases at the local (municipal) level.

Figure 4: Time Effects of devaluation on Consumer Prices. January 2024 to January 2025



Source: Author's calculation based on scanner transaction data at the product level from major supermarket chains.

Notes: The figure plots λ_t coefficients which are obtained from hedonic price regressions. Coefficients are normalized relative to January 2024. Whiskers are 95% confidence intervals around the point estimates computed from standard errors, which are clustered at the product-store level.

Differences by Product Origin

Figure 5 reports estimated time effects of devaluation on consumer prices from January 2024 to January 2025 from a hedonic price specification distinguishing between foreign and local

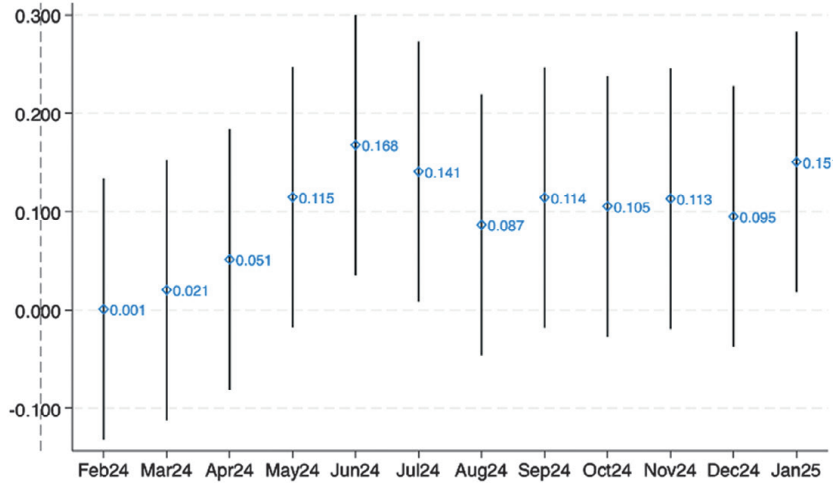
varieties. Foreign varieties exhibit stronger and faster effects, while local products demonstrate a delayed but eventual increase, possibly due to the higher costs of imported inputs.

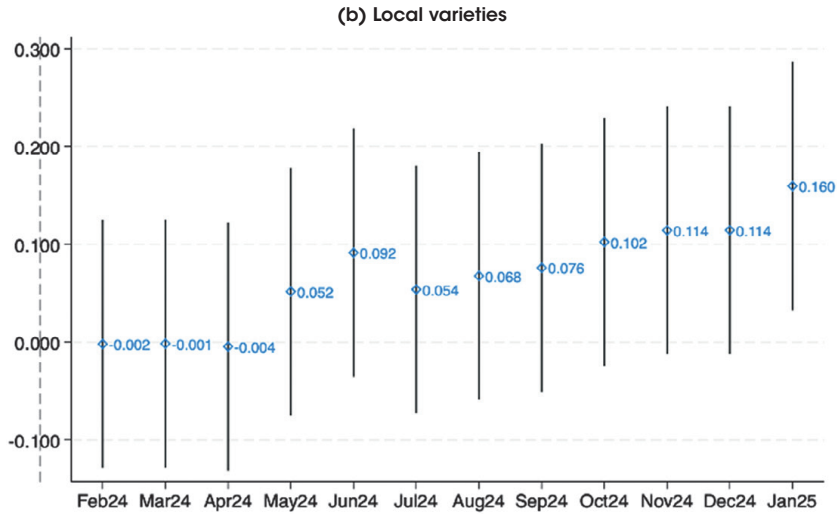
For foreign products, the coefficients show an early and steep price increase, with a peak value of 16.8% in June 2024, consistent with direct and forward-looking import price transmission of devaluation on imported goods. After the anticipated overshoot, the pass-through effect on foreign varieties stabilizes in the later months, around 9 to 11%, to increase again to a lower high level of 15.1% by January 2025.

On the other hand, the price increase for local products was initially lower but reached a higher level by the end of the period. After showing zero and statistically insignificant coefficients during the first month, prices increased, reaching a local high of 9.2% in June 2024. After reducing to 5.4% in the next month, it increased steadily to reach 16.0% in January 2025. These higher and somewhat delayed effects of devaluation may be associated with lagging and indirect impact through input costs due to higher imported inputs. The differential and asymmetric price responses of foreign and local varieties highlight compounding inflationary pressures across product origins, with leading and direct price responses from foreign varieties that reinforce lagging and indirect price responses from local varieties.

Figure 5: Time Effects of devaluation on Consumer Prices, By Origin. January 2024 to January 2025

(a) Foreign varieties





Source: Author's calculation based on scanner transaction data at the product level from major supermarket chains.

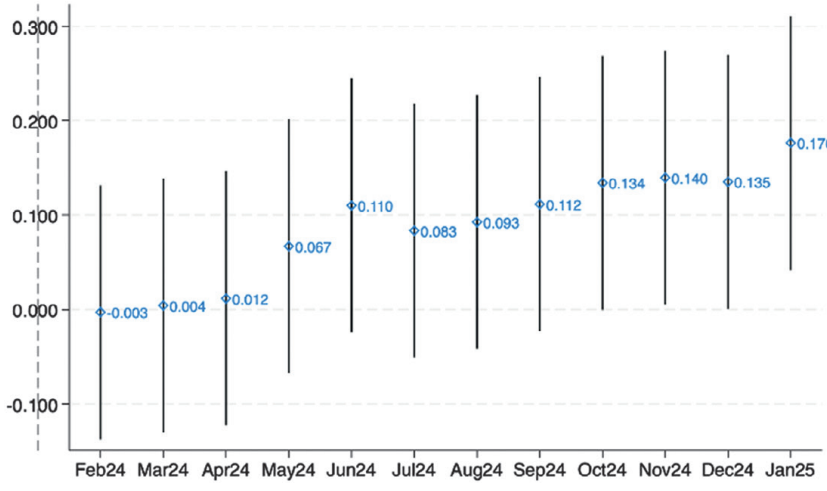
Notes: The figure plots λ_t coefficients which are obtained from hedonic price regressions. Coefficients are normalized relative to January 2024. Whiskers are 95% confidence intervals around the point estimates computed from standard errors, which are clustered at the product-store level. Foreign and local varieties are defined based on the barcode system.

Differences by Income Stratum

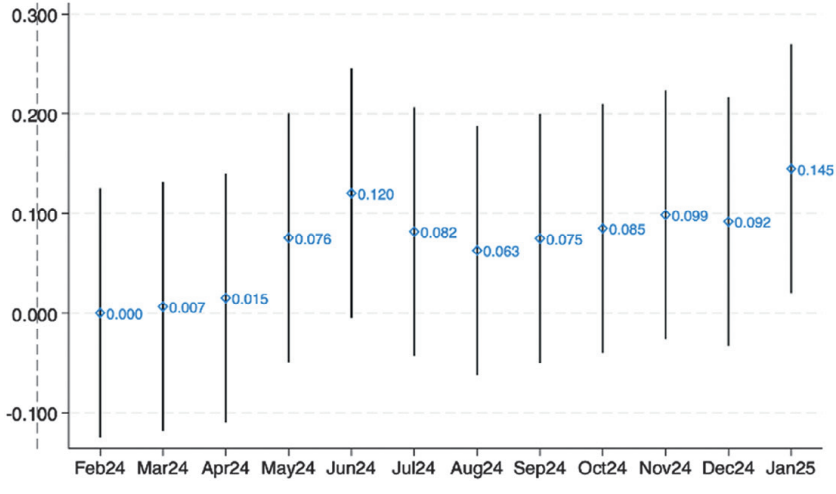
Figure 6 presents the pass-through effect for low-income consumers (bottom 20%) and high-income consumers (top 20%). As we explained, consumers' income strata are classified into different income strata according to quality Engel curves. Low-income consumers' price effects overshoot to 12.0% in June 2024, to stabilize between 7 and 9% in the next month, and reach a peak at 14.5% in January 2025. In contrast, the high-income consumers' price effect overshoots to only 11% in June 2024, falls to 8.3% the next month, and then continuously increases to 17.6%. The fact that price increases are higher for low-income consumers at the beginning but are higher for higher-income consumers is consistent with a scenario in which lower-income consumers purchase a relatively larger share of imported goods, making them more sensitive to currency devaluation. The delayed but higher price effect for goods consumed by higher-income consumers suggests a greater reliance on locally produced goods. The lead price effect for goods consumed by lower-income consumers indicates that they are the first to be affected by devaluation due to their dependence on imported goods.

Figure 6: Time Effects of devaluation on Consumer Prices, By Income Stratum. January 2024 to January 2025

(a) Bottom 20%



(b) Top 20%



Source**:** Author's calculation based on scanner transaction data at the product level from major supermarket chains.

Notes: The figure plots λ_t coefficients which are obtained from hedonic price regressions. Coefficients are normalized relative to January 2024. Whiskers are 95% confidence intervals around the point estimates computed from standard errors, which are clustered at the product-store level. Income strata are defined based on quality Engel curves.

Differences in Food Expenditure across Income Strata

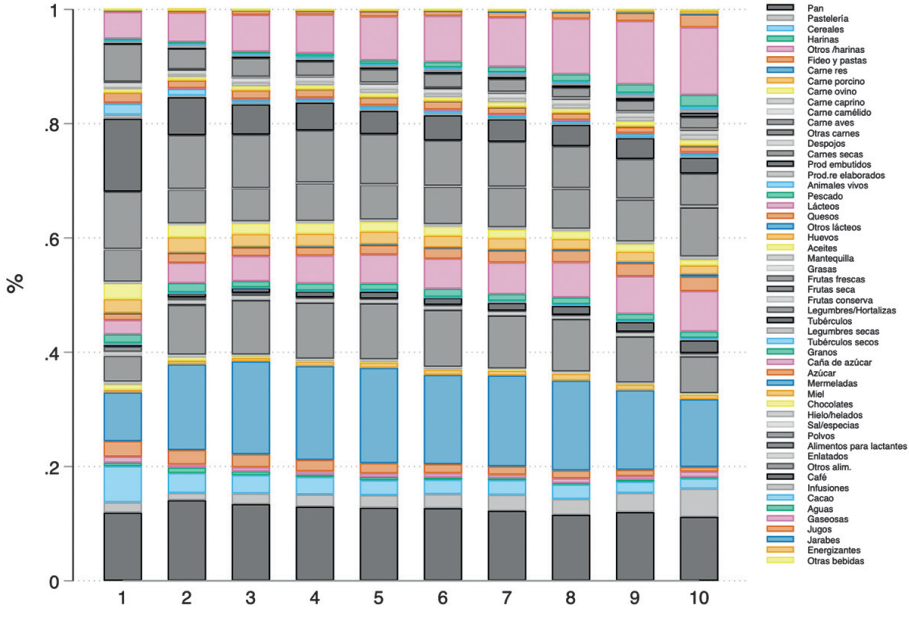
To confirm whether the poor rely more on imported goods, we use the 2016 Household Budget Survey to analyze the changes in food budget shares across income groups. Here, income groups are defined by per capita household income. Figure 7 presents the budget allocation for different food and beverage categories across income deciles. Product categories include staple foods (*e.g.*, bread, cereals, pasta, and flour), protein sources (*e.g.*, beef, pork, poultry, and fish), dairy and oils (*e.g.*, milk, eggs, and oils), fruits and vegetables (*e.g.*, fresh fruit, legumes, and vegetables), sugary products and processed foods (*e.g.*, sugar, chocolates, fruit juices), and beverages (*e.g.*, water, soft drinks, energy drinks, and infusions).

Notice that lower-income deciles (1st to 3rd) allocate a significant fraction of their food expenditure to staples (including bread, cereals, flour, and pasta), sugary products, and processed foods. In contrast, more locally produced foods, such as animal protein sources (especially beef, poultry, and pork), dairy products, processed meats, or fresh produce, account for a smaller share of their budget. In contrast, higher-income households (deciles 8th to 10th) exhibit a more diverse food basket, allocating a lower share of expenditure to staples, and a higher share of spending to higher-value foods, including meat, dairy, and fresh produce; and luxuries, premium or non-essential goods such as chocolates, honey, bottled water, and juices -which are relatively insignificant in the budgets of lower-income households.

Two key differences are worth noting. First, while we do not have the origin of the products in the Household Budget Survey, it is safe to assume that low-income households have a higher reliance on essential imported products where domestic production is insufficient or more expensive for consumers. This includes mainly staples, including rice, wheat and wheat-based products, pasta, and potatoes, which meet the demand for bread and other wheat-based products; processed foods[3]. On the other hand, high-income households allocate the largest share of their food budget to locally produced products such as protein sources (*e.g.*, beef, pork, poultry, and fish), dairy and oils (*e.g.*, milk, eggs, and oils), and fruits and vegetables (*e.g.*, fresh fruit, legumes, and vegetables). Imported varieties are also important, but they are more related to non-essential luxury and premium items, such as spices, coffee, chocolates, or seasonal fruits.

3 Food imports constituted approximately 5.97% in 2022 and 7.15% in 2023, of total merchandise imports.

Figure 7: Budget Share of Food and Beverage Categories by Decile of Per-capita Household Income



Source: Author's calculation based on Household Budget Survey 2019.

Notes: The figure shows the budget share of different expenditure categories by decile of *per capita* household income. Each vertical bar corresponds to a particular decile (from 1 to 10 along the horizontal axis), and the stacked sections within each bar indicate the share of food and beverage expenditure devoted to a specific food category within that decile.

These findings will be key to explaining why we observe compensatory effects of the marginal cost increase, including reduced markups, higher substitution, and changes in variety effects, among high-income consumers but not among low-income consumers. While the rich can switch to cheaper varieties of luxury or premium goods, such as local chocolates instead of imported ones, the poor can substitute imported wheat or pasta if local varieties are unavailable or more expensive. Furthermore, as we will see in the next section, given that the rich can substitute, firms (and sellers) of imported goods find it more profitable to reduce their retail margins and absorb part of the marginal cost increase to keep at least part of the sales volume from dropping. On the other hand, staples such as wheat, wheat-based products, pasta, beans, or potatoes are necessities for the poor. Since they cannot substitute them, sellers can pass on most of the increase in marginal cost.

Cost of Living Effects

We approximate the cost of living effects by the household compensating variation, CV^h, which is the amount of income required to maintain the household's utility unchanged in response to the price changes induced by devaluation. In other words, it is the amount of income that would compensate for the change in the cost of living.

$$CV^h = \underbrace{e\left(P_1, u_0^h\right) - e\left(P_0, u_0^h\right)}_{\text{Cost of living effect}} + \underbrace{y_1^h - y_0^h}_{\text{Nominal income effect}}$$

where $e(\cdot)$ is the unit expenditure function that depends on the price vector at period t, P_t, and the utility of household h at period t, u_t^h.

Notice that in addition to the cost of living effect -the pass-through impact of devaluation through inflation, there are also nominal income effects- a change in earnings for households that produce local varieties or trade foreign varieties informally. This paper focuses on changes in the cost of living, abstracting from the analysis of changes in nominal income.

Preferences

To obtain a closed-form solution for the expenditure function, we follow the literature (Colicev *et al.*, 2024; Atkin and Donaldson, 2018; Jaravel, 2019; Argente *et al.*, 2021) and model consumer preferences using a nested mixed-CES demand system. The nested mixed-CES demand system is helpful because it captures preference heterogeneity by allowing budget shares and elasticities of substitution to vary across income groups (Atkin *et al.*, 2018; Jaravel, 2019; Argente and Lee, 2021). Furthermore, it will enable heterogeneity on empirical estimates of the elasticities of demand by income groups that allow us to decompose the total cost of living effect into a price channel that can be further decomposed into changes in markups and marginal costs (Redding and Weinstein, 2020); a variety channel -that capture the impact of product entry and exit on consumer welfare (Feenstra, 1994; Broda and Weinstein, 2006); and a substitution channel. The nested mixed-CES demand structure allows for substitution across two nests: An *upper nest* that captures substitution across products (*e.g.,* rice vs. potatoes), and a *lower nest* -defined at the variety level that captures substitution across varieties within the same product (*e.g.,* imported rice vs. national rice). After devaluation, substitution between

products is determined by the elasticity of substitution between products, σ^h. For example, if devaluation causes bread prices to increase relative to rice, consumers might substitute bread for rice. The product level is the finest level of aggregation, where there is no meaningful product entry or exit after devaluation. In contrast, varieties' entry or exit is determined by the elasticity of substitution across varieties, η_p^h.

In the upper nest, the CES aggregator is given by:

$$U_t^h = \left[\sum_{p \in \mathcal{B}} \left(\xi_p^h Q_{p,t}^h \right)^{\frac{\sigma^h - 1}{\sigma^h}} \right]^{\frac{\sigma^h}{\sigma^h - 1}},$$

where $Q_{p,t}^h$ is the aggregate consumption of product p by households in income group h at time t. - ξ_p^h is a product-level demand shifter, which may differ across income groups. - $\mathcal{B}$ is the set of available products. - σ^h is the elasticity of substitution across products.

At the lower nest, the product-specific quantity, $Q_{p,t}^h$, is itself a CES aggregator over individual varieties given by:

$$Q_{p,t}^h = \left[\sum_{i \in \mathcal{B}_{p,t}} \left(\xi_{pi}^h Q_{pi,t}^h \right)^{\frac{\eta_p^h - 1}{\eta_p^h}} \right]^{\frac{\eta_p^h}{\eta_p^h - 1}},$$

where $Q_{pi,t}^h$ is the consumption of variety i by households in income group h at time t, ξ_{pi}^h is a variety-level demand shifter, and η_p^h is the elasticity of substitution between varieties of product p.

In the Nested-CES framework, consumers of the same income group share the same elasticity of substitution across foreign and local varieties. Local and foreign varieties compete within highly detailed product categories and face the same elasticity of substitution within income groups. Yet, it allows for differences in preferences between foreign and local varieties between rich and poor consumers.

Given this preference structure, the category-level and product-level unit expenditure functions are given, respectively, by

$$P_t^h = \left[\sum_{p \in \mathcal{P}_t} \left(\xi_p^h P_{p,t}^h \right)^{1-\sigma^h} \right]^{\frac{1}{1-\sigma^h}},$$

$$P_{p,t}^h = \left[\sum_{i \in \mathcal{V}_{p,t}} \xi_{pi}^h P_{pi,t}^{1-\eta_p^h} \right]^{\frac{1}{1-\eta_p^h}}.$$

where $P_{pi,t}^h$ is the price of variety i at time t.

Decomposition of the Cost of Living Effect

The cost-of-living effect of consumer h can be broken down into three channels: A *price channel,* that includes a *marginal cost* effect and a *markup* effect; a *substitution channel,* that captures consumer responses to relative price changes; and a *variety channel,* that captures the impact of changes in available varieties.

Since the income-group-specific utility functions are homothetic, the change in the cost of living is equivalent to the change in the unit expenditure function. That is,

$$CLE_t^h = \frac{e\left(P_t, u_0^h\right)}{e\left(P_{t-1}, u_0^h\right)} - 1 = \prod_{p \in \mathcal{B}} \left[\frac{P_{p,t}^h}{P_{p,t-1}^h} \right]^{\omega_{p,t}^h} - 1,$$

where $\omega_{p,t}^h$ are the Sato-Vartia weights[4].

4 Sato–Vartia weights are given by

$$\omega_{p,t}^h \equiv \frac{\phi_{p,t}^h - \phi_{p,t-1}^h}{\ln \phi_{p,t}^h - \ln \phi_{p,t-1}^h} \Big/ \sum_{p \in \mathcal{B}} \frac{\phi_{p,t}^h - \phi_{p,t-1}^h}{\ln \phi_{p,t}^h - \ln \phi_{p,t-1}^h},$$

where

$$\phi_{p,t}^h \equiv \frac{\sum_{i \in \mathcal{B}_{p,t}} P_{pi,t} \cdot Q_{pi,t}^h}{\sum_{p \in \mathcal{B}} \sum_{i \in \mathcal{B}_{p,t}} P_{pi,t} \cdot Q_{pi,t}^h}.$$

The change in the product-level unit expenditure function can be further decomposed into a term that depends on variety-level price changes for continuing products and a term that captures changes in product availability (Feenstra, 1994):

$$CLE_t^h = \prod_{p\in\mathcal{B}}\left[\prod_{i\in\mathcal{B}^{t-1}\cap\mathcal{B}_p^t}\left(\frac{P_{pi,t}}{P_{pi,t-1}}\right)^{\omega_{pi,t}^h}\cdot\left(\frac{\lambda_{p,t}^h}{\lambda_{p,t-1}^h}\right)^{\frac{1}{\eta_p^h-1}}\right]^{\omega_{p,t}^h}-1,$$

where $\omega_{pi,t}^h$ are the variety-level Sato-Vartia weights[5].

The variety effect will be given by,

$$\frac{\lambda_{p,t}^h}{\lambda_{p,t-1}^h}\equiv\frac{\sum_{i\in\mathcal{B}^{t-1}\cap\mathcal{B}_p^t}P_{pi,t}\cdot Q_{pi,t}^h}{\sum_{i\in\mathcal{B}_{p,t}}P_{pi,t}\cdot Q_{pi,t}^h}\Big/\frac{\sum_{i\in\mathcal{B}^{t-1}\cap\mathcal{B}_p^t}P_{pi,t-1}\cdot Q_{pi,t-1}^h}{\sum_{i\in\mathcal{B}_{p,t-1}}P_{pi,t-1}\cdot Q_{pi,t-1}^h},$$

Finally, using the definition of retail markups, $P_{pi,t}\equiv M_{pi,t}\cdot C_{pi,t}$, the ratio of the final consumer price to the marginal cost,

$$\frac{CLE_t^h}{e\left(P^0,u_0^h\right)}=\prod_{p\in\mathcal{B}}\left[\underbrace{\prod_{i\in\mathcal{B}^{t-1}\cap\mathcal{B}_p^t}\left(\frac{C_{pi,t}}{C_{pi,t-1}}\right)^{\omega_{pi,t-1}^h}}_{\text{Cost Effect}}\cdot\underbrace{\prod_{i\in\mathcal{B}^{t-1}\cap\mathcal{B}_p^t}\left(\frac{M_{pi,t}}{M_{pi,t-1}}\right)^{\omega_{pi,t-1}^h}}_{\text{Markup Effect}}\cdot\underbrace{\prod_{i\in\mathcal{B}^{t-1}\cap\mathcal{B}_p^t}\left(\frac{P_{pi,t}}{P_{pi,t-1}}\right)^{\omega_{pi,t}^h-\omega_{pi,t-1}^h}}_{\text{Substitution Channel}}\cdot\underbrace{\left(\frac{\lambda_{p,t}^h}{\lambda_{p,t-1}^h}\right)^{\frac{1}{\eta_p^h-1}}}_{\text{Variety Channel}}\right]^{\omega_{pi,t}^h}-1$$

The *price channel* is the covariance between pre-devaluation expenditure shares of continuing varieties and changes in consumer prices. If different income groups have different expenditure shares on other varieties, we will expect differential effects on the cost of living. For example, if affluent consumers spend relatively more on foreign varieties, and if foreign

5 Variety-level Sato–Vartia weights are given by

$$\omega_{pi,t}^h\equiv\frac{\phi_{pi,t}^h-\phi_{pi,t-1}^h}{\ln\phi_{pi,t}^h-\ln\phi_{pi,t-1}^h}\Big/\sum_{i\in\mathcal{B}^{t-1}\cap\mathcal{B}_p^t}\frac{\phi_{pi,t}^h-\phi_{pi,t-1}^h}{\ln\phi_{pi,t}^h-\ln\phi_{pi,t-1}^h},$$

where

$$\phi_{pi,t}^h\equiv\frac{P_{pi,t}\cdot Q_{pi,t}^h}{\sum_{i\in\mathcal{B}^{t-1}\cap\mathcal{B}_p^t}P_{pi,t}\cdot Q_{pi,t}^h}.$$

varieties experience a greater price increase, the price channel will increase more for rich consumers.

The *price channel* can be further decomposed into a *cost effect* associated with changes in marginal costs, and a *markup effect* related to changes in retailers' margins (Borusyak et al., 2018; Fajgelbaum, & Schaal, 2019). If rich consumers had larger pre-devaluation expenditure shares on foreign varieties, we would expect relatively larger increases in the cost of living for rich consumers due to changes in the marginal cost. However, if the elasticity of substitution is high, profit maximization predicts that firms will decrease their retail margins, offsetting increases in the marginal cost.

The *substitution channel* is the covariance between changes in final consumer prices and the difference in variety-level Sato-Vartia weights and variety-level pre-devaluation expenditure shares. If consumers reallocate expenditure away from varieties with higher price increases, their post-devaluation increase in the cost of living will be lower. If high-income consumers have higher elasticities of substitution, we would expect stronger substitution away from varieties with higher price increases for them, which would attenuate their increase in the cost of living. As emphasized by Auer et al. (2023), it reflects consumer adjustment behavior in response to price changes.

Finally, the *variety channel* captures how changes in product availability (the so-called extensive margin) affect consumer cost of living. It comprises the ratio of the expenditure share on continuing varieties before and after the devaluation, along with the variety-level elasticity of substitution. If the ratio of expenditure shares is below one, the appeal of the varieties that entered must have been greater than that of the varieties that exited. The extent to which this reallocation of expenditure translates into changes in the cost of living depends on the elasticity of substitution. The distributional cost-of-living effects of the variety effect depend on the difference in the elasticity of substitution across income groups. If the elasticity is high, products are perceived as good substitutes, and adding new varieties increases utility only marginally.

Quantifying Changes in the Cost of Living

To analyze changes in the cost of living, we need to obtain a functional form for the residual demand of variety i and derive a form that allows us to estimate the variety-level elasticities of substitution. Using Shephard's lemma,

$$Q_{pi,t}^{h} = \xi_{pi,t}^{h} \left(\frac{P_{pi,t}}{P_{p,t}^{h}} \right)^{-\eta_p^h} Q_{p,t}^{h}.$$

Taking logs,

$$q_{pi,t}^{h} = -\eta_p^h p_{pi,t} + \eta_p^h p_{p,t}^{h} + q_{p,t}^{h} + \left(\eta_p^h - 1\right) \ln\left(\xi_{pi,t}^{h}\right).$$

where lowercase variables indicate their logarithmic transformations and η_p^h is the elasticity of substitution. Consistent estimation of these parameters requires overcoming several econometric challenges. First, there is a simultaneity problem between product-level price, $P_{p,t}^{h}$, and quantity, $Q_{p,t}^{h}$, since both indices depend on unobserved demand shifters. To mitigate this, we include product–income–time fixed effects.

$$\ln Q_{p,t}^{h} = f\left(P_{p,t}^{h}, \xi_{p,t}^{h}\right) + \text{Fixed Effects.}$$

Second, since demand shifters $\xi_{pi,t}^{h}$ are unobserved. If firms anticipate these demand shifters, they may set prices with $\xi_{pi,t}^{h}$ in mind, which can lead to endogeneity. To address this, we decompose the demand shifters into a variety-income group fixed effects and a residual term $\ln \xi_{pi,t}^{h} = \theta_{pi}^{h} + \varepsilon_{pi,t}^{h}$.

This results in the following estimating equation:

$$q_{pi,st}^{h} = \beta_p^h + \theta_{pi}^{h} + \lambda_{p,t}^{h} + \varepsilon_{pi,st}^{h},$$

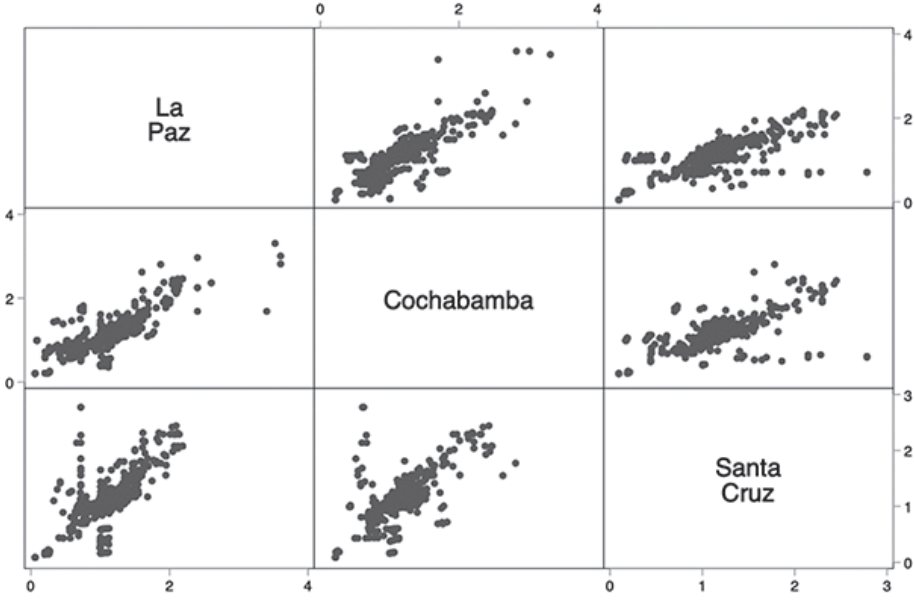
where subscript s indicates that prices and quantities are observed at the variety-store-income group-time level, the category-income-time fixed effects $\lambda_{p,t}^{h}$ help control for simultaneity bias.

Instrumenting Price Changes

To address endogeneity concerns related to the existence of unobserved time-varying demand shifters correlated with prices, we follow Hausman (1996); Nevo (2001); DellaVigna and Gentzkow (2019) and instrument the price of a variety i in location s, $P_{pi,s,t}$ using its price in another location s', $P_{pi,s',t}$. This instrument is valid if supermarkets employ near-uniform

pricing across stores in all three cities, so retailers are more likely to adjust prices in response to standard cost shocks rather than idiosyncratic local demand shocks. Figure 5 show that prices of the same variety across stores are highly correlated both in the cross-section and over time. Since we focus on a period where devaluation induced significant cost changes for both local and foreign varieties, price variation in our sample primarily reflects common cost shocks rather than demand-side factors. The crucial assumption underpinning the consistent estimation of the elasticities is that common demand shocks do not contaminate the Hausman instrument[6].

Figure 8: Price Association Across Stores by City. January 2024 to January 2025



Source: Author's calculation based on scanner transaction data at the product level from major supermarket chains.

Notes: The figure plots level.

6 Two possible common cost shocks come to mind. First, if the devaluation also induces changes in real income and shifts relative demand across varieties, for example, by affecting the demand for foreign varieties relatively more, the elasticities may be inconsistently estimated. Whereas we cannot account for variety-specific shifts over time, we consider specifications that control shifts between local and foreign varieties within the product categories below. Second, the estimation strategy also rules out demand shocks driven by national advertising. To partially address this concern, we follow and show that the results are robust to controls for seasonal variety-specific demand shocks.

Estimates of the Elasticity of Substitution

Table 2 presents estimates of the elasticity of substitution obtained by regressing monthly purchased quantities on consumer prices for all product varieties (including continuing, entering, or exiting varieties) for all periods (from January 2024 to January 2025) Panel (a) present the estimates for the full sample, Panel (b) for the low-income group, and Panel (c) for the high-income group. Columns (1) to (4) present the Ordinary Least Squares (OLS) estimates. Columns (5) to (8) present the Instrumental Variable (IV) estimates. Each column presents different specifications, allowing fixed effects to vary at the product and store levels, while filtering out income-specific price indices and variety-level demand shifters. Notice that elasticities are negative and statistically significant under all specifications and remain below the theoretical limit of -1. IV estimates are statistically efficient and clustered at the store-product level. Furthermore, our instrument appears robust, as indicated by a significant first-stage F-statistic across all specifications and income groups, suggesting that supermarkets use near-uniform pricing.

At the aggregate level, OLS elasticities vary from -2.32 using the product-quarter fixed effects in column (1) to -2.08 using the more detailed product-month fixed effects in column (2). Allowing demand shifters and price indices to differ across locations, in columns (3) and (4), resulted in estimated elasticities of -1.53 and -1.27, respectively. IV estimates, reported in columns (5)-(8), indicate more elastic demand curves than the OLS counterparts. In our basic setup, the IV estimates are -3.24 and -3.12 for product-quarter and product-monthly fixed effects, respectively, while the OLS estimates are -2.34 and -2.08[7].

By income group, high-income consumers exhibit higher substitution elasticities than low-income consumers under all specifications. In the basic setup, OLS estimates for high-income consumers are -3.72 and 3.45, while for their low-income counterparts, elasticities are -1.28 and 1.12 for product-quarter and product-monthly fixed effects, respectively. IV estimates also show more elastic demand curves than the corresponding OLS estimates. In the basic setup, IV estimates for high-income consumers are -5.27 and 5.13, while for their

7 These estimates closely align with own-price elasticities for food products reported in the discrete-choice literature, such as Nevo (2001) estimates own-price elasticities for breakfast cereals ranging from –2.34 to -4.25. In contrast, Hendel and Nevo (2013) own-price elasticities for soft drinks are between -2.46 and -2.94. Using a similar empirical strategy, DellaVigna and Gentzkow (2019) estimates the average elasticity of substitution for food products sold by US retailers to be around -2.8.

low-income counterparts, elasticities are -2.17 and 2.23 for product-quarter and product-monthly fixed effects, respectively.

Table 2
Estimates of the Elasticity of Substitution. Aggregate and by Income Strata

	OLS				IV			
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
$q_{i,p,t}$								
$p_{p,t}[All]$	-2.32 *** (0.142)	-2.08 *** (0.129)	-1.51 *** (0.073)	-1.27 *** (0.069)	-3.24 *** (0.221)	-3.12 *** (0.230)	-1.61 *** (0.081)	-1.47 *** (0.090)
First-stage F-stat	-	-	-	-	528.6	362.5	6,711.9	5,912.0
R sq.	0.058	0.065	0.052	0.073	-	-	-	-
N° obs.	770,312	770,312	770,312	770,312	621,110	621,110	621,110	621,110
$p_{p,t} \times I(\text{Low-income})$	-3.72 *** (0.251)	-3.45 *** (0.259)	-2.39 *** (0.149)	-2.20 *** (0.155)	-5.27 *** (0.473)	-5.13 *** (0.540)	-2.58 *** (0.188)	-2.49 *** (0.220)
First-stage F-stat	-	-	-	-	298.5	174.2	2,871.6	2,276.1
R sq.	0.036	0.051	0.021	0.041	-	-	-	-
N° obs.	189,890	189,890	189,890	189,890	151,500	151,500	151,500	151,500
$p_{p,t} \times I(\text{High-income})$	-1.28 *** (0.162)	-1.12 *** (0.155)	-0.982 *** (0.092)	-0.812 *** (0.097)	-2.17 *** (0.270)	-2.23 *** (0.280)	-1.19 *** (0.109)	-1.09 *** (0.118)
First-stage F-stat	-	-	-	-	451.3	299.7	5,432.1	4,612.3
R sq.	0.053	0.067	0.048	0.068	-	-	-	-
N° obs.	150,950	150,950	150,950	150,950	104,500	104,500	104,500	104,500
Product × Quarter FE	X		X		X		X	
Product × Month FE		X		X		X		X
Product × Quarter × Store FE			X				X	
Product × Month × Store FE				X				X
Variety FE	X	X	X	X	X	X	X	X
Variety × Store FE			X	X			X	X

Source: Author's calculation based on scanner transaction data at the product level from major supermarket chains from January 2024 to January 2025.

Notes: This table presents estimates of the elasticities of substitution using unweighted regressions and cluster standard errors at the category-store level. The top Panel reports aggregate estimates across all income groups. The medium and bottom panels report estimates for low-income and high-income consumers. Columns (1)-(4) display ordinary least squares (OLS) estimates; columns (5)-(8) present instrumental variable (IV) estimates. The first-stage F-statistic referenced is the effective first-stage F-statistic (Montiel-Olea and Pflueger, 2013). Standard errors are reported in parentheses below the coefficient. Significance levels are indicated as follows: 10% (*), 5% (**), and 1% (***).

In summary, our results present clear evidence that high-income consumers exhibit higher substitution elasticities than low-income consumers, suggesting that high-income consumers view alternatives in their choice set as more substitutable and place a higher value on product variety changes than their low-income counterparts. This is a finding that has been consistently observed in the related literature[8].

Cost of Living Effects

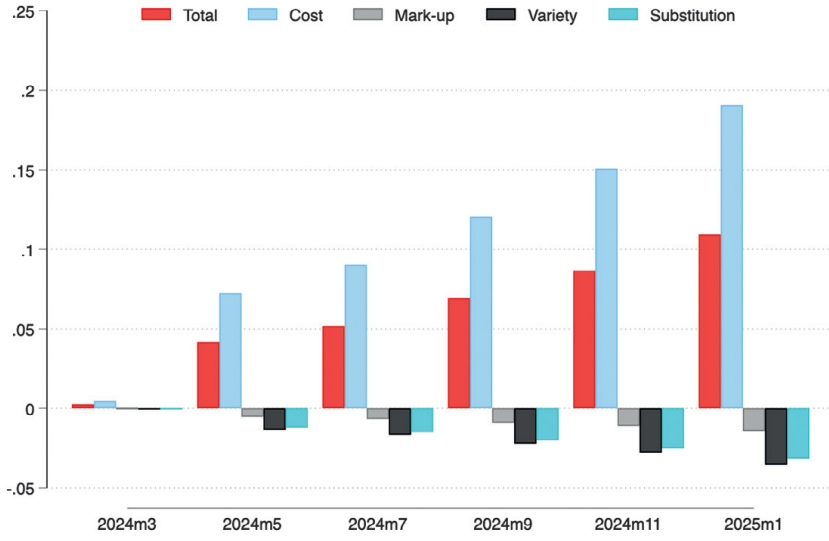
Aggregate Effects

Figure 9 reports the decomposition of the total cost of living effects of devaluation for all consumers into four components: changes in marginal cost, retail margins, substitution across products, and product variety. The cost of living rose steadily during the period of analysis to 13% after one year. The primary driver of this increase was the increasing marginal costs of ongoing product varieties. The marginal cost of food and beverages increased by almost 17%, corresponding to an aggregate pass-through rate into marginal costs of 21%, which is lower than the range of estimates provided by the literature (Gopinath *et al.*, 2020)[9]. The cost-of-living effect is lower than the marginal cost increase due to compensatory changes in retail markups, substitution, and the availability of different varieties. Consistent with profit-maximizing behavior, firms reduced their markup by 1%. Substitution of more expensive products by cheaper products in the same category reduces the cost of living by 1.5%. Finally, changes in the availability of varieties reduced the increase in the cost of living by about 2.5%, suggesting that the taste-based price of newly introduced varieties was more favorable than those that exited the market.

8 See Berry *et al.* (1995) on cars; Nevo (2001) on breakfast cereal; DellaVigna and Gentzkow (2019), Handbury (2021) and Auer *et al.* (2023) on groceries.

9 The lower-than-expected pass-through might be related to historical (and new) fuel and food subsidies. In particular, wheat, which is given to bread bakeries at 50% of their market price through the Food Production Support Company (EMAPA).

Figure 9: Decomposition of the Cost of Living Effects of devaluation, January 2024 to January 2025. Full Sample



Source: Author's calculation based on scanner transaction data at the product level from major supermarket chains.

Notes: The figure decomposes the change in the cost of living into a price channel that includes (i) a marginal cost channel, (ii) a markup channel, (iii) a substitution channel, and (iv) a product variety channel.

Effects by Income Strata

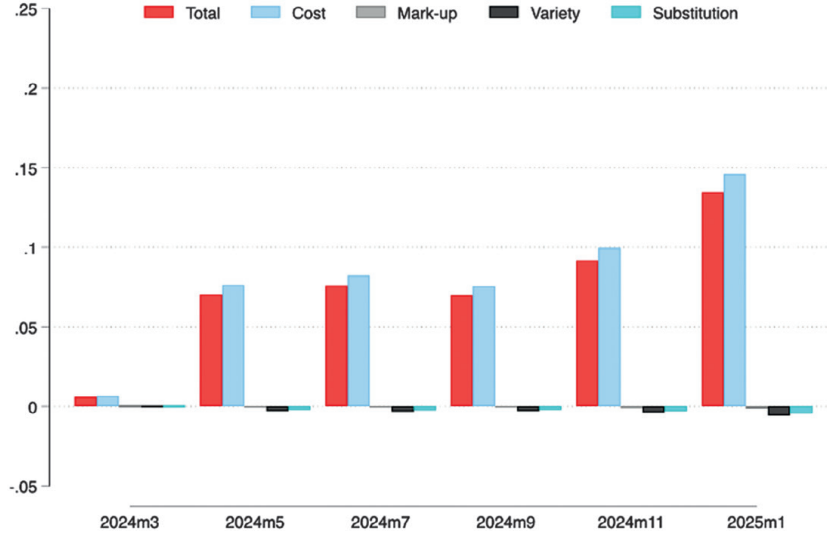
To assess the distributional impacts, Figure 10 reports the decomposition of the cost of living for low-income (panel a) and high-income consumers (panel b). We find that high-income consumers have lower cost-of-living increases than low-income consumers despite higher increases in the marginal cost of their basket of goods. While the marginal cost increases by 14.6% for the high-income consumers, their cost of living increases only by 10.9% because markup, variety, and substitution channels counterbalance part of the changes in marginal cost. This aligns with the observation that high-income consumers generally have a higher expenditure share on premium foreign varieties, whose costs increased more significantly. To maximize profit, supermarkets have absorbed part of the increase in marginal cost and reduced retail markups by 1.4% after devaluation. Furthermore, since high-income consumers have lower elasticities of substitution, they also substitute away from expensive varieties by 3.1% and benefit more from changes in product variety that occurred after devaluation by 3.5%.

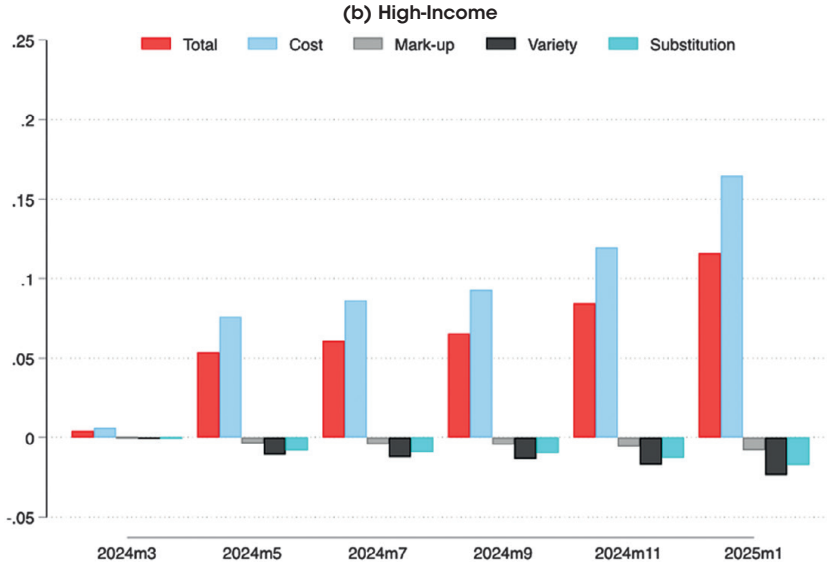
On the other hand, low-income consumers, who face a 14.6% increase in marginal cost in their basket of goods, face an increase in their cost of living of 13.4%. Because low-income consumers' spending on foreign varieties goes to necessities rather than luxuries, and they have lower elasticities of substitution, they are forced to absorb almost all increases in the marginal costs. Jointly, the markup, substitution, and variety channels offset only -0.01% of the marginal cost increase.

Our results shed light on the importance of examining markups, varieties, and substitution channel changes when analyzing the transmission mechanisms of exchange rate shocks to consumer prices. In particular, our results highlight the role that the elasticity of substitution plays not only across products and varieties but also for markup movements that can offset the relative price adjustment after a devaluation. Furthermore, we show that differences in the increase in marginal cost between high- and low-income consumers can be reversed by markups, varieties, and substitution channels, producing substantial cost-of-living inequalities between the poor and the rich. These differences in the cost-of-living increase between the rich and the poor give us a glimpse of the direction of the distributional effects of the devaluation.

Figure 10: Decomposition of the Cost of Living Effects of Devaluation, January 2024 to January 2025. By Income Strata

(a) Low-Income





Source: Author's calculation based on scanner transaction data at the product level from major supermarket chains.

Notes: The figure decomposes the change in the cost of living into a price channel that includes (i) a marginal cost channel, (ii) a markup channel, (iii) a substitution channel, and (iv) a product variety channel.

Table 3
Decomposing Total Cost of Living Effects. By Income Strata. January 2024 to January 2025

Panel A: Low Income Consumers					
Month	**Cost**	**Markup**	**Variety**	**Substitution**	**Total**
2024m3	0.0066	-0.0001	-0.0003	-0.0002	0.0061
2024m5	0.0763	-0.0008	-0.0030	-0.0023	0.0703
2024m7	0.0824	-0.0008	-0.0033	-0.0024	0.0759
2024m9	0.0756	-0.0007	-0.0030	-0.0022	0.0696
2024m11	0.0996	-0.0010	-0.0039	-0.0030	0.0917
2025m1	0.1463	-0.0014	-0.0058	-0.0043	0.1347

Panel B: High Income Consumers					
Month	Cost	Markup	Variety	Substitution	Total
2024m3	0.0046	-0.0003	-0.0008	-0.0008	0.0026
2024m5	0.0724	-0.0054	-0.0134	-0.0121	0.0416
2024m7	0.0901	-0.0067	-0.0167	-0.0150	0.0517
2024m9	0.1205	-0.0089	-0.0223	-0.0201	0.0692
2024m11	0.1508	-0.0112	-0.0279	-0.0251	0.0866
2025m1	0.1906	-0.0141	-0.0353	-0.0318	0.1094

Source: Author's calculation based on scanner transaction data at the product level from major supermarket chains.

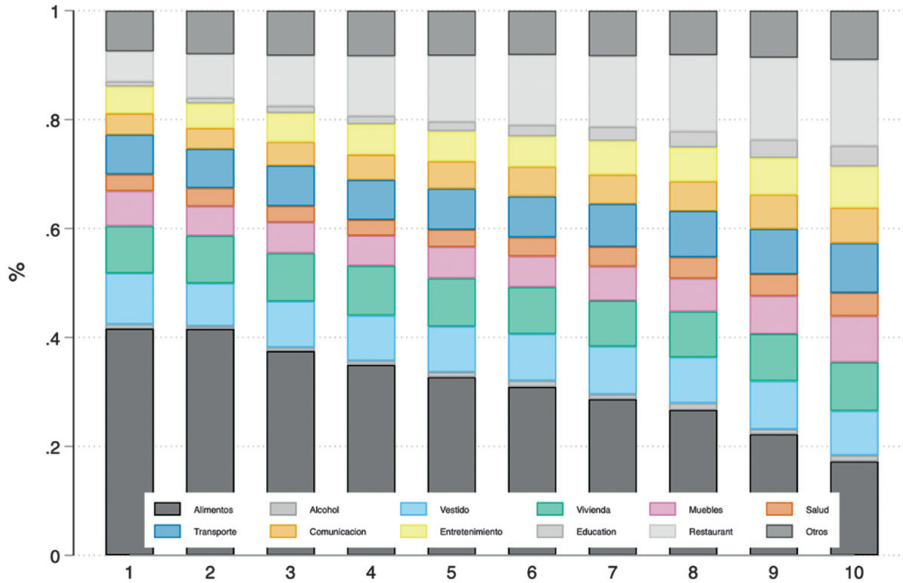
Notes: The figure decomposes the change in the cost of living into a price channel that includes (i) a marginal cost channel, (ii) a markup channel, (iii) a substitution channel, and (iv) a product variety channel.

Distributional Consequences

The cost-of-living effects estimate the devaluation's welfare cost on food and beverages expenditure, not total outlays. While food is the largest expenditure category for lower-income households, other expenditure categories are likely to be affected by devaluation, including spending on prepared food (the larger share of the hospitality category) and clothing.

Figure 11 reports the budget share by expenditure category across *per capita* income deciles based on the Household Budget Survey from 2019. As Engel's law predicts, they devote a larger fraction of their budgets to food and beverages (more than 40% for the first decile). Food budget shares reach and shrink steadily to 20% for the richest decile. By contrast, in the upper deciles, we see larger slices for more discretionary spending categories such as hospitality and entertainment, and investments in education, health, and durable goods. These slices are relatively small among poorer households but expand as incomes increase. Notably, housing expenditures do not grow nearly as much as discretionary categories. Transport and Communication also shift moderately, often accounting for a slightly more significant share in the middle deciles.

Figure 11: Budget Share of Expenditure Categories by Decile of *Per Capita* Household Income



Source**:** Author's calculation based on Household Budget Survey 2019.

Notes**:** The figure shows the budget share of different expenditure categories by decile of *per capita* household income. Each vertical bar corresponds to a particular decile (from 1 to 10 along the horizontal axis), and the stacked sections within each bar indicate the share of total expenditure devoted to a specific expenditure category within that decile. Expenditure categories include Food and Beverages, Alcohol and Tobacco, Transport, Communication and Clothing, Housing, Durables and Furniture, Health, Entertainment, Education, Hospitality, and other expenses.

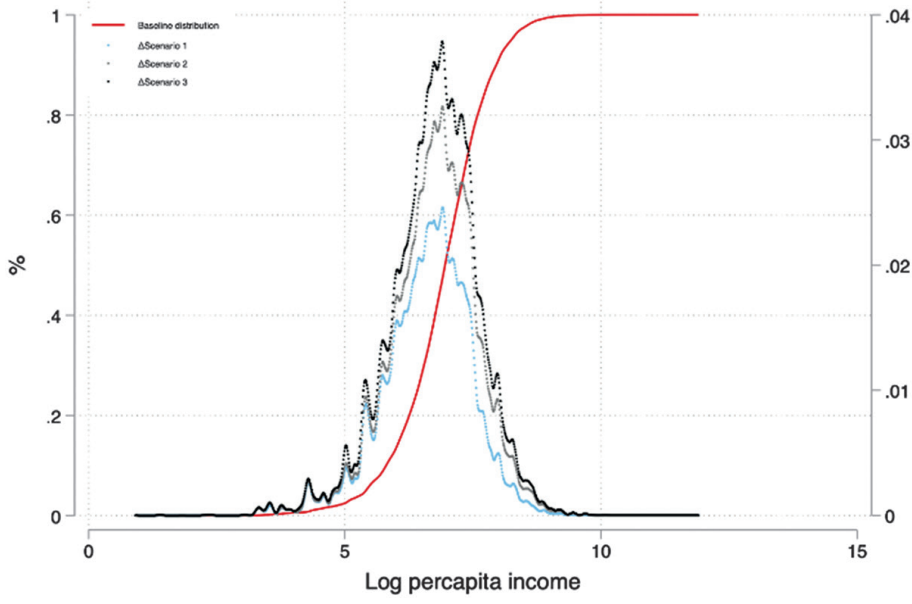
To estimate the devaluation total welfare effect, not only the impact on food expenditure but on total expenditure, we can use the most recent available Household survey (2023) "nowcasted" to the year 2024[10], and simulate a series of scenarios that extrapolate our cost of living estimates to different *per capita* income deciles and expenditure categories. We explore three different scenarios: Scenario 1 applies the high-income effect to the first quantile and the low-income impact to the remaining households, only for food expenditures, without considering devaluation effects on other expenditure categories. Scenario 2 applies the high-income effect to the first quantile, the low-income impact on the food expenditures of the

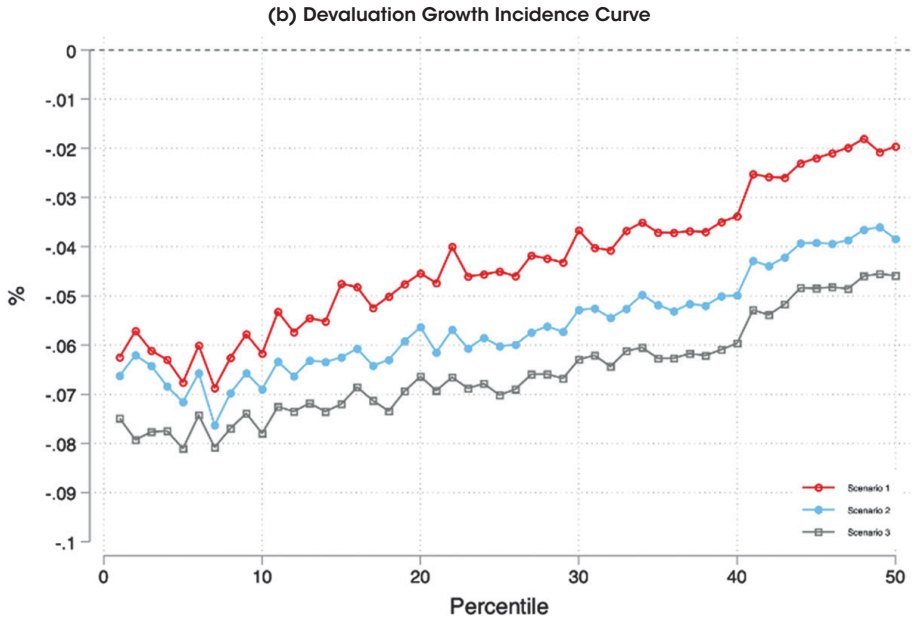
10 To nowcast (update) the 2023 household survey to 2024, we use a distributional neutral projection based on the *per capita* GDP growth and inter-census population growth for 2024. To obtain estimates of the budget share for each household, we use a random forest -machine learning approach using a common set of features between the 2016 Household Budget Survey and the baseline survey.

remaining households, and the high-income effect on prepared food expenditures. Scenario 3 applies the high-income effect to the first quantile, the low-income impact on the rest of the households in terms of food expenditures, and the high-income impact on spending for prepared food and clothing.

Figure 12 presents the distributional effects of devaluation for all three scenarios. Panel A presents the changes in the cumulative *per capita* income distribution, *i.e.*, how many more or fewer people are at every percentile of the income distribution. Panel B presents the devaluation growth incidence curve (GIC), *i.e.*, the growth in *per capita* income welfare by percentile. The devaluation's impact on the GIC appears regressive, with households in the lower income distribution suffering greater welfare reductions than those in the upper part.

Figure 12: Distributional Effects of the Currency Crisis, by Income Percentile. January 2024 to January 2025
(a) Devaluation Change in Distribution





Source: Author's calculation based on estimated cost of living effects by income strata.

Notes: The figure applies the cost-of-living effect only to the food budget share. We present three scenarios. Scenario 1 applies the high-income effect to the first quantile and the low-income effect to the rest of the households, only to food expenditures, without considering devaluation effects on other expenditure categories. Scenario 2 applies the high-income effect to the first quantile, the low-income impact on the food expenditures of the remaining households, and the high-income effect on prepared food expenditures. Scenario 3 applies the high-income effect to the first quantile, the low-income impact on the rest of the households in terms of food expenditures, and the high-income impact on expenditures for prepared food and clothing. Panel (a) presents the changes in the cumulative *per capita* income distribution, *i.e.,* how many more (or fewer) fraction of people are at every percentile of the income distribution. Panel (b) presents the devaluation growth incidence curve (GIC), *i.e.,* the *per capita* income welfare growth (loss) by percentile.

Poverty and Inequality Effects

Table 4 presents the devaluation effects on poverty and inequality through prices for the three scenarios. Bolivia's de facto currency devaluation over the last year has increased the poverty headcount by 2.6 and 3.8 percentage points and the poverty gap (the average distance of the poor from the poverty line) by 1.3 and 1.7 percentage points. In terms of extreme poverty, *i.e.,* being unable to cover basic food expenditures, we find that last year's devaluation is associated with a 1.8 to 2.4 percentage point increase in the headcount and a 0.6 to 0.8 percentage point increase in the poverty gap. Finally, devaluation is associated with increased inequality, ranging from 0.7 to 0.5 points in the Gini index and 1.8 to 1.6 in the Atkinson index. The induced increase in poverty and income inequality is associated with the larger erosion of purchasing

power that affects the bottom deciles. Poorer households spend a large share of their budget on foreign necessities, and they have fewer possibilities to substitute them. They are forced to absorb almost all increases in marginal cost, with few options to substitute essentials (*e.g.,* wheat-based products, beans, pasta). Households near the poverty line may fall below it due to these pressures, especially if labor earnings do not adjust to compensate for higher living costs. On the other hand, higher-income households can adjust their consumption patterns more easily and substitute luxury and premium foreign items (*e.g.,* chocolates, spices, coffee) for cheaper or new varieties than lower-income groups. Significant differential impacts in cost-of-living increases can lead to poverty and worsen economic inequality.

A devaluation affects household welfare through multiple channels. The price pass-through of devaluation leads to higher prices for both foreign and local varieties (due to increased input costs). While the pass-through effect is greater for foreign varieties consumed by high-income households, the distributional impact disproportionately affects low-income people. This occurs because the increasing marginal cost faced by low-income families is not offset by reductions in retail markup or substitution effects, which higher-income households can take advantage of. Consequently, poorer households bear almost all of the increase in marginal costs without the advantage of retail margin adjustments or substitution opportunities.

Table 4
Poverty and Inequality Consequences of Devaluation

	Baseline	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3	Dif. S1	Dif. S2	Dif. S3
Panel A: Poverty							
Poverty Headcount (p0)	0.3416	0.3679	0.3737	0.3799	0.0263	0.0321	0.0383
Poverty Gap (p1)	0.1280	0.1406	0.1430	0.1452	0.0126	0.0150	0.0172
Squared Poverty Gap (p2)	0.0681	0.0755	0.0767	0.0780	0.0074	0.0086	0.0099
Panel B: Extreme Poverty							
Extreme Poverty Headcount (p0)	0.1491	0.1676	0.1700	0.1732	0.0185	0.0209	0.0241
Extreme Poverty Gap (p1)	0.0551	0.0614	0.0621	0.0632	0.0063	0.0070	0.0081
Squared Extreme Poverty Gap (p2)	0.0301	0.0335	0.0338	0.0344	0.0034	0.0037	0.0043
Panel C: Inequality							
Gini Coefficient	0.4303	0.4371	0.4358	0.4358	0.0068	0.0055	0.0055
GE (2) Index	0.4545	0.4728	0.4699	0.4705	0.0183	0.0154	0.0160

Source**:** Author's calculation based on estimated cost of living effects by income strata.

Notes: The figure applies the cost-of-living effect only to the food budget share. We use the effect of high-income consumers for the top 20% and the effect of low-income consumers for the rest of the quintiles.

Limitations

Tracking prices using scanner data allows us to assess inflation pass-through and its impacts on the cost of living and household welfare more granularly and in real-time. Still, it does not account for employment dynamics and wage adjustments. Our analysis of devaluation effects only accounts for the welfare effects generated by price dynamics. It does not account for the potential impact of devaluation on employment and labor earnings. If devaluation boosts exports, we might observe employment and wage increases in some tradable sectors. At the same time, we may also observe a reduction in profits and employment incentives in small or medium-sized businesses that trade imported goods due to lower demand and higher prices for imports.

Despite these limitations, the data-driven approach employed in this study offers significant advantages over Computational General Equilibrium (CGE) models. While CGE models provide a theoretically consistent macroeconomic framework, they often rely on strong assumptions regarding functional forms, perfect competition, and rational agent behavior. They require extensive calibration and may not accurately reflect the structure of economies with large informal sectors, as is the case in Bolivia. This hinders their usefulness in analyzing differential impacts for different populations. Although valuable for policy simulations, CGE models may overlook short-term distributional effects and consumer adaptation strategies that are more accurately captured in transaction-level data. By focusing on observed price and consumption behavior rather than theoretical equilibrium conditions, this study provides a more grounded empirical basis for understanding the immediate and tangible effects of devaluation on different income groups.

4. Conclusions

This paper uses scanner transaction data, at the product level, from a major supermarket chain to analyze the price and welfare dynamics during the Bolivia currency crisis - the period spanning from January 2024 to January 2025, where we observe a *de facto* devaluation of the boliviano of more than 60% in the black market. While expenditure in a formal supermarket leaves out informal market dynamics, we show that, at least in terms of price changes, price changes at the supermarket level correspond to observed price changes in the overall consumer price index for most products and at the subcategory level for the food and beverage category.

First, we estimate the pass-through effects of devaluation on consumer prices (% after a year) and highlight the asymmetric impact of devaluation on foreign (16%) and local varieties (9%), likely due to increases in input prices. We also report the asymmetric effect on high-income consumers (18%) and low-income consumers (14%). This modest pass-through effect of a 60% *de facto* devaluation might be explained by a combination of fuel and food subsidies and price controls that help maintain affordable prices for key items in the food basket, such as bread. For example, indirect subsidies exceeding 50% for wheat flour have helped keep the prices of bread and other wheat-based products relatively stable. Additionally, export restrictions on oil and bread contributed to the relatively low pass-through effect of the devaluation.

Second, we assume a nested CES structure of preferences and estimate elasticities of substitution for the full sample, as well as for high- and low-income consumers. We use these estimates to decompose the total price effect into a price channel that groups change in marginal cost and retail margins, a substitution channel, and a product variety channel. Our analysis reveals significant differences in how price increases affect the cost of living of low and high-income consumers. For low-income consumers, the cost-of-living increase of 13.5% after one year can be explained mainly by rising costs for both local and foreign varieties, which were fully passed on to them, with no substantial changes in markup and no significant substitution or variety effects. In contrast, high-income consumers had a lower annual increase in their cost of living (10.9%) because, despite facing higher marginal cost increases (19.1%), this increase was offset by a decrease in markups of 1.5%, a substitution effect of -3.1% and a variety effect of -3.1%. Because high-income consumers' baskets of foreign goods include luxury and premium items (such as spices, chocolates, coffee, and seasonal fruits), and they have higher elasticities of substitution following a currency crisis devaluation, they can protect themselves from price increases by substituting away from foreign varieties toward cheaper local varieties. Furthermore, because they can avoid expensive imports, sellers increase their varieties and reduce their retail markups to keep part of the demand, further protecting high-income consumers. On the other hand, since low-income consumers' baskets of foreign goods mainly include essential imported goods such as staples and other necessities, their elasticities of substitution are much lower. This means they can fully absorb the marginal cost increase with negligible compensatory effects from changes in retail margins, substitution, or variety.

Finally, we analyze the potential distributional consequences of food and beverage expenditures and total *per capita* expenditures and calculate the implied changes in the *per capita* income distribution, summarized by a devaluation negative and regressive growth incidence curve, as well as implied changes in poverty and inequality indicators. Depending on the different assumptions about the cost-of-living effects on non-food expenditures, such as prepared food (hospitality), clothing, and other non-food items, we find that devaluation has significant regressive consequences for income distribution. Because they allocate a larger share of their budget to food, devaluation reduces the total welfare of the poorest between 6 and 8%. In comparison, it only reduces the total welfare of the richest between 2 and 5% since they allocate a smaller share of their budget to food. The disproportionate welfare losses of low-income households increase poverty (incidence and the gap) and increase overall inequality (as measured by different inequality indicators). It is crucial to note that our analysis is a lower bound, as it does not account for welfare changes that occur in some inelastic products, such as medicines and auto parts, which have limited substitutes. Another limitation of the study is that it does not account for employment dynamics and wage adjustments.

[**Policy**] **Implications: What's Next for Bolivia?**

The persistence of macroeconomic imbalances and the significant discrepancies between official and black market exchange rates highlight the urgent need for structural adjustment policies. These policies should prevent further distortions and guide the country away from economic instability. While the official peg is unsustainable, a formal devaluation needs to be accompanied, not only by *sound macroeconomic policies*, that improve economic stability and restore a more predictable policy environment but also by *effective welfare programs*, that help the poor offset the adjustment impacts on their cost of living and welfare. This paper presents clear evidence that the welfare effects of a devaluation on the poor, at least in the short term, are disproportionately large and can be very painful. Therefore, carefully designed programs are needed that protect the purchasing power of the poor and prevent them from having to sell or compromise their already limited productive assets to finance the consumption of their necessities.

Bolivia has long relied on fuel subsidies (for gasoline, diesel, and natural gas) and basic food subsidies, particularly for wheat flour, as cornerstones of its price stabilization policies. While universal subsidies protect consumers from price shocks and ensure access to staple foods,

they also present complex challenges, including (1) high fiscal costs, (2) market distortions, and (3) unintended redistributive consequences. Since universal subsidies cannot exclude affluent households, they tend to be regressive in nature. Middle- and high-income urban and peri-urban families receive a larger share of the subsidy, while the poorest families in rural areas benefit less, resulting in regressive distributional effects. We need to consider new policies, including well-targeted compensatory cash transfers and food vouchers, that allow us to phase out universal subsidies in favor of more effective policies. This will help avoid the scars from necessary macroeconomic adjustments and alleviate the growing frustration of the poor.

Fecha de recepción: 1 de marzo de 2025
Fecha de aceptación: 10 de julio de 2025

References

1. Alessandria, G., Kaboski, J. P., & Midrigan, V. (2019). The aggregate effects of firm-level idiosyncratic shocks: Evidence from exporters. *American Economic Review*, 109, 1759-1803.
2. Amiti, M., Itskhoki, O., & Konings, J. (2020). International shocks and domestic prices: How large are strategic complementarities? *Review of Economic Studies*, 87, 237-266.
3. Argente, D., & Lee, M. (2021). Cost of living inequality during the Great Recession. *Journal of Economic Perspectives*, 35(2), 23-50.
4. --------- (2024). Variety, prices, and the cost of living. *Journal of Economic Perspectives*, 38, 94-120.
5. Argente, D., Lee, M., & Moreira, P. (2021). *The cost of privacy: Welfare effects of the disclosure of COVID-19 cases*. NBER Working Paper N° 28275.
6. Atkin, D., & Donaldson, D. (2018). Who's getting globalized? The size and nature of intranational trade costs. *Econometrica*, 86(3), 1111-1155.
7. Atkin, D., Faber, B., & Gonzalez-Navarro, M. (2018). Retail globalization and household welfare: Evidence from Mexico. *Journal of Political Economy*, 126(1), 1-73.
8. Auer, R., Borio, C., Filardo, A., & Milani, F. (2023). Global inflation synchronization. *Annual Review of Economics*, 15, 783-808. https://doi.org/10.1146/annurev-economics-091620-014754
9. Auer, R., Borio, C., & Filardo, A. (2023). International business cycles: Monetary policy interdependence and the role of the dollar. *Journal of International Money and Finance*, 120, 102540.
10. Auer, R., & Tille, C. (2021). Exchange rate pass-through in a competitive economy. *Journal of International Economics*, 131, 103419.
11. Berger, D., Faust, J., Rogers, J.H., & Steverson, K. (2012). Border prices and retail prices. *Review of Economics and Statistics*, 94(1), 7-15.
12. Bernard, A.B., Redding, S.J., & Schott, P.K. (2010). Multiple-product firms and product switching. *American Economic Review*, 100(1), 70-97.
13. Berry, S., Levinsohn, J., & Pakes, S. (1995). Automobile prices in market equilibrium. *Econometrica*, 63(4), 841-890.
14. Bils, M., & Klenow, P. J. (2001). Quantifying quality growth. *American Economic Review*, 91(4), 1006-1030. https://doi.org/10.1257/aer.91.4.1006

15. Borusyak, K., Hull, P., & Jaravel, X. (2018). *Quasi-experimental shift-share research designs*. NBER Working Paper N° 24997, National Bureau of Economic Research. https://www.nber.org/papers/w24997
16. Broda, C., & Weinstein, D. (2010). Product creation and destruction: evidence and price implications. *American Economic Review*, 100(3), 691-723.
17. ---------- (2006). Globalization and the gains from variety. *Quarterly Journal of Economics*, 121(2), 541-585.
18. Burstein, A., Neves, J., & Rebelo, S. (2003). Distribution costs and real exchange rate dynamics during exchange-rate-based stabilizations. *Journal of Monetary Economics*, 50(6), 1189-1214.
19. Campbell, J., & Lapham, B. (2019). Real exchange rate fluctuations and the dynamics of retail trade. *Review of Economic Studies*, 86, 195-227.
20. Caballero, R. J., & Krishnamurthy, A. (2004). Inflation targeting and sudden stops. En B. S. Bernanke & M. Woodford (eds.), *The inflation-targeting debate* (pp. 423-462). University of Chicago Press. https://www.nber.org/chapters/c9565
21. Christiano, L. J., Eichenbaum, M., & Vigfusson, R. (2004). *The response of hours to a technology shock: Evidence based on direct measures of technology*. NBER Working Paper N° 10254, National Bureau of Economic Research. https://www.nber.org/papers/w10254
22. Colicev, A., Hoste, J., & Konings, J. (2024). *The impact of a large depreciation on the cost of living of rich and poor consumers*. Cambridge Working Papers in Economics N° 2430, University of Cambridge.
23. Deaton, A. (1988). Quality, quantity, and spatial variation of price. *American Economic Review*, 78(3), 418-430.
24. DellaVigna, S., & Gentzkow, M. (2019). Uniform pricing in U.S. retail chains. *The Quarterly Journal of Economics*, 134(4), 2011-2084.
25. Digital, B. (2024). Banks limit dollar withdrawals and international transactions.
26. Drazen, A. (2000). *Political Economy in Macroeconomics*. Princeton University Press.
27. Fajgelbaum, P. D., & Schaal, E. (2019). *Optimal transport networks in spatial equilibrium*. NBER Working Paper N° 23200, National Bureau of Economic Research. https://www.nber.org/papers/w23200
28. Feenstra, R.C. (1994). New product varieties and the measurement of international prices. *American Economic Review*, 84(1), 157-177.
29. Gobierno de Bolivia (1985). Decreto Supremo N° 21060. 2025-02-23. https://www.lexivox.org/norms/BO-DS-21060.html

30. Goetz, D., & Rodnyansky, A. (2019). *Exchange rate shocks and quality adjustments*. Cambridge-INET Working Paper Series N° 2019/03, Cambridge Working Papers in Economics N° 1915. University of Cambridge, Faculty of Economics. https://www.econ.cam.ac.uk/sites/default/files/publication-cwpe-pdfs/cwpe1915.pdf
31. Gopinath, G., & Itskhoki, O. (2011). In search of real rigidities. *NBER Macroeconomics Annual*, 25, 261-309.
32. Gopinath, G., Kalemli-Özcan, Ş., Karabarbounis, L., & Villegas-Sánchez, C. (2017). Capital allocation and productivity in South Europe. *The Quarterly Journal of Economics*, 132(4), 1915-1967. https://doi.org/10.1093/qje/qjx024
33. Gopinath, Gita, Emine Boz, Camila Casas, Federico J. Díez, Pierre-Olivier Gourinchas, and Mikkel Plagborg-Møller. (2020). Dominant Currency Paradigm. *American Economic Review* 110 (3): 677–719.
34. Handbury, J. (2021). Urban revival in America, 2000 to 2010. *Regional Science and Urban Economics*, 88, 103667.
35. Hausman, J.A. (1996). Valuation of new goods under perfect and imperfect competition. In Timothy F. Bresnahan and Robert J. Gordon (editors), *The Economics of New Goods* (pp. 209-237), University of Chicago Press.
36. Hellerstein, R. (2008). Who bears the cost of a change in the exchange rate? Pass-through accounting for the case of beer. *Journal of International Economics*, 76(1), 14-32.
37. Hendel, I., & Nevo, A. (2013). Intertemporal price discrimination in storable goods markets. *American Economic Review*, 103(7), 2722-2751.
38. Jaravel, X. (2019). The unequal gains from product innovations: Evidence from the U.S. retail sector. *Quarterly Journal of Economics*, 134(2), 715-783.
39. Nakamura, E., & Steinsson, J. (2014). Fiscal stimulus in a monetary union: Evidence from US regions. *American Economic Review*, 104(3), 753-792. https://doi.org/10.1257/aer.104.3.753.
40. Nevo, A. (2001). Measuring market power in the ready-to-eat cereal industry. *Econometrica*, 69(2), 307-342.
41. Montiel Olea, J. L., & Pflueger, C. (2013). Una prueba robusta para instrumentos débiles. Revista de *Estadística Empresarial y Económica*, 31(3), 358-369. https://www.jstor.org/stable/43702731
42. Redding, S.J., & Weinstein, D. (2020). Measuring aggregate price indexes with taste shocks: Theory and evidence for CES preferences. *Quarterly Journal of Economics*, 135(1), 503-560.

A Statistical Annex

Table 5
Product List with Units

Product	Quantity	Unit
Marraqueta bread / Paceño bread	1.00	UNIT(s)
Whole wheat bread / Black bread	10.00	UNIT(s)
Sliced bread	700.00	GRAM(s)
Sweet biscuits	100.00	GRAM(s)
Water biscuits	190.00	GRAM(s)
Wafer biscuits	46.00	GRAM(s)
Panettone	750.00	GRAM(s)
Cake	1.00	UNIT(s)
Baked empanada	1.00	UNIT(s)
Sponge cake	1.00	UNIT(s)
Llauchas	1.00	UNIT(s)
First-class rice	1.00	POUND(s)
Second-class rice	1.00	POUND(s)
Semi-cooked/cooked corn (mote)	1.00	POUND(s)
Wheat flour (white/whole grain)	1.00	POUND(s)
Breakfast cereal	350.00	GRAM(s)
Extruded cereals (Chizitos, Piposal, etc.)	28.00	GRAM(s)
Short pasta	1.00	POUND(s)
Long pasta / Spaghetti	400.00	GRAM(s)
Beef chop	1.00	KILO(s)
Beef ribs	1.00	KILO(s)
Beef pulp with bone	1.00	KILO(s)
Regular beef pulp	1.00	KILO(s)
Special beef pulp	1.00	KILO(s)
Special ground beef	1.00	KILO(s)
Regular ground beef	1.00	KILO(s)
Beef bones	1.00	KILO(s)
Pork chop	1.00	KILO(s)
Fresh lamb meat (by pieces)	1.25	KILO(s)
Whole chicken meat	1.00	KILO(s)
Chicken pieces	1.00	KILO(s)

Product	Quantity	Unit
Beef liver	1.00	KILO(s)
Beef tripe	1.00	KILO(s)
Assorted chicken giblets	1.00	KILO(s)
Cold cuts / Chicken mortadella	1.00	KILO(s)
Pork sausages	1.00	KILO(s)
Frankfurters	1.00	KILO(s)
Chicken schnitzels/burgers (raw)	1.00	KILO(s)
Trout	1.00	POUND(s)
Pejerrey fish	1.00	POUND(s)
Sábalo fish	1.00	UNIT(s)
Canned sardines	425.00	GRAM(s)
Canned tuna	170.00	GRAM(s)
Pasteurized milk	946.00	MILLILITER(s)
Flavored milk	946.00	MILLILITER(s)
Powdered milk	760.00	GRAM(s)
Evaporated milk	395.00	GRAM(s)
Drinkable yogurt	1.00	LITER(s)
Fruity yogurt	750.00	GRAM(s)
Dairy beverages (Pilfrut, etc.)	200.00	MILLILITER(s)
Criollo cheese	1.00	KILO(s)
Chicken eggs	1.00	UNIT(s)
Sunflower oil	0.90	LITER(s)
Butter	200.00	GRAM(s)
Margarine	410.00	GRAM(s)
Criollo peach	25.00	UNIT(s)
Criollo lemon	25.00	UNIT(s)
Criollo mandarin	1.00	KILO(s)
Red apple	1.00	KILO(s)
Criollo orange	1.00	KILO(s)
Banana/Plantain	1.00	KILO(s)
White grapes	1.00	POUND(s)
Cooking banana	1.00	KILO(s)
Chard	1.00	BUNCH(s)
Celery	1.00	BUNCH(s)

Product	Quantity	Unit
Whole green onion	1.00	KILO(s)
Corn (ear)	1.00	UNIT(s)
Spinach	1.00	POUND(s)
Head lettuce	1.00	UNIT(s)
Bell pepper	1.00	POUND(s)
Tomato	1.00	POUND(s)
Carrot	1.00	QUART(s)
Pumpkin	1.00	POUND(s)
Green peas	1.00	POUND(s)
Green beans	1.00	POUND(s)
Yellow potatoes	1.00	ARROBA
Freeze-dried potatoes (tunta)	1.00	POUND(s)
Fried potatoes	1.00	UNIT(s)
Raw peanuts	1.00	POUND(s)
Granulated white sugar	1.00	POUND(s)
Chocolate bars	24.00	GRAM(s)
Hard candy	1.00	UNIT(s)
Chewing gum	1.00	UNIT(s)
Ice cream	70.00	MILLILITER(s)
Refined / Iodized salt	1.00	KILO(s)
Mayonnaise	47.00	CM3(s)
Ketchup / Tomato sauces	47.00	GRAM(s)
Ground chili powder	40.00	GRAM(s)
Instant soups	85.00	GRAM(s)
Prepared gelatin cups	110.00	GRAM(s)
Ground coffee	250.00	GRAM(s)
Instant coffee	200.00	GRAM(s)
Tea bags	20.00	UNIT(s)
Coca leaves for chewing	0.25	POUND(s)
Natural herbs	1.00	BUNCH(s)
Cocoa powder-based beverages	200.00	GRAM(s)
Bottled water	2.00	LITER(s)
Soft drinks	2.00	LITER(s)
Bottled fruit juices	3.00	LITER(s)

Table 6
Lista de productos con unidades

Producto	Cantidad	Unidad
Pan marraqueta/pan paceño corriente	1.00	UNIDAD(es)
Pan integral/pan negro especial	10.00	UNIDAD(es)
Pan molde	700.00	GRAMO(s)
Galleta dulce	100.00	GRAMO(s)
Galleta de agua	190.00	GRAMO(s)
Galleta wafer	46.00	GRAMO(s)
Panetón	750.00	GRAMO(s)
Torta	1.00	UNIDAD(es)
Empanada al horno	1.00	UNIDAD(es)
Queques	1.00	UNIDAD(es)
Llauchas	1.00	UNIDAD(es)
Arroz de primera	1.00	LIBRA(s)
Arroz de segunda	1.00	LIBRA(s)
Maíz semicocido/cocido/mote	1.00	LIBRA(s)
Harina de trigo (blanca/integral)	1.00	LIBRA(s)
Cereal para desayuno	350.00	GRAMO(s)
Extruídos de cereales (Chizitos, Piposal, etc.)	28.00	GRAMO(s)
Fideo corto	1.00	LIBRA(s)
Pasta larga/fideo largo	400.00	GRAMO(s)
Chuleta de res	1.00	KILO(s)
Costilla de res	1.00	KILO(s)
Carne pulpa de res con hueso	1.00	KILO(s)
Carne de res pulpa corriente	1.00	KILO(s)
Carne de res pulpa especial	1.00	KILO(s)
Molida especial	1.00	KILO(s)
Molida corriente	1.00	KILO(s)
Hueso de res	1.00	KILO(s)
Chuleta de cerdo	1.00	KILO(s)
Carne fresca de ganado ovino por piezas (cordero)	1.25	KILO(s)
Carne de pollo entero	1.00	KILO(s)
Presas de pollo	1.00	KILO(s)

Producto	Cantidad	Unidad
Hígado de res	1.00	KILO(s)
Panza de res	1.00	KILO(s)
Surtido de menudencias de pollo	1.00	KILO(s)
Carnes frías/mortadela de pollo	1.00	KILO(s)
Chorizos de cerdo	1.00	KILO(s)
Salchichas	1.00	KILO(s)
Milanesas/hamburguesas crudas de carne de pollo	1.00	KILO(s)
Trucha	1.00	LIBRA(s)
Pejerrey	1.00	LIBRA(s)
Sábalo	1.00	UNIDAD(es)
Sardina en conserva	425.00	GRAMO(s)
Atún en conserva	170.00	GRAMO(s)
Leche pasteurizada	946.00	MILILITRO(s)
Leche saborizada	946.00	MILILITRO(s)
Leche en polvo	760.00	GRAMO(s)
Leche evaporada	395.00	GRAMO(s)
Yogurt bebible	1.00	LITRO(s)
Yogurt frutado	750.00	GRAMO(s)
Bebidas lácteas (Pilfrut, etc.)	200.00	MILILITRO(s)
Queso criollo	1.00	KILO(s)
Huevos de gallina	1.00	UNIDAD(es)
Aceite de girasol	0.90	LITRO(s)
Mantequilla	200.00	GRAMO(s)
Margarina	410.00	GRAMO(s)
Durazno criollo	25.00	UNIDAD(es)
Limón criollo	25.00	UNIDAD(es)
Mandarina criolla	1.00	KILO(s)
Manzana roja	1.00	KILO(s)
Naranja criolla	1.00	KILO(s)
Plátano/guineo/banano	1.00	KILO(s)
Uva blanca	1.00	LIBRA(s)
Papa imilla	1.00	ARROBA
Chuño remojado	1.00	LIBRA(s)

Producto	Cantidad	Unidad
Tunta	1.00	LIBRA(s)
Papas fritas	1.00	UNIDAD(es)
Maní crudo	1.00	LIBRA(s)
Azúcar granulada blanca	1.00	LIBRA(s)
Chocolates en tabletas	24.00	GRAMO(s)
Chupete dulce	1.00	UNIDAD(es)
Goma de mascar/chicle	1.00	UNIDAD(es)
Helados	70.00	MILILITRO(s)
Sal refinada y/o yodada	1.00	KILO(s)
Mayonesa	47.00	CM3(s)
Salsa kétchup/salsas de tomate	47.00	GRAMO(s)
Ají molido en polvo	40.00	GRAMO(s)
Sopas y cremas instantáneas	85.00	GRAMO(s)
Gelatina preparada en bolsitas/vasitos	110.00	GRAMO(s)
Café tostado/molido	250.00	GRAMO(s)
Café instantáneo	200.00	GRAMO(s)
Té en bolsitas/saquitos	20.00	UNIDAD(es)
Hoja de coca para pijchar/acullicar	0.25	LIBRA(s)
Hierbas naturales	1.00	AMARRO(s)
Polvos a base de chocolate	200.00	GRAMO(s)
Agua natural envasada	2.00	LITRO(s)
Bebidas gaseosas	2.00	LITRO(s)
Jugos de fruta embotelladas	3.00	LITRO(s)

Table 7
Distribución de consumo de alimentos por deciles de ingreso

Productos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Pan y otros productos de panadería	0.12	0.14	0.13	0.13	0.13	0.13	0.12	0.12	0.12	0.11
Productos de pastelería	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.05
Cereales en grano	0.06	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03	0.02	0.02
Harinas	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Otros productos preparados en base de harinas y/o cereales	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Fideo y pastas	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01
Carne fresca, refrigerada o congelada de ganado bovino (res)	0.09	0.15	0.16	0.16	0.17	0.16	0.16	0.16	0.14	0.12
Carne fresca, refrigerada o congelada de ganado porcino	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Carne fresca, refrigerada o congelada de ganado ovino	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Carne fresca, refrigerada o congelada de ganado caprino	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Carne fresca, refrigerada o congelada de ganado camélido	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Carne fresca, refrigerada o congelada de aves de corral	0.05	0.09	0.10	0.10	0.10	0.10	0.09	0.09	0.08	0.06
Otras carnes	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Despojos comestibles frescos, refrigerados o congelados	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00
Carnes secas, saladas o ahumadas	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Productos cárnicos embutidos	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02
Productos cárnicos pre-elaborados	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Animales y aves de corral comprados vivos para su consumo	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pescado	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Leches y otros productos lácteos	0.02	0.04	0.04	0.05	0.05	0.05	0.06	0.06	0.07	0.07
Quesos y cuajada	0.01	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03

Productos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Productos lácteos no de leche de vaca	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Huevos y productos derivados	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
Aceites	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01
Mantequilla y productos derivados	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
Grasas comestibles/manteca	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Frutas frescas, refrigeradas o congeladas	0.06	0.06	0.06	0.07	0.06	0.07	0.07	0.07	0.07	0.09
Frutas y partes de frutas deshidratadas/Fruta seca	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Frutas en conserva y productos a base de frutas	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Legumbres - Hortalizas frescas, refrigeradas o congeladas	0.10	0.09	0.09	0.09	0.09	0.08	0.08	0.07	0.07	0.06
Papas y otros tubérculos frescos o refrigerados	0.13	0.07	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03
Legumbres secas y productos a base de legumbres conservados o procesados	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Productos de tubérculos secos, procesados y leguminosas	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
Frutos o granos oleaginosos	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Caña de azúcar	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Azúcar, mermelada, miel, chocolate y dulces de azúcar	0.02	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Mermeladas, compotas, jaleas, purés y pastas de frutas	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Miel natural y artificial	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Chocolates en barras o tabletas, dulces y confitería	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Hielo comestible, helados y sorbetes	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Sal, especias, hierbas culinarias, salsas, condimentos, aderezos	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Preparados de polvos de hornear, levadura, postres, sopas, caldos, consomés	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Productos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Alimentos para lactantes homogeneizados y preparados dietéticos	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Productos preparados enlatado o congelado	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Otros productos alimenticios n.e.p.	0.07	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
Café	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
Té, mate y otros productos vegetales para infusiones	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
Cacao, edulcorado o no y polvos a base de chocolate	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
Aguas minerales o de manantial envasadas	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02
Bebidas gaseosas	0.05	0.05	0.06	0.07	0.08	0.08	0.09	0.10	0.11	0.12
Jugos de frutas y de hortalizas	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02
Jarabes y concentrados para la preparación de bebidas	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Bebidas energizantes y deportivas	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
Otras bebidas no alcohólicas	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

LAJED N° 44 Noviembre 2025 - Abril 2026 65 - 107
ISSN: 2074 - 4706
https://doi.org/10.35319/lajed.202544578

Forecasting Inflation in Times of Stability and Crisis: A Machine Learning Approach

Pronóstico de la inflación en tiempos de estabilidad y crisis: un enfoque con Machine Learning

Mauricio Mora Barrenechea *

Abstract[**]

The Bolivian economy is undergoing its most severe crisis since the 1980s, marked by a dramatic transition from low and stable inflation to pronounced inflationary pressures. In this context, the development of reliable forecasting tools has become increasingly critical. This study evaluates the predictive performance of several widely used Machine Learning (ML) models under two distinct macroeconomic conditions: periods of relative stability and periods of crisis. The findings reveal that ML models in general outperform traditional econometric approaches across both conditions, with the XGBoost algorithm demonstrating the best performance. Additionally, it was found that incorporating a broader set of macroeconomic indicators enhances forecast accuracy. These results suggest that ML techniques can serve as valuable complements to econometric models in macroeconomic forecasting, particularly in complex environments such as Bolivia's.

Keywords: Machine Learning; inflation; forecasting; crisis.

* Master's Degree in Preparation, Social Evaluation and Project Management. Universidad Católica Boliviana "San Pablo". Independent researcher.
Contact: moramorau@hotmail.com / lmaurimorab@gmail.com.
ORCID iD: 0009-0007-4046-4482.

** The conclusions, opinions, and viewpoints expressed in this document are the sole responsibility of the author.

Resumen

La economía boliviana atraviesa su crisis más grave desde la década de 1980, marcada por una drástica transición de una inflación baja y estable a presiones inflacionarias pronunciadas. En este contexto, el desarrollo de herramientas de pronóstico fiables se ha vuelto cada vez más crucial. Este estudio evalúa el rendimiento predictivo de varios modelos de Machine Learning (ML) ampliamente utilizados en dos condiciones macroeconómicas distintas: periodos de relativa estabilidad y periodos de crisis. Los resultados revelan que, en general, los modelos de ML superan a los enfoques econométricos tradicionales en ambas condiciones, siendo el algoritmo XGBoost el que demuestra un rendimiento más destacable. Además, se observó que la incorporación de un conjunto más amplio de indicadores macroeconómicos mejora la precisión del pronóstico. Estos resultados sugieren que las técnicas de ML pueden servir como complementos valiosos para los modelos econométricos en el pronóstico macroeconómico, especialmente en entornos complejos como el de Bolivia.

Palabras clave: Machine Learning; inflación; proyecciones; crisis.

Classification/Clasificación JEL: C14, C22, C32, C53, C55, E31, E37.

1. Introduction

Inflation is a critical macroeconomic indicator, not only shows the evolution of prices across goods and services but also serving as a proxy for overall economic health. Reliable forecasts of inflation are therefore essential for policymakers, investors, and the general public. However, producing accurate projections has become increasingly challenging since the impact of the COVID-19 pandemic, as structural changes have triggered inflationary pressures not seen in decades (Liu *et al.*, 2024).

However, this situation has not been an impediment for forecasters, as they have been evaluating and incorporating an alternative line of models into their tool base, particularly those rooted in Machine Learning (ML). Unlike conventional econometric models, which often seek to uncover underlying structural relationships, ML models prioritize predictive accuracy and offer notable advantages, including the ability to handle large datasets and capture nonlinear interactions.

Technological advancements have further facilitated the adoption of ML techniques across many disciplines, including economics. The predictive capabilities of these models have been evaluated in different countries with satisfactory results in most cases, even during the volatile pandemic period (*e.g.,* Medeiros *et al.*, 2021; Aras and Lisboa, 2022; Kohlscheen, 2022; Botha *et al.,* 2022; Lenza *et al.,* 2023; Das and Das, 2024; and Liu *et al.,* 2024). While most applications have been carried out in data-rich advanced economies, there is growing interest in extending this methodology to emerging markets, although with mixed empirical outcomes (Garcia *et al.*, 2017; Zahara and Ilmiddaviq, 2020; Rodríguez-Vargas, 2020; Özgür and Akkoç, 2021; Botha *et al.*, 2022; and Ivaşcu, 2023).

In the case of Bolivia, the urgency to develop robust forecasting models has grown in light of the current balance of payments crisis, which has triggered inflationary, reaching levels not observed since the early 1990s. This atypical behavior has been driven by various factors, including the emergence of a parallel exchange rate in a context of high monetary liquidity. Traditional econometric models often struggle to process such changes, given the prevalence of structural breaks and unstable dynamics.

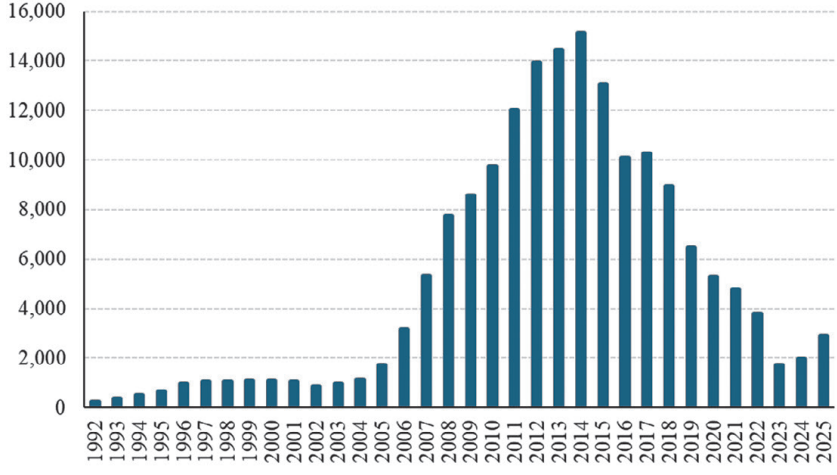
This study seeks to evaluate the predictive performance of several widely used ML models (KNN, Random Forests, XGBoost, and SVR), in comparison with two benchmark econometric models: ARMA (univariate) and VAR (multivariate). The goal is not to identify the definitive forecasting methodology for Bolivia, but rather to take initial steps toward assessing the viability of ML-based approaches within the constraints of a small open economy marked by limited data and high economic instability. The core contribution of this paper lies in evaluating projections under two contrasting macroeconomic conditions: periods of relative stability and episodes of crisis.

The remainder of this paper is organized as follows: Section II provides an overview of Bolivia's current economic context. Subsequently, some of the most important differences between ML models and traditional econometric models are presented, as well as some examples of documents that used these methodologies in inflation projections. Later, the variables used in the study and the selected models are then described. Finally, the main results obtained, and the main conclusions drawn from them are presented.

2. Economic situation in Bolivia

During the 1990s and early 2000s, Bolivia consistently recorded trade deficits, resulting in a low-level of Foreign Reserves. This trend reversed in 2004 when a boom in international commodity prices boosted revenues from gas and mineral exports, giving way to a period of trade surpluses. Public export enterprises, most notably Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos (YPFB), sold their foreign currency earnings to the Central Bank of Bolivia (Banco Central de Bolivia, BCB), leading to an extraordinary accumulation of Foreign Reserves (Figure 1).

Figure 1: Foreign Reserves (in millions of US$ dollars)

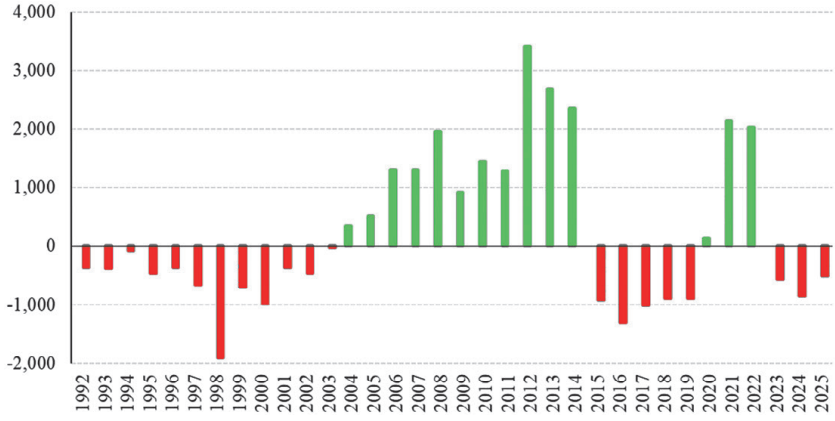


Source: Central Bank of Bolivia.
Note: 2025 data are current up to August.

This era of prosperity ended in 2015, as Bolivia once again entered a cycle of trade deficits (Figure 2). The value and volume of gas and mineral, the main exports, declined due to falling international prices and lower production (lower foreign investment), respectively. While imports continued to rise, both formal and informal[1].

1 Although a trade surplus was recorded between 2020 and 2022, it should be noted that this information does not consider the effects of smuggling.

Figure 2: Balance of trade (in millions of US$ dollars)



Source: National Institute of Statistics of Bolivia.
Note: 2025 data are current up to July.

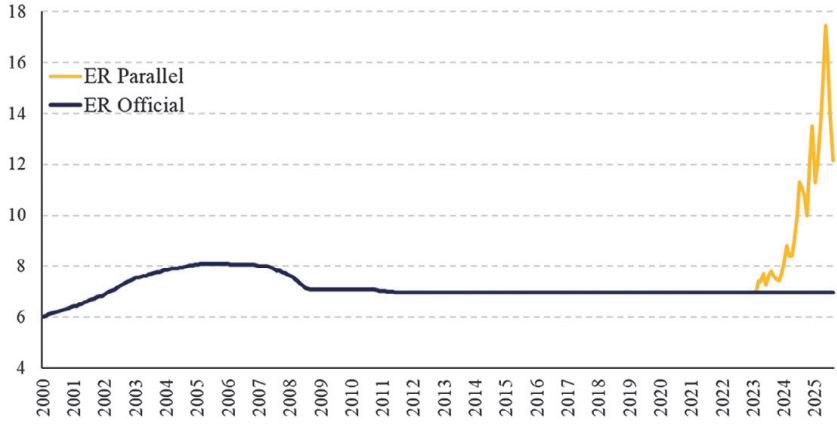
In parallel, government policies such as gasoline subsidies have placed significant pressure on public spending. Specially considering that car ownership increased from 443,888 vehicles in 2003 to 2,583,319 in 2024, a surge of 482%, subsidy-related expenditures ballooned. Additionally, the demand for US$ dollars by the population has grown constantly since 2011, particularly during election periods marked by heightened uncertainty. These factors have contributed to a rapid depletion of Foreign Reserves and signal that the Bolivian economy is heading for a severe Balance of Payments Crisis.

One immediate consequence has been intensifying pressure in the exchange rate market due to a shortage of US dollars. Since the mid-1980s, Bolivia had maintained a crawling-peg exchange rate regime, characterized by minor and pre-announced depreciations. Nevertheless, thanks to the accumulation of foreign currency liquidity, the exchange rate appreciated and later stabilized from 2011 onward. This policy decision contributed to anchoring the population's expectations and mitigating the impact of different external shocks.

However, in early 2023, a parallel exchange rate emerged for the first time since 1985. Despite the official exchange rate remaining fixed at Bs. 6.96 since 2011, limited access to foreign currency, banking restrictions, and increasing economic and political uncertainty

fueled the growth of the parallel market. According to local news sources, the parallel exchange rate was reported to be up to 2 times higher than the official rate in the last months (Figure 3).

Figure 3: Bolivian Exchange Rate (Bolivians per 1 US$ dollar)

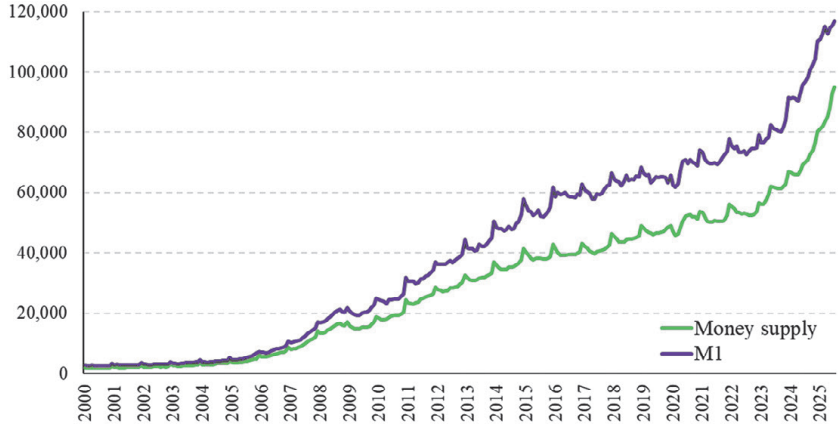


Source: Official Exchange Rate form the Central Bank of Bolivia. The Parallel Exchange rate was built using information reported in different local newspapers since March 2023.

Note: 2025 data are current up to August.

It is important to highlight that the emergence of the parallel exchange rate has taken place within a context of elevated monetary liquidity in the Bolivian economy. Over the past decade, Money supply and Monetary aggregates have exhibited sustained growth. This behavior is largely attributable to the expansionary monetary policy implemented by the Central Bank of Bolivia since late 2014, in response to the end of the favorable external environment and the beginning of economic deceleration. This measure was further intensified since 2020 due to the COVID-19 pandemic and the current economic crisis. Furthermore, fiscal policy has been financed in part through ongoing central bank loans to the government. For example, in 2024 Money supply and the M1 aggregate expanded 20% (Figure 4).

Figure 4: Money supply and Monetary aggregate M1 (in millions of local currency)

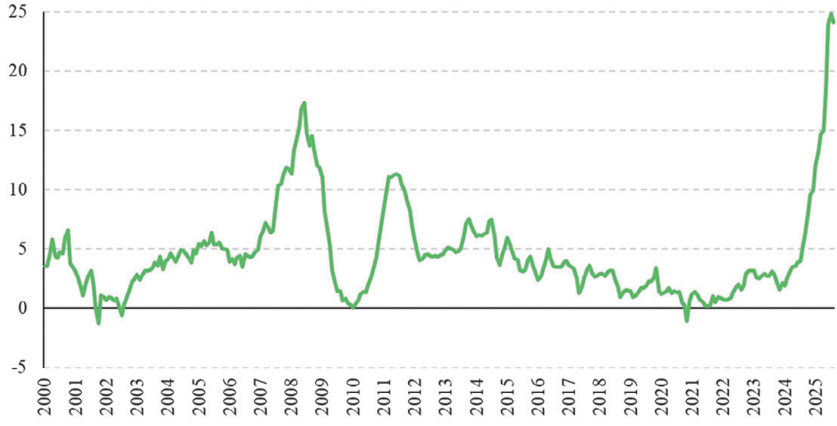


Source: Central Bank of Bolivia.
Note: 2025 data are current up to July.

The rise of the parallel exchange rate significantly increased the cost of imported goods and inputs. This triggered broad-based price adjustments in domestic markets, for food (meat and fats and oils), goods (home appliances and personal care items) and essential services (public transportation), generating significant inflationary pressure. After a long period of declining inflation from 2011 onward, inflation accelerated dramatically in mid-2024, reaching levels unseen in over three decades. As of 2025, Bolivia is experiencing inflationary pressures reminiscent of the early 1990s post-hyperinflation period (Figure 5).

Core inflation and one-year-ahead inflation expectations have also spiked, reflecting the persistent nature of this inflationary trend (Figure 6). Core inflation, a more precise indicator of general and continuous price increases, has reached levels not seen since 1991. Meanwhile, expectations that are one of the main drivers of inflation, and vice versa, are now at levels higher than those observed in 2008. Expectations have risen alongside headline inflation, suggesting the presence of adaptive behavior. This could hinder authorities' ability to control and stabilize inflation.

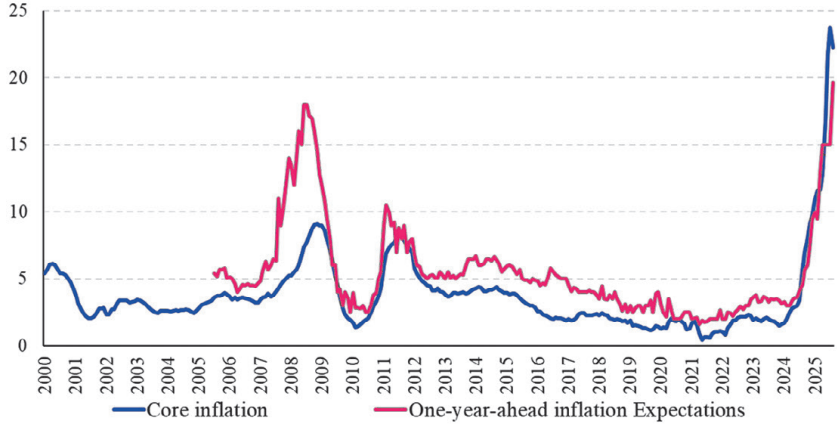
Figure 5: Bolivian Headline Inflation (year-to-year, in percentage)



Source: National Institute of Statistics of Bolivia.

Note: 2025 data are current up to Aug.

Figure 6: Core Inflation and Expectations (year-to-year, in percentage)



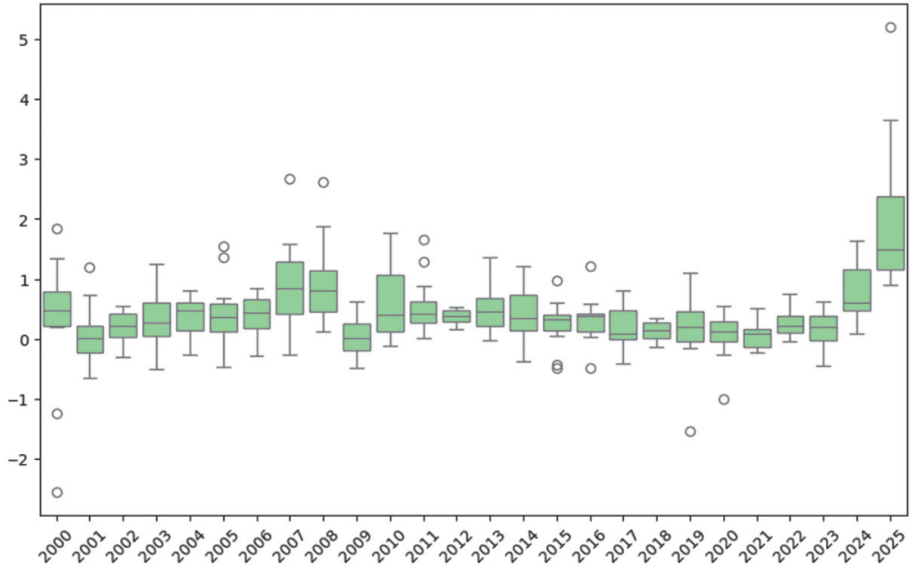
Source: Expectations one year ahead from Central Bank of Bolivia and Core Inflation from Economic Commission for Latin America and the Caribbean (Comisión Económica para América Latina y el Caribe, CEPAL).

Note: 2025 data are current up to Aug.

Therefore, inflation dynamics have shifted markedly since 2024. Inflation throughout the 21st century has been quite moderate; between 2000 and 2023, average monthly inflation remained at 0.33%. Even during the 2007-2008 peak, it only averaged 0.94%. In contrast, between 2024 and Aug 2025, monthly inflation averaged 1.32%, with June 2025 alone

recording 5.21%, a scenario not seen since early 1991. Inflation is not only showing higher rates but has become increasingly volatile (Figure 7).

Figure 7: Monthly Inflation Boxplot Grouped by Year (in percentage)



Source: National Institute of Statistics of Bolivia.
Note: 2025 data are current up to Aug.

These developments pose new challenges for policymakers and forecasters. Traditional econometric models rely on historical data from a low-inflation environment. Moreover, long-standing policies, such as an extended fixed exchange rate regime and widespread subsidies, have weakened the historical linkage between inflation and broader economic variables. However, this situation has changed, and Bolivia must face a new economic reality.

3. Econometrics and machine learning

Although econometric approaches have been extensively studied and documented for their ability to forecast inflation and other macroeconomic variables, the same level of coverage for Machine Learning methodologies does not yet exist. This section offers a concise comparison between traditional econometric models and machine learning techniques, considering their

respective strengths and limitations. It should be noted that this is not intended to provide an exhaustive formal review of these methods; for an in-depth treatment, readers are encouraged to consult the relevant literature cited throughout this work.

Machine Learning (ML), a concept that has attracted significant attention in recent years, is defined in various ways. However, it is widely regarded as a pioneering branch of artificial intelligence (Masini *et al.,* 2023). One of the earliest definitions was proposed by Samuel (1959), who described ML as a field dedicated to enabling computers to learn from experience, thereby reducing the need for explicit programming. More recently, Rodríguez-Vargas (2020) defined ML as the design and implementation of algorithms that enable systems to enhance their performance on a specific task by learning from new data. According to Hall (2018), ML can also be seen as the art of pattern recognition through a data-driven approach, that usually involves two key elements: a learning method, which uses data to identify optimal patterns among input features, and an algorithm that captures and models the relationship between inputs and outputs.

Some of the key differences between traditional econometric models and machine learning techniques are summarized in the following table. For a more detailed discussion, see the works of Breiman (2001a), Athey and Imbens (2019), Rodríguez-Vargas (2020), Silva and Piazza (2022), and Liu *et al.* (2024).

Traditional Econometrics	Machine Learning
▪ Focuses on identifying the true model that generates the data. ▪ Primarily concerned with fitting data to a pre-specified relationship between input and output variables, often grounded in economic theory. Assumes an underlying stochastic process. ▪ Emphasizes interpretability and causal inference-understanding the effect of one variable on another. ▪ Relies on strong assumptions (linearity, homoscedasticity, and others) that simplify interpretation and testing. ▪ Probability density function is crucial for understanding the distribution of random variables. It describes the likelihood of a continuous random variable taking on specific values.	▪ Emphasizes prediction accuracy and method optimization. ▪ The primary aim is to develop algorithms that predict variable values based on information from other variables. ▪ Prioritizes correlation and predictive power over causal interpretation. ▪ Less reliant on assumptions, flexible in capturing nonlinear, complex patterns without specifying a model structure in advance. ▪ A loss function evaluates how well the predicted values match true outcomes, and model parameters are optimized accordingly.

Traditional Econometrics	Machine Learning
▪ Model validation is often taken for granted, supported mainly by theoretical assumptions. Model selection typically revolves around hypothesis testing under the premise of a true underlying model. Emphasis is placed on desirable estimator properties such as unbiasedness, consistency, and efficiency. ▪ The number of explanatory variables is generally limited based on theoretical relevance. ▪ Evaluates performance using statistical inference tools like p-values, t-tests, and confidence intervals. ▪ Common concepts: Estimation, Regressors or explanatory variables, Coefficients, Data point.	▪ Applies out-of-sample cross-validation to improve generalizability and guard against overfitting ▪ Feature selection follows a data-driven approach, allowing ML models to handle high-dimensional datasets when necessary. ▪ Uses performance metrics such as root mean square error (RMSE), accuracy, precision, recall, and F1 score to evaluate model quality. ▪ Common concepts: training, features, weights, example or instance.

Several authors have highlighted the distinct advantages that ML models offer over traditional econometric approaches. According to Bolhuis and Rayner (2020) and Liu *et al.* (2024), some of these advantages include:

1. Traditional econometric models are constrained by their theoretically definition, the model can only be as good as its specification, regardless of what the data may reveal. In contrast, ML models optimize forecasting performance by automatically identifying functional relationships that best fit the input and output data.
2. ML models can handle a large number of input variables, aided by techniques such as regularization and access to extensive training datasets. This enables the modeling of complex, non-linear relationships that traditional models may struggle to capture.
3. Unlike structural or semi-structural economic models, ML models can be rapidly retrained with updated data, allowing them to adapt more effectively to evolving patterns and structural changes in the data-generating process.
4. ML techniques are specifically designed to learn from historical data without assuming long-term stability in the underlying relationships, minimizing the risk of over-extrapolating from outdated historical patterns.
5. ML encompasses both supervised learning (models are trained on labeled data to predict outcomes) and unsupervised learning (detects latent patterns or clusters in data without predefined labels). This broad toolkit enables ML to tackle a wide array of tasks beyond the reach of conventional econometric techniques.

Despite these strengths, a key criticism of ML approaches is their limited interpretability. Many ML models function as "black boxes", emphasizing predictive accuracy at the expense of explanatory clarity. In that sense, ML models often fall short in revealing the drivers behind their forecasts, an area where traditional econometrics still holds an advantage. Nevertheless, as Varian (2014) argues, the increasing availability of large-scale datasets and the growing complexity of economic relationships justify a broader adoption of ML methods within economics. Although this is true for some cases, in many countries, especially in developing economies, one of the main problems is the lack of availability of a large data set necessary to properly train the models (Ivașcu, 2023).

4. Forecasting inflation

Inflation is one of the most critical economic phenomena and has been extensively studied over time. Its importance is particularly marked for central banks, whose primary mandate in many countries is to maintain price stability. However, it is not sufficient merely to understand inflation behavior, policymakers must also anticipate its future trajectory, given that the effects of monetary policy tend to operate with a significant lag. As a result, a wide array of methodologies has been developed to forecast inflation, ranging from simple rules to sophisticated models[2]. Nonetheless, as emphasized by Greene (2003) and Ivașcu (2023), greater model complexity does not necessarily equate to more accurate forecasts.

Forecasting inflation using traditional econometric techniques presents considerable challenges, particularly in current economic environment. First, the assumption of linearity implies that inflation responds to its determinants in a fixed proportional manner, a premise that is increasingly at odds with theoretical insights and empirical findings, which support the non-linear nature of inflation dynamics (Costain *et al.*, 2022; and Lenza *et al.*, 2023). Second, inflation is influenced by a many potential determinants, making it difficult to model all their interactions comprehensively (Koester *et al.*, 2021). Third, it is essential to identify and include only the most relevant variables, as including irrelevant data can degrade model performance (Silva and Piazza, 2022). Fourth, traditional models often rely on low-frequency data (annual, quarterly, or monthly basis) which limits data availability (Silva and Piazza, 2022). Finally, the

2 Following Faust and Wright (2013) and Ivașcu (2023), there must be over 20 distinct approaches that have been employed in this pursuit.

COVID-19 pandemic brought about structural changes in price dynamics that conventional models were not able to capture (Liu *et al.*, 2024).

In this context, it is not surprising that ML methods have become increasingly popular as a forecasting tool due to its ability to handle large databases, exploit non-linear relationships, and prioritize out-of-sample predictive performance. Moreover, the disruption caused by the pandemic and its consequences has further motivated the adoption of ML methods, as these tools are well-suited to capturing shifts in inflation dynamics. Several studies reported encouraging results considering this period using ML models: Medeiros *et al.* (2021), Aras and Lisboa (2022), Kohlscheen (2022), Botha *et al.* (2022), Lenza *et al.* (2023), Das and Das (2024), and Liu *et al.* (2024).

Although the ML literature in macroeconomic forecasting is still less extensive than its econometric counterpart, there is growing evidence of its potential. For instance, in the case of U.S., Nakamura (2005) demonstrated that Neural Networks (NN) outperformed autoregressive (AR) models in forecasting inflation over one- and two-quarter horizons. Medeiros and Mendes (2016), using the Adaptive LASSO (adaLASSO), showed that this model outperformed standard AR and factor models. Medeiros *et al.* (2021) also found that ML models, with a rich set of covariates, delivered more accurate in terms of forecast inflation over a long period of out-of-sample observations, particularly using the Random Forest (RF).

Using data from 20 advanced economies between 2000 and 2021, Kohlscheen (2022) showed that ML models could reliably predict both headline and core inflation using only a limited set of macroeconomic indicators. Similarly, Liu *et al.* (2022) found that ML techniques outperformed vector autoregressions (VAR) in most of the nine major economies they studied. Lenza *et al.* (2023) concluded that Quantile Regression Forests (QRF) offer a valuable complement to the Eurosystem's inflation forecasting toolbox. In the United Kingdom, Joseph *et al.* (2024) used disaggregated Consumer Price Index (CPI) item data, they found that nonlinear models such as RF and NN capture complex item-level patterns that improve aggregate inflation forecasts.

In emerging and developing countries, there is also a growing use of ML algorithms. Baybuza (2018) found that RF and Boosting models performed at least as well as conventional approaches in forecasting inflation in Russia. Zahara and Ilmiddaviq (2020) applied Long

Short-Term Memory (LSTM) networks using 34 variables for CPI prediction in Indonesia and several optimization algorithms, achieving notable accuracy. Özgür and Akkoç (2021) reported that LASSO and elastic net algorithms outperformed conventional econometric methods in Turkey. Botha *et al.* (2022) highlighted ML's competitive performance during South Africa's COVID-19 lockdown period.

Latin America has not been left behind either. In Brazil, Garcia *et al.* (2017) showed that high-dimensional ML models performed well for real-time inflation forecasting in data-rich environments. Rodríguez-Vargas (2020) found that combining ML models improved inflation forecasts in Costa Rica. Araujo and Gaglianone (2023) evaluated 16 models for Brazil and found that some ML algorithms consistently surpassed traditional econometric techniques.

In Bolivia, literature on the subject is even more limited. Although there are some examples, like Bolivar (2024) who proposed a two-step ML strategy: first training algorithms on monthly data, then applying them to forecast weekly inflation, addressing the challenge of high-frequency economic data scarcity. His findings indicated that ML-based models outperformed traditional methods and survey-based forecasts.

Despite these successes, there are some studies that reported poor performance of ML approaches. Makridakis *et al.* (2018) concluded that traditional statistical methods were more reliable than ML algorithms, criticizing other studies due to their results being supported by few, or even a single, time series, without statistical significance or in the absence of robustness tests. Ivașcu (2023), analyzing Romania's inflation using a range of ML methods, found that simpler models like AR often outperformed ML models, particularly in data-scarce environments. He also highlighted the inconsistency in identifying the best ML approach across different studies. Similarly, Liu *et al.* (2024) found that while LASSO models performed well in Japan, tree-based models fared poorly due to the country's long period of inflation stability (that use for training) and lack of a clear nonlinear relationship.

5. Data

One of the key advantages of ML models lies in their capacity to incorporate a large number of features, in contrast to traditional econometric models, which typically rely on a limited

set of relevant variables due to degrees-of-freedom constraints. Following the approach of Rodríguez-Vargas (2020), Araujo and Gaglianone (2023), and Liu *et al.* (2024), this study tried to include a wide array of economic variables with monthly data, with the aim of providing the models with as many information as possible. However, this was not possible by several practical limitations:

1. Not all variables had data coverage as extensive as headline inflation, like inflation expectations,
2. Some potentially relevant indicators, such as Wholesale and Producer Price Indices, Unemployment or Tether for Bolivians (USDT), were published a few years ago,
3. Limited access existed for certain types of data, like public expenditure,
4. Some variables, like investment, lacked monthly data or reliable proxies, and
5. Others, like loans and deposits in the financial system, were affected by structural breaks unrelated to economic dynamics, for example, the closure of Banco Fassil in 2023 temporarily disrupted the recording of this institution's figures until their assets were redistributed across other banks.

Despite these constraints, a deliberate effort was made to select variables reflecting the behavior of the real, monetary, financial, and external sectors of the economy. The selected variables are summarized below:

Table 1
Variables selected

Variable	Category	Source
CPI - Headline inflation	Prices	National Institute of Statistics of Bolivia
Core inflation	Prices	Economic Commission for Latin America and the Caribbean
Bolivia Economic Activity Index - IGAE	Economy	National Institute of Statistics of Bolivia
Imported durable consumer goods	Economy	National Institute of Statistics of Bolivia
Parallel exchange rate	Exchange rate	Constructed using official Central Bank exchange rates and, since March 2023, information reported in different local newspapers.
Real Exchange Rate Index - ITCER	Exchange rate	Central Bank of Bolivia

Variable	Category	Source
Monetary aggregate M1	Money	Central Bank of Bolivia
Reference interest rate - TRe	Financial sector	Central Bank of Bolivia
South America inflation	Exterior	Was constructed based on the inflation rates of the regional countries, except Argentina, Venezuela, and Bolivia, and weighted according to the size of the economy. The data were obtained from the national statistical institutes or central banks of the respective countries.
FAO Food Price Index	Exterior	Food and Agricultural Organization

Source: Own elaboration.

For price dynamics, two alternatives were considered, the Consumer Price Index (CPI) that represent headline inflation and the core inflation. While the CPI captures general price movements and it is the most widely used indicator, core inflation offers a more accurate reflection of persistent price pressures by excluding volatile components.

In the domain of economic activity, the Bolivia Economic Activity Index (IGAE) was selected alongside data on Imported durable consumer goods[3]. To account for external pressures, the FAO International Food Price Index was incorporated, reflecting global commodity trends that. Additionally, inflation rates from neighboring South American countries were considered to capture regional spillover effects and shared vulnerabilities.

Capturing exchange market pressures posed a particular challenge due to Bolivia's dual exchange rate system. There is an official exchange rate determined by the Central Bank and a parallel exchange rate determined by the market. To address this, the parallel exchange rate was constructed using official data up to February 2023, and from March 2023 onward, supplemented with black market rates reported by local newspapers[4]. The Real Exchange Rate Index (ITCER), published by the Central Bank, was also included, despite its reliance on the official nominal rate, as it provides a standardized measure of competitiveness.

3 Durable goods consumption serves as a useful proxy for tracking shifts in aggregate demand, given its sensitivity to consumer expectations and income levels (Caballero, 1991; Gowrisankaran and Rysman, 2012; and McKay and Wieland, 2021). Due to the absence of a national indicator, imported consumer goods were used as a proxy. Measurements were based on weight rather than value to avoid distortions from international price fluctuations.

4 A more detailed explanation can be found in Annex 1.

Regarding monetary conditions, the M1 monetary aggregate was chosen as a proxy for money supply. Given the similar behavior of other aggregates and the monetary base, M1 was considered sufficient to capture liquidity dynamics without redundancy. Finally, to approximate the influence of the financial system, the Reference Interest Rate (TRe) was used. This rate reflects the cost of funds mobilized by financial institutions and serves as a benchmark for lending rates. Other interest rates were excluded due to regulatory distortions that limit their responsiveness to market conditions.

Given data availability, the sample period spans 22 years, from January 2002 to December 2024, yielding a total of 276 monthly observations. In line with standard practices in the ML literature, all features were pre-processed prior to analysis. Specifically, variables were transformed into percentage terms to ensure consistency in scale. Following the methodology of Rodríguez-Vargas (2020) and Liu *et al.* (2024), year-over-year percentage changes were calculated for variables originally expressed in levels[5], except for the TRe, which was already expressed in percentages. This transformation also seeks to make the variables stationary and avoids dealing with seasonality issues. Subsequently, all variables were tested for stationarity using the Phillips-Perron (1988) test[6]. The results indicate that the TRe, core inflation, monetary aggregate M1, and the parallel exchange rate were non-stationary, these variables should not be used in the models.

6. Methodology

A wide range of ML algorithms can be employed to forecast macroeconomic variables such as inflation. The performance of each model, however, is highly dependent on hyperparameter tuning, meaning that even within a single methodological framework, different variants of the same model may yield different results. The aim of this study is not to conduct an exhaustive analysis to identify the optimal forecasting methodology for Bolivia, but rather to take initial steps in assessing the performance of selected ML approaches in the context of a small open economy characterized by limited data availability and ongoing economic instability.

5 The evolution of selected variables is presented in the Annex 2.

6 In the Annex 2, you can find the result from the Phillips–Perron test.

Although advances in computational power have made the implementation of ML algorithms more accessible, the process still incurs costs in terms of model calibration and computational requirements. As noted by Bolhuis and Rayner (2020), some ML algorithms such as RF, Gradient Boosted Trees, and Support Vector Machines (SVM) require minimal parameter tuning and are generally less prone to overfitting. In contrast, models like NN needs large datasets and more complex calibration. Furthermore, methods such as LASSO (Least Absolute Shrinkage and Selection Operator) or Elastic Net can be sensitive to extreme or unexpected changes in predictor variables that were not present during training. This sensitivity makes their performance less reliable in volatile economic contexts, which are common in emerging markets.

Each selected ML model is implemented in both univariate and multivariate forms. In the univariate setting, inflation forecasts are generated using only the lags of the inflation series itself, given the documented inertia in inflation dynamics in emerging economies (Araujo and Gaglianone, 2023). The following lags are included as explanatory variables: 1 lag (1 month ago), 3 lags (1 quarter ago), 6 lags (1 semester ago) and 12 lags (1 year ago). In the multivariate setup, models incorporate the inflation lags as well as additional economic variables and their respective lags (3, 6, and 12 months), resulting in a total of 25 features.

The dataset spans from January 2002 to December 2024 (276 monthly observations) and is divided into a training set (January 2002-December 2023, 264 observations) and a test set (January-December 2024, 12 observations). The year 2024 is particularly relevant due to a notable uptick in inflation during the second half of the year, allowing models to be evaluated under both stable and crisis conditions. Likewise, despite the great advantages that ML models present when making projections, most of the literature has focused on evaluating their predictive capabilities in the short term, commonly considering up to one year as a horizon (Nakamura, 2005; Gabriel *et al.*, 2020; Rodríguez-Vargas, 2020; Ivașcu, 2023; and Liu *et al.*, 2024).

Each modeling approach involves tuning via cross-validation, with hyperparameter configurations selected based on the lowest Root Mean Squared Error (RMSE). Two RMSE values are calculated, one for a 6-month forecast and another for a 12-month forecast. The best-performing ML models are then compared against traditional econometric benchmarks: the ARMA model (univariate) and the VAR model (multivariate).

In addition, two stacked ensemble models were developed to further improve predictive performance. Ensemble stacking combines the forecasts of multiple base learners by training a meta-model that aggregates their predictions, thereby enhancing both accuracy and robustness. In this study, the first ensemble model employs RF as the meta-learner, while the second uses Extreme Gradient Boosting (XGBoost). The base models were configured using the hyperparameters associated with the lowest RMSE in prior tuning rounds. Ensemble models leverage the predictive strengths of individual models while mitigating their weaknesses through model averaging.

Forecasts are generated using a rolling-window framework as in Giacomini and White (2006). With each new data point, the cross-validation window expands while the test window moves forward, allowing the model to incorporate the most recent information and adapt to evolving patterns.

While stationarity is generally desirable, it is not always necessary for all ML methods. Tree-based algorithms, such as RF and Gradient Boosting, can handle dynamic patterns without explicitly assuming stationarity. Nevertheless, non-stationary variables may still impair performance if relationships become unstable over time. Therefore, stationarity remains helpful for both improving accuracy and enhancing interpretability.

Despite concerns over non-stationarity, two additional multivariate models (tree-based algorithms) are estimated, including monetary aggregate M1 and the parallel exchange rate, which are considered crucial for explaining recent inflation dynamics. The M1 aggregate, like the money supply and other aggregates, has shown impressive growth in recent years, driven by expansionary monetary policy since late 2014, which has been boosted in recent years by the current economic crisis.

In the case of the exchange rate, its behavior is even more erratic, since it has been fixed since 2011, helping to anchor expectations and mitigate external shocks. However, the foreign exchange shortage led to the emergence of a black market where a significant high parallel exchange rate was established. Modeling this behavior is a complex challenge, with zero variation for a long period and high volatility in recent months. However, it cannot be ignored, considering that the spike in inflation is largely explained by the rise in imported prices. Therefore, these additional models work with 33 features.

Finally, to strengthen the evaluation of the ML methodologies applied, a complementary analysis was conducted focusing on both model validation and performance assessment. In addition to the RMSE metric used in the main analysis, alternative measures such as Mean Absolute Error (MAE) and Mean Absolute Percentage Error (MAPE) were incorporated to provide a more comprehensive comparison of model accuracy. Furthermore, a rolling window validation strategy was implemented, generating sequential forecasts for the years 2022 and 2023, to assess the consistency of the models over time. The results of this extended evaluation are presented in Annex 3.

The following section provides a concise overview of the ML models used in this study. For readers interested in a deeper technical understanding of these methods, the references cited throughout this paper offer further detail.

6.1. Models selected

6.1.1. K-Nearest Neighbours Algorithm (KNN)

The K-Nearest Neighbours (KNN) algorithm is a simple yet powerful method applicable to both classification and regression tasks. In the context of time series forecasting, KNN identifies historical periods like the most recent data and predicts future values by analyzing how the target variable behaved following those comparable instances. Mack (1981) sets out the theoretical basis of KNN regression, while Yakowitz and Karlsson (1987) explored its application in time series forecasting in greater detail.

In this framework, "K" denotes the number of closest historical observations (the nearest neighbours) used for prediction. Selecting an appropriate value for K is essential, as smaller values can result in low bias but high variance (causing an overfitting problem), increasing sensitivity to noise and outliers. In contrast, larger values generally reduce variance but may introduce greater bias by oversmoothing the signal. Cross-validation is commonly employed to determine the optimal K.

KNN operates by constructing a feature vector comprising the target variable and one or more explanatory variables. It then applies a distance metric (Euclidean, Mahalanobis, Manhattan, among others) to identify the K most similar observations. The forecast is then

generated by aggregating the outcomes that followed those neighbours, either via a simple average or a distance-weighted approach.

KNN is often described as a "lazy" learning algorithm because it does not build an explicit model during the training phase. Instead, it memorizes the training data and relies on it to make predictions. This simplicity makes it one of the most accessible machine learning techniques, especially when model interpretability is important, since it provides transparent and intuitive results. Additionally, as a non-parametric method, KNN imposes no strict assumptions on the data's underlying distribution, making it flexible enough to adapt to shifting patterns or regime changes in economic data.

Nevertheless, the method is not without its drawbacks. Since KNN calculates distances between the input and all training instances at prediction time, it can be computationally expensive and slow for large datasets. Also, KNN is highly sensitive to the scale of features, those with larger scales can dominate the distance calculation, leading to biased results. Feature normalization or standardization is often necessary. Another limitation is the algorithm's performance in high-dimensional spaces, where increasing the number of features may lead to a reduction in the effectiveness of KNN, a phenomenon commonly known as the curse of dimensionality.

Despite being a simple model, it has been used to make inflation projections, although not in all cases with favorable results. For instance, Rodríguez-Vargas (2020) and Jouilil and Iaousse (2023) found that a univariate KNN model showed strong potential for forecasting inflation in Costa Rica and U.S., respectively. Meanwhile, Khashimova and Buranova (2024) observed that Logistic regression had a higher accuracy rate and better performance metrics over KNN in predicting inflation in Uzbekistan.

6.1.2. Random Forests (RF)

The Random Forest (RF) algorithm, introduced by Breiman (2001b), is a nonparametric ML method designed for both classification and regression tasks. It is based on the principle of bagging (bootstrap aggregation) combining a large set of decision trees, specifically Classification and Regression Trees (CART), to improve predictive performance. Each tree is trained on a bootstrap sample of the original dataset and makes independent predictions,

which are aggregated into a final output. For regression tasks, this output is typically the average of all individual tree predictions.

A key strength of RF is the introduction of randomness at two levels: i) each decision tree is trained on a randomly drawn subset of the data (with replacement), and ii) during tree construction, each split is determined using a random subset of predictor variables. This dual-randomization approach reduces the correlation among individual trees and enhances the robustness and generalization of the model. The resulting ensemble typically achieves lower variance compared to a single decision tree, reducing the risk of overfitting. Another advantage of RF is that it provides built-in mechanisms for evaluating the importance of predictors. Feature importance is commonly assessed by measuring the average decrease in impurity (*e.g.,* variance for regression trees) that each variable contributes across all trees in the forest.

Although this method generally requires little parameter tuning, the adjustments on those parameters determine the fitting performance of the final model. There exist several hyperparameters like the number of trees in the ensemble, the maximum depth of each tree, the minimum size of terminal nodes, and the number of predictors randomly selected at each split.

Its ability to generalize well, handle nonlinearity, and quantify variable importance has made it a popular and effective tool in economic forecasting applications. Indeed, it is not surprising that it has been one of the most widely used and most successful models in terms of inflation forecasting: Baybuza (2018), Rodríguez-Vargas (2020), Medeiros *et al.* (2021), Botha *et al.* (2022), Kohlscheen (2022), Araujo and Gaglianone (2023), Lenza et al. (2023), Ivaşcu (2023), Masini *et al.* (2023), Joseph *et al.* (2024), Das and Das (2024), Liu *et al.* (2024), among others.

Despite its strengths, the RF algorithm, like any methodology, also has some limitations. It tends to be less interpretable than individual decision trees and may be computationally intensive, particularly with large datasets or extensive tuning.

6.1.3. Extreme Gradient Boosting (XGBoost)

Extreme Gradient Boosting (XGBoost) is a scalable, efficient, and regularized implementation of the gradient boosting framework, developed by Chen and Guestrin (2016). Boosting

methods build an ensemble of weak learners, typically shallow decision trees, trained sequentially, with each new tree aiming to correct residual errors from the previous ensemble.

In contrast to bagging methods like RF, which build trees independently using bootstrap samples, boosting trains trees adaptively. Each iteration focuses on the data points where the model underperforms. Specifically, gradient boosting minimizes a loss function by computing its gradient and fitting a new learner to approximate this gradient. The process is repeated until a predefined number of trees is reached or until convergence.

XGBoost introduces several key improvements over traditional gradient boosting implementations: i) incorporates two types of regularization techniques to control model complexity and reduce overfitting, L1 (Lasso) and L2 (Ridge); ii) implements tree construction using parallel processing, significantly reducing training time; iii) efficiently handles missing data by learning optimal default directions for sparse inputs; and iv) builds trees in a level-wise manner, enhancing computational speed and accuracy.

This algorithm has become as one of the most popular ML techniques in predictive analytics due to its flexibility, accuracy, and speed. It is particularly effective for modeling non-linear relationships in high-dimensional datasets and is well-suited to forecasting tasks involving economic and financial time series. Applications of XGBoost to the forecasting of macroeconomic variables such as inflation can be found in different cases: Baybuza (2018), Rodríguez-Vargas (2020), Momo *et al.* (2021), Botha *et al.* (2022), Araujo and Gaglianone (2023), Ivaşcu (2023), Liu *et al.* (2024), among others.

However, as with all boosting methods, XGBoost is not without drawbacks. It tends to be more sensitive to hyperparameter settings and outliers and may overfit when the number of boosting rounds is excessive or when regularization is insufficiently tuned. Despite this, its strong predictive performance and adaptability make it a valuable addition to the suite of ML tools for inflation forecasting.

6.1.4. Support Vector Regression (SVR)

The Support Vector Regression (SVR) is an extension of the Support Vector Machine (SVM) framework, originally developed by Boser *et al.* (1992). This algorithm was modified

to address regression problems. SVR combines the principles of margin maximization and kernel-based learning to produce accurate, nonlinear forecasting models.

SVR operates by mapping input data into a high-dimensional feature space using a kernel function and then fitting a linear regression model in that space. It operates with key hyperparameters: i) Epsilon (ε): controls the width of the margin of tolerance around the hyperplane; and ii) Cost parameter (C): balances the trade-off between model complexity and the degree to which deviations beyond ε are tolerated. Choosing appropriate values for these parameters is critical and typically achieved through cross-validation to balance bias and variance effectively.

The goal is to identify a hyperplane that approximates the data within a specified margin of tolerance, denoted by ε. Any data point that falls within this range is considered "close enough" and does not affect the loss function. Meanwhile, points that lie beyond the margin are penalized, these are the deviations that SVR tries to minimize. The optimization procedure minimizes both the norm of the hyperplane (encouraging flatness and generalization) and the penalty for deviations, resulting in a well-posed convex quadratic programming problem.

SVR is particularly well-suited for forecasting in high-dimensional feature spaces, such as those encountered in macroeconomic modeling with numerous indicators. Its strength lies in its capacity to model nonlinear relationships using flexible kernel functions, including linear, polynomial, radial basis function (RBF), and sigmoid kernels, making it adaptable to diverse data structures. The algorithm is also robust to noise and outliers and performs reliably with structured data like time series.

However, it also has some limitations: i) it can be computationally intensive, especially when using nonlinear kernels on large datasets; ii) due to the need to store many support vectors in high-dimensional contexts is memory-demanding; iii) is sensitive to hyperparameters, particularly C and ε, which require careful tuning; iv) choosing the appropriate kernel is critical, as model accuracy depends heavily on its suitability to the problem at hand.

Although less commonly used than other ML methods in the context of inflation forecasting, SVR has been applied in some studies with encouraging results. For instance, Gabriel *et al.* (2020) utilized SVR alongside other ML models to forecast inflation across seven

regions in the Philippines. They found that SVR performed particularly well in 12-month ahead dynamic forecasts. Similarly, Momo *et al.* (2021), using data from Bangladesh, reported that SVR, especially with the RBF kernel, exhibited competitive performance compared to models such as RF, AdaBoost, and XGBoost. Meanwhile, Ivașcu (2023) evaluated the predictive capacity of SVR and five other ML algorithms for Romania's inflation. Although SVR did not perform poorly, it was outpaced by other methodologies in terms of forecast accuracy.

6.1.5. Benchmark Econometric models

Autoregressive Moving Average (ARMA): the ARMA model is one of the most widely used statistical tools for time series forecasting. It combines two components-autoregression (AR), which models the relationship between an observation and a number of its own lagged values, and moving average (MA), which incorporates the dependency between an observation and past forecast errors. ARMA models assume that future values are primarily influenced by recent patterns, making them well-suited for variables like inflation, which tend to exhibit persistence over time.

Vector Autoregression (VAR): VAR is a traditional multivariate forecasting method that generalizes the autoregressive model to accommodate multiple interrelated time series. Each variable in the system is modeled as a linear function of its own past values and the past values of all other variables in the system. This structure allows for the dynamic analysis of interactions among macroeconomic variables, providing a flexible framework for capturing feedback effects and temporal dependencies.

7. Empirical results

As part of the hyperparameter tuning process, a wide range of models were estimated for KNN, RF, XGBoost, and SVR, each evaluated under both univariate and multivariate specifications. The final models selected were those that achieved the lowest RMSE within their respective configurations[7].

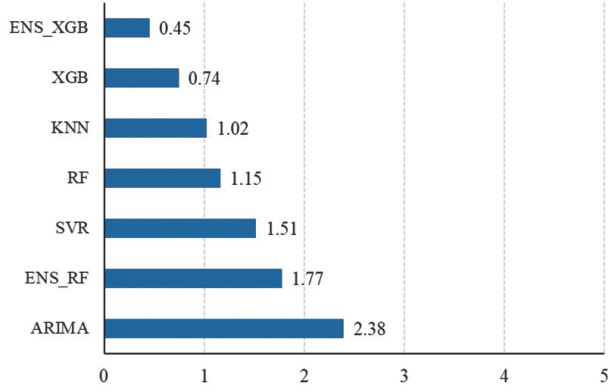
7 A complementary analysis was conducted to enhance the robustness of the ML models, incorporating alternative performance metrics and extended projection periods. These results are presented in Annex 3.

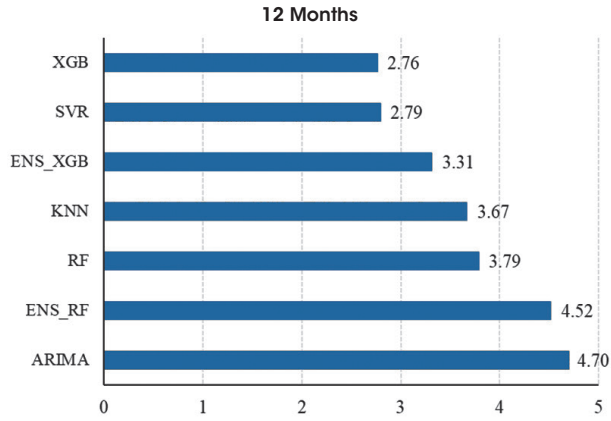
7.1. Univariate models

The results of the univariate models indicate that the ensemble stacking model with XGBoost (ENS_XGB) and the individual XGBoost model (XGB) provide relatively accurate forecasts over a 6-month horizon. In this case, all ML models performed better than the benchmark ARIMA model. However, when extending the forecast horizon to 12 months, performance deteriorates markedly across all models. While the XGB and SVR models offer comparatively better results, overall accuracy is noticeably diminished (Figure 8).

This sharp contrast between both horizons forecasts is not surprising for two main reasons. First, the literature has found that univariate models generally outperform or at least match more sophisticated models only in short-term projections (D'Amato *et al.,* 2018). Because they fail to account for the dynamic interrelationships among macroeconomic variables, univariate approaches are limited in their ability to capture structural shifts in inflation dynamics (Figure 9). Second, the 12-month test period coincides with a phase of rapidly rising inflation. The models, trained primarily on a period of low and stable inflation, are unable to extrapolate dynamics they have not previously encountered.

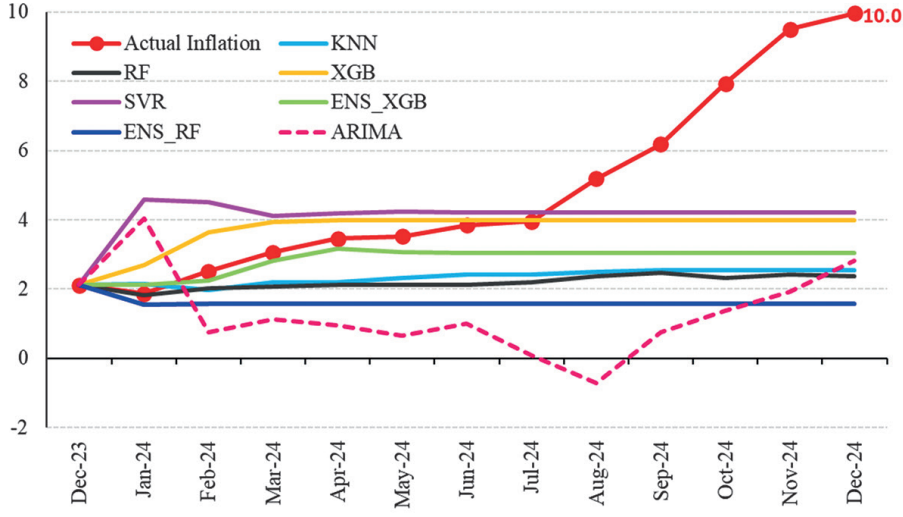
Figure 8: Univariate Models RMSE
6 Months





Source: Own elaboration.

Figure 9: Actual headline inflation and Univariate models inflation forecasts (year-to-year, in percentage)



Source: Own elaboration.

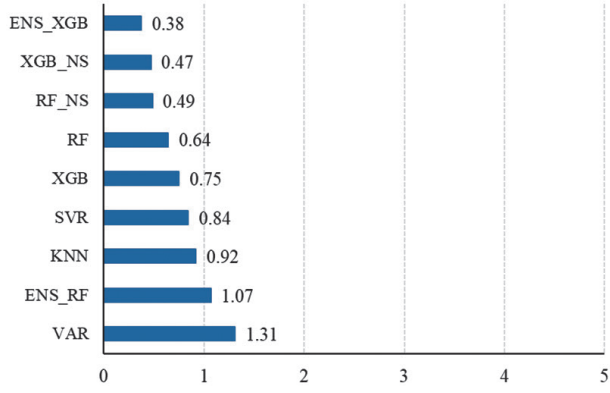
Given the current macroeconomic context, univariate models appear inadequate for forward-looking inflation projections. The data used to train these models largely reflect a long period of price stability that contrasts sharply with present conditions. An out-of-sample forecast exercise was conducted until the end of 2025 using the best-performing univariate

ML models (ENS_XGB and XGB), trained on data from January 2002 through June 2025. The results were unsatisfactory; the models interpreted the recent inflation spike as transitory and projected a rapid decline throughout the remainder of the year.

7.2. Multivariate models

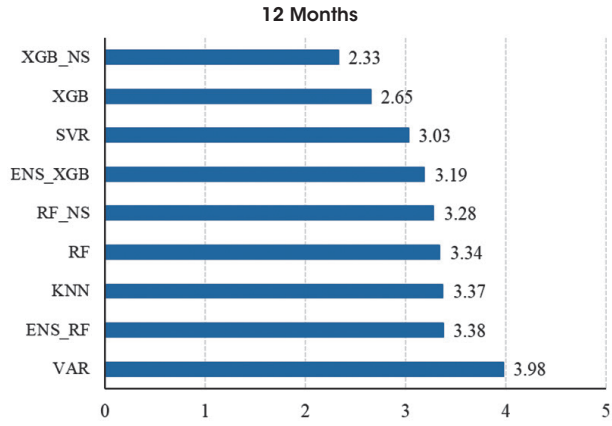
In the case of multivariate models, the results show a notable improvement across both forecast horizons when compared to univariate models, emphasizing the importance of incorporating broader macroeconomic information in inflation projections. Among all models, the benchmark VAR model produced the highest RMSE at both horizons[8]. At the 6-month horizon, the ENS_XGB model delivered the most accurate projections, followed closely by the XGB_NS and RF_NS models (both include the parallel exchange rate and the M1 monetary aggregate[9]). At the 12-month horizon, performance generally declined, although the XGB_NS and XGB models show better results (Figure 10).

Figure 10: Multivariate Models RMSE
6 Months



8 It is worth noting that the VAR specification was constrained to include only six stationary variables and two lags to preserve model stability and ensure a sufficient degree of fit. Although VAR models are versatile tools for capturing interdependencies, their practical application is often limited by the number of variables they can incorporate.

9 However, since these features were found to be non-stationary, their results should be viewed with caution and not as entirely robust.



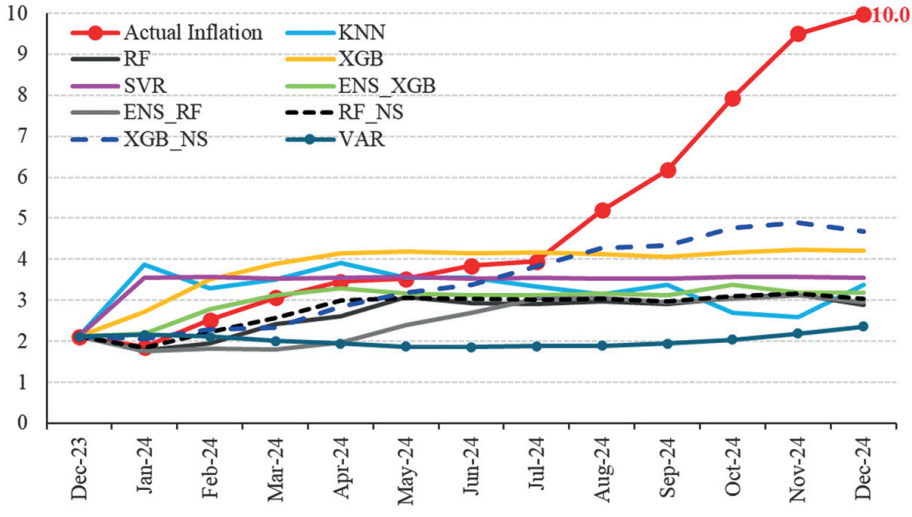
Source: Own elaboration.

Despite the overall improvement in predictive accuracy, multivariate models were also unable to anticipate the inflationary surge observed in 2024. As with univariate models, this limitation is largely attributable to the fact that training was conducted over an extended period of low and stable inflation. Although the inclusion of additional macroeconomic variables, such as the parallel exchange rate and the M1 monetary aggregate, enhanced model responsiveness to some extent, the gains were modest (Figure 11).

This outcome is not entirely unexpected. For many years, inflation in Bolivia has been structurally decoupled from broader economic dynamics due to the implementation of various policy instruments, like fixed exchange rate, subsidies on gasoline and basic food items, price controls, and export restrictions. These interventions have significantly distorted price formation mechanisms and weakened the traditional link between inflation and its traditional drivers.

Variable importance scores from the RF and XGB models offer a quantitative perspective on this disconnection (Table 2). Across all models, the first lag of inflation consistently emerged as the most influential predictor, underscoring the high degree of persistence in Bolivia's inflation dynamics. Other features registered substantially lower importance scores, suggesting that while they may carry some explanatory power, their contribution to the model's predictive capacity is limited.

Figure 11: Actual headline inflation and Multivariate models inflation forecasts (year-to-year, in percentage)



Source: Own elaboration.

The most relevant variables were the FAO International Food Price Index and inflation in South American countries (both external factors), imported durable consumer goods (a proxy for demand-side pressures), and the M1 monetary aggregate (representing money supply). The parallel exchange rate, by contrast, had minimal impact, something that it is not surprising since it has been fixed for so long, which offers little informational value to the models[10].

Nevertheless, under current conditions, multivariate models appear to be the most suitable approach for forecasting inflation. One of the key advantages of ML models lies in their ability to integrate a wide array of indicators, offering the potential for more accurate and adaptive forecasts. Future work should consider expanding the set of explanatory variables to include proxies for black market exchange pressures (like USDT), public spending, the economic effects of social unrest such as blockades or strikes, among others.

An attempt was made to forecast inflation through the end of 2025 using the best multivariate ML models. However, this was not possible for two primary reasons: i) updated data were unavailable for several critical variables (some only have data through 2024); and

10 In Annex 4 you can find the outcomes for 2022 and 2023 predictions.

ii) ML models typically require predefined input values for all explanatory variables over the forecast horizon, a task that is especially complex during periods of heightened uncertainty[11].

Table 2
Main variable importance scores

RF		XGB	
Variable	**Importance**	**Variable**	**Importance**
Inflation Lag1	0.941	Inflation Lag1	0.790
FAO Lag3	0.013	Imp Cons Lag12	0.034
FAO Lag6	0.006	FAO Lag3	0.022
Rest	0.041	Rest	0.154
RF_NS		**XGB_NS**	
Variable	**Importance**	**Variable**	**Importance**
Inflation Lag1	0.935	Inflation Lag1	0.755
FAO Lag3	0.013	FAO Lag3	0.034
Imp Cons Lag12	0.005	M1 Lag6	0.031
M1 Lag3	0.005	Inf SouthAm Lag3	0.022
Rest	0.043	Rest	0.157

Source: Own elaboration.

8. Conclusions

This study aimed to evaluate the predictive capacity of ML models for a small open economy facing limited data availability and experiencing a severe economic crisis. The focus centered on identifying suitable methodologies for forecasting inflation, a variable that had exhibited prolonged stability but surged significantly starting in the second quarter of 2024, reaching levels not observed since the early 1990s.

To this end, several widely adopted ML algorithms were tested in both univariate and multivariate cases. Overall, the multivariate models produced superior short-term forecast performance, especially when compared to traditional econometric benchmarks selected. In particular, the XGBoost and ensemble models built around an XGBoost base learner demonstrated strong predictive accuracy across both modeling frameworks. However, it

11 In such cases, traditional models like VAR offer an advantage, as they jointly forecast all variables in the system, eliminating the need to manually project inputs.

cannot be concluded that this is definitively the best model. Algorithms such as Random Forest may perform better under more stable economic conditions, highlighting the importance of context in model selection. In general, the inclusion of diverse ML approaches is essential, not only to validate and contrast projections, but also to enhance the robustness and credibility of inflation forecasts in uncertain environments.

Incorporating critical variables such as the parallel exchange rate and the M1 monetary aggregate helped narrow the gap between projected and observed inflation rates. However, since these features were found to be non-stationary, the robustness of the results should be interpreted with caution. Even so, their inclusion underscores one of the core strengths of ML approaches: the ability to integrate a broad and flexible set of features to enhance model performance.

While ML models show promising potential for macroeconomic forecasting, they should not be considered as substitutes for econometric models. Rather, they serve as complementary tools. Econometric approaches, such as VAR models, have important advantages in structural interpretation and joint modeling of variables, especially when enhanced through techniques like Bayesian estimation.

It should be noted that this paper does not attempt an exhaustive comparison of ML and econometric methodologies. Instead, it offers preliminary insights into their predictive capabilities under contrasting macroeconomic conditions, periods of stability and crisis. Future research should expand this analysis to include alternative forecasting approaches, and more sophisticated ML and econometric techniques. The quality of projections will ultimately depend on the volume and granularity of available data, feature selection and transformation, and rigorous hyperparameter tuning.

Given Bolivia's growing economic uncertainty, the development of hybrid forecasting frameworks that draw on both ML and econometric insights will be critical. Expanding the pool of explanatory variables to include indicators related to informal exchange markets, public expenditure, and others may further improve inflation forecasts and support more informed decision-making.

Fecha de recepción: 8 de julio de 2025
Fecha de aceptación: 4 de octubre de 2025

References

1. Aras, S., & Lisboa, P.J. (2022). Explainable inflation forecasts by machine learning models. *Expert Systems with Applications*, 207, 117982. 10.1016/j.eswa.2022.117982.
2. Araujo, G.S., & Gaglianone, W.P. (2023). *Machine learning methods for inflation forecasting in Brazil: New contenders versus classical models.* Working Papers Series N° 561, Central Bank of Brazil, Research Department.
3. Athey, S., & Imbens, G.W. (2019). Machine Learning Methods Economists Should Know About. *Annual Review of Economics,* 11, 685-725.
4. Baybuza, I. (2018). Inflation Forecasting Using Machine Learning Methods. *Russian Journal of Money and Finance*, 77(4), 42-59.
5. Bolhuis, M.A., & Rayner, B. (2020). Deus ex Machina? A Framework for Macro Forecasting with Machine Learning. IMF Working Papers N° 045, International Monetary Fund.
6. Bolivar, O. (2024). Weekly Inflation Forecasting: A Two-Step Machine Learning Methodology. SSRN, https://ssrn.com/abstract=5001681
7. Botha, B., Burger, R., Kotzé, K., Rankin, N., & Steenkamp, D. (2022). Big data forecasting of South African inflation. *Empirical Economics,* 65, 149-188
8. Boser, B.E., Guyon, I.M., & Vapnik, V.N. (1992). A training algorithm for optimal margin classifiers. *Proceedings of the fifth annual workshop on Computational learning theory* (pp. 144-152).
9. Breiman, L. (2001a). Statistical Modeling: The Two Cultures. *Statistical Science*, 16(3), 199-215.
10. ---------- (2001b). Random Forests. *Machine Learning*, 45, 5-32.
11. Caballero, R.J. (1991). *Durable Goods: An Explanation for Their Slow Adjustment.* NBER Working Papers N° 3748, National Bureau of Economic Research, Inc.
12. Chen, T., & Guestrin. C. (2016): *XGBoost: A Scalable Tree Boosting System.* Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining, San Francisco California USA: ACM, 785-94.
13. Costain, J., Nakov, A., & Petit, B. (2022). Flattening of the Phillips Curve with State-Dependent Prices and Wages. *The Economic Journal,* 132(642), 546-581.

14. Das, P.K., & Das, P.K. (2024). Forecasting and analyzing predictors of inflation rate: Using machine learning approach. *Journal of Quantitative Economics*, 22(2), 493-517.

15. D'Amato, L., Garegnani, L., Libonatti, L., Gómez Aguirre, M., & Krysa, A. (2018). *Forecasting Inflation in Argentina: A Comparison of Different Models.* Economic Research Working Papers N° 81.

16. Faust, J., & Wright, J. (2013). Forecasting Inflation. In G. Elliott and A. Timmermann (eds.), *Handbook of Economic Forecasting*, Amsterdam: Elsevier.

17. Gabriel, V., Bautista, D., & Mapa, C. (2020). *Forecasting regional inflation in the Philippines using machine learning techniques: A new approach.* Working Paper N° 10, Bangko Sentral ng Pilipinas.

18. Garcia, M.G.P., Medeiros M.C., & Vasconcelos, G.F.R. (2017). Real-time inflation forecasting with high-dimensional models: The case of Brazil. *International Journal of Forecasting*, 33(3), 679-93.

19. Giacomini, R., & White, H. (2006). Tests of Conditional Predictive Ability. *Econometrica*, 74(6), 1545-78.

20. Gowrisankaran, G., & Rysman, M. (2012). Dynamics of Consumer Demand for New Durable Goods. *Journal of Political Economy*, 120(6), 1173-1219.

21. Greene, W.H. (2003). *Econometric Analysis.* United States: Prentice Hall.

22. Hall, A.S. (2018). Machine Learning Approaches to Macroeconomic Forecasting. *Economic Review*, Federal Reserve Bank of Kansas City, QIV, 63-81.

23. Ivaşcu, C., (2023). Can Machine Learning Models Predict Inflation? Proceedings of the International Conference on Business Excellence, *Sciendo*, 17(1), 1748-1756.

24. Joseph, A., Potjagailo, G., Chakraborty, C., & Kapetanios, G. (2024). Forecasting UK inflation bottom up. *International Journal of Forecasting*, 40(4), 1521-1538.

25. Jouilil, Y., & Iaousse, M. (2023). Comparing the Accuracy of Classical and Machine Learning Methods in Time Series Forecasting: A Case Study of USA Inflation. *Statistics, Optimization & Information Computing*, 11(4), 1041-1050. https://doi.org/10.19139/soic-2310-5070-1767

26. Khashimova, N., & Buranova, M. (2024). *Comparative Analysis of Machine Learning Algorithms for Inflation Rate Classification and Economic Trend Forecasting. ICFNDS '23*:

Proceedings of the 7th International Conference on Future Networks and Distributed Systems, 274-282.

27. Koester, G., Lis, E., Nickel, C., Osbat, C., & Smets, F. (2021), *Understanding low inflation in the euro area from 2013 to 2019: cyclical and structural drivers*. Occasional Paper Series, N° 280, ECB.

28. Kohlscheen, E. (2022). *What does machine learning say about the drivers of inflation*? BIS Working Paper N° 980.

29. Lenza, M., Moutachaker, I., & Paredes, J., (2023). Forecasting euro area inflation with machine-learning models. *Research Bulletin N°*112, European Central Bank.

30. Liu, Y., Yang, D., & Zhao Y. (2022): Housing Boom and Headline Inflation: Insights from Machine Learning. IMF Working Papers N° 151, International Monetary Fund.

31. Liu, Y., Pan, R., & Xu, R., (2024). *Mending the Crystal Ball: Enhanced Inflation Forecasts with Machine Learning*. IMF Working Papers N° 206. https://doi.org/10.5089/9798400285387.001

32. Mack, Y.P. (1981). Local properties of k-NN regression estimates'. *SIAM Journal of Algebraic and Discrete Methods*, 2(3), 311-323.

33. Makridakis, S., Spiliotis, E., & Assimakopoulos, V. (2018). Statistical and Machine Learning forecasting methods: Concerns and ways forward. *PLOS ONE, Public Library of Science*, 13(3), 1-26.

34. Masini, R.P., Medeiros, M.C., & Mendes, E.F. (2023). Machine learning advances for time series forecasting. *Journal of Economic Surveys,* 37(1), 76-111.

35. McKay, A. and Wieland, J.F. (2021). *Lumpy Durable Consumption Demand and the Limited Ammunition of Monetary Policy.* Staff Report 622, Federal Reserve Bank of Minneapolis.

36. Medeiros, M.C., & Mendes, E.F. (2016). ℓ1-regularization of high-dimensional time-series models with non-Gaussian and heteroskedastic errors. *Journal of Econometrics*, 191(1), 255-271.

37. Medeiros, M.C., Vasconcelos, G.F.R., Veiga, Á., & Zilberman, E., (2021). Forecasting inflation in a data-rich environment: the benefits of machine learning methods. *Journal of Business & Economic Statistics*, 39(1), 98-119.

38. Momo, S., Riajuliislam, M., & Hafiz, R. (2021). Forecasting of Inflation Rate Contingent on Consumer Price Index: Machine Learning Approach. In Intelligent Computing and Innovation on Data Science (pp.137-144). 10.1007/978-981-16-3153-5_17.

39. Nakamura, E. (2005). Inflation Forecasting Using a Neural Network. *Economics Letters,* 86(3), 373-378.

40. Phillips, P., & Perron, P. (1988). Testing for a unit root in time series regression. *Biometrika,* 75(2), 335-346. https://doi.org/10.1093/biomet/75.2.335

41. Özgür, Ö., & Akkoç, U. (2021). Inflation forecasting in an emerging economy: selecting variables with machine learning algorithms. *International Journal of Emerging Markets,* 17(8), 1889-1908.

42. Rodríguez-Vargas, A. (2020). Forecasting Costa Rican inflation with machine learning methods. *Latin American Journal of Central Banking (previously Monetaria).* 1(1), 1-4.

43. Samuel, A. (1959). Some studies in machine learning using the game of checkers. *IBM Journal of Research and Development,* 3(3), 210-229.

44. Silva, G., & Piazza, W. (2022). *Machine Learning Methods for Inflation Forecasting in Brazil: new contenders versus classical models*. Working Papers Series 561, Central Bank of Brazil, Research Department.

45. Yakowitz, S., & Karlsson, M. (1987). Nearest neighbour methods for time series, with application to rainfall/runoff prediction. In Macneill, J.B. y Umphrey, G.J. (eds.), *Stochastic Hydrology*, D. Reidel Publishing Co. (pp. 149-160).

46. Varian, H.R. (2014). Big Data: New Tricks for Econometrics. *Journal of Economic Perspectives,* 28(2), 3-28.

47. Zahara, S., & Ilmiddaviq, M.B. (2020). Consumer price index prediction using Long Short Term Memory (LSTM) based cloud computing. *Journal of Physics: Conference Series,* 1456(1), 012022.

Annexes

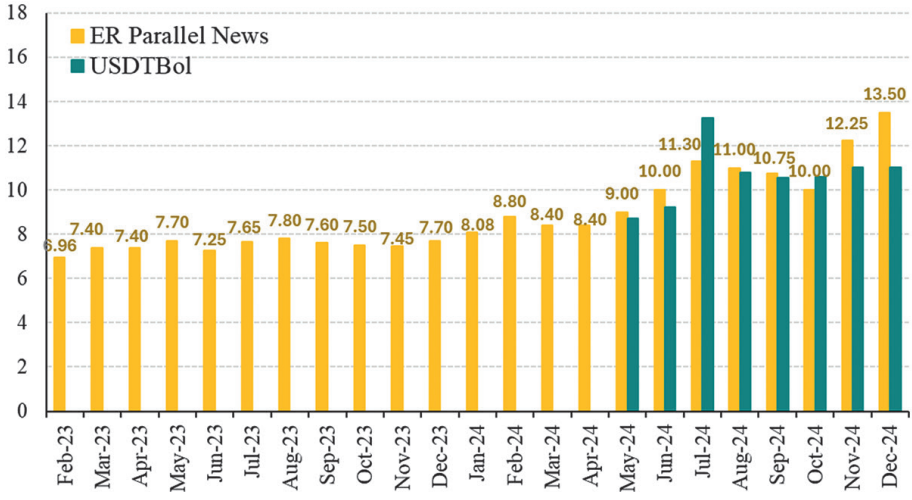
Annex 1

Employing Bolivia's nominal exchange rate presents a considerable challenge due to its evolution over time and the structural shifts it reflects. During the 1990s and early 2000s, it showed a sustained depreciation aimed at preserving the country's trade competitiveness. Between 2005 and 2011, however, the exchange rate appreciated as a policy response to external inflationary pressures, supported by an exceptional accumulation of Foreign Reserves. Since then, the rate has remained fixed, serving as a cornerstone of Bolivia's macroeconomic stability strategy by anchoring the expectations of economic agents. Nevertheless, the recent scarcity of foreign currency has given rise to a black market, where a parallel exchange rate has emerged. This rate became particularly visible beginning in March 2023.

Obtaining reliable data on the parallel exchange rate is complicated due to its informal nature. Initially, local newspapers began publishing estimates based on information gathered from exchange houses and informal traders. As the foreign currency shortage intensified, cryptocurrency platforms gained popularity as alternative channels for quotidian transfers. In particular, Tether (USDT), a stablecoin pegged 1:1 to the U.S. dollar, has recently become the benchmark for the parallel exchange rate. Currently, newspapers regularly report USDT prices as a proxy for the black market rate.

Unfortunately, a sufficiently long time series for USDT prices in Bolivia (USDTBol) was not available for inclusion in this study. Instead, the parallel exchange rate used here was constructed from newspaper-reported values. This indicator exhibits a significant degree of similarity with USDTBol (Figure A1), as evidenced by a cross-correlation coefficient of 0.6. Therefore, while the constructed indicator captures adequately black market exchange rate dynamics, future research should consider using USDTBol as a more robust and transparent alternative.

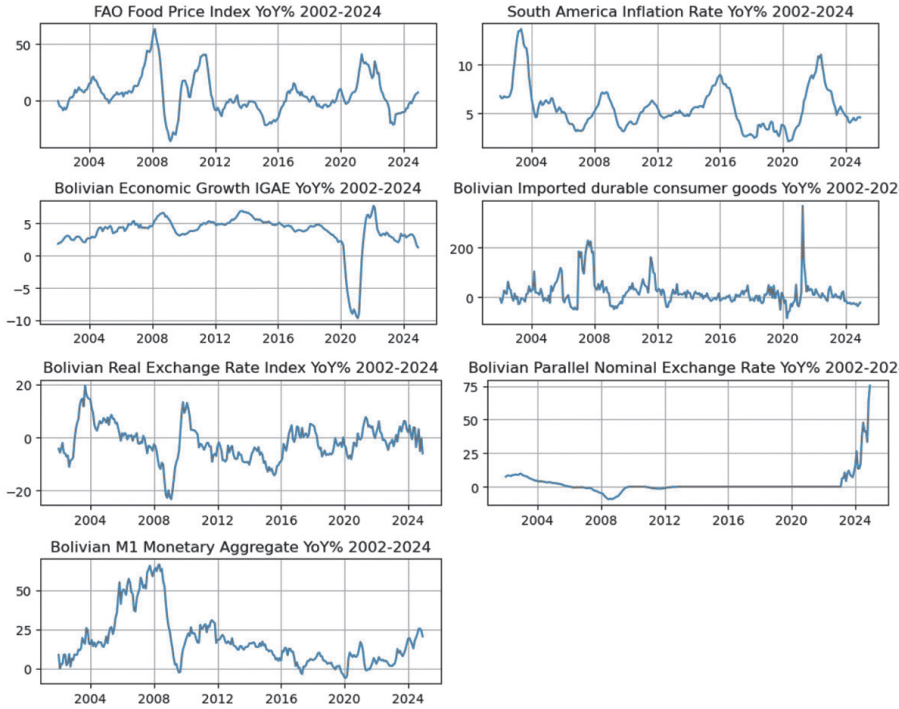
Figure A1: Parallel Bolivian Exchange Rate (Bolivians per 1 US$ dollar)



Source: The Parallel Exchange rate was built using information reported in different local newspapers since March 2023. USDTBol: https://usdtbol.com/

Annex 2

Figure A2: Evolution of selected variables (year-to-year, in percentage)



Source: National Institute of Statistics of South America countries, Central Bank of Bolivia, Food and Agricultural Organization, local news (parallel exchange rate).

Table A1
Phillips-Perron Unit Root test Results

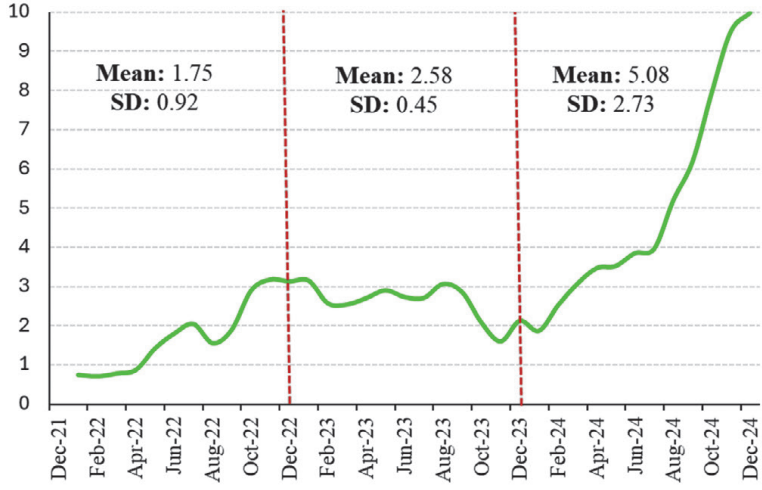
Variable	P-value
Headline inflation	0.0620
Core inflation	0.1652
Economic Growth IGAE	0.0163
Imported durable consumer goods	0.0000
Parallel exchange rate	1.0000
ITCER	0.0047
M1	0.2971
TRe	0.2461
South America inflation	0.0362
FAO Food Price Index	0.0067

Source: Own elaboration.

Annex 3

To evaluate the temporal consistency of the ML models performance, projections were generated for the years 2022, 2023, and 2024. While these periods correspond to the most recent years, each is characterized by distinct macroeconomic contexts (Figure A3). In 2022, inflation started from a relatively low level, and began to rise, although without representing a macroeconomic risk. In 2023, was marked by greater price stability and reduced volatility. In contrast, in 2024 inflation experienced a sharp and erratic rebound, exhibiting dynamics not observed in nearly three decades. This diversity of contexts provides a meaningful framework for assessing the robustness and adaptability of the models across varying economic environments.

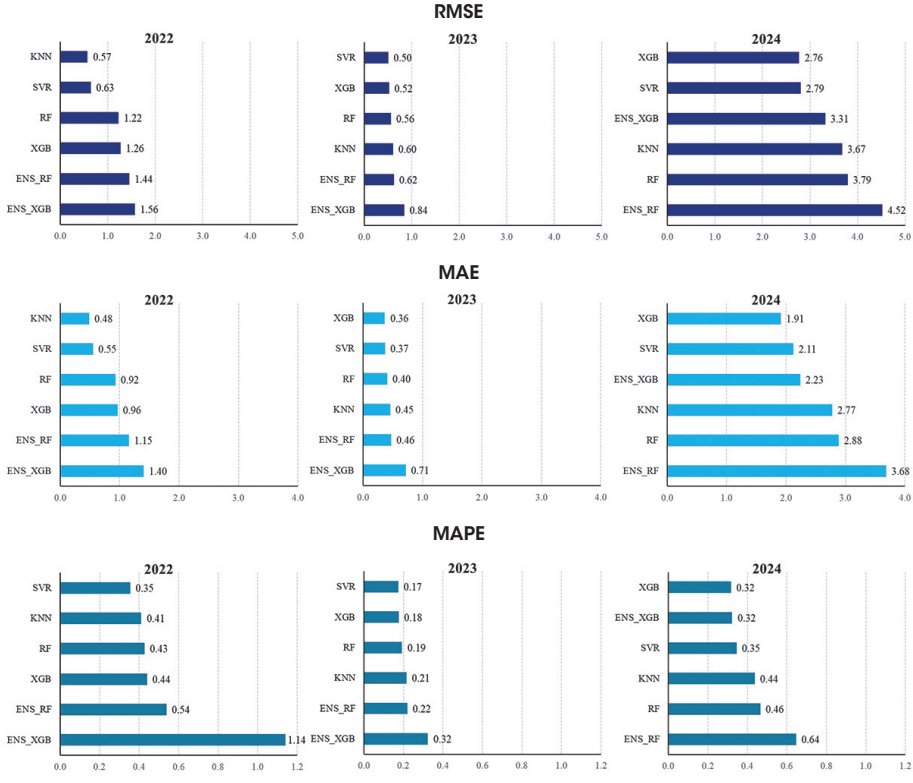
Figure A3: Bolivian Headline Inflation between 2022 and 2024 (year-to-year, in percentage)



Source: National Institute of Statistics of Bolivia.

In the case of univariate models, the XGB and SVR methodologies consistently demonstrate superior performance across the different testing periods, as evidenced by their lower RMSE, MAE, and MAPE values (Figure A4). These models produce particularly accurate projections for 2022 and 2023, years in which inflation exhibited relatively stable and controlled dynamics. This suggests that univariate models may be well-suited for short-term forecasting, especially under conditions of macroeconomic stability.

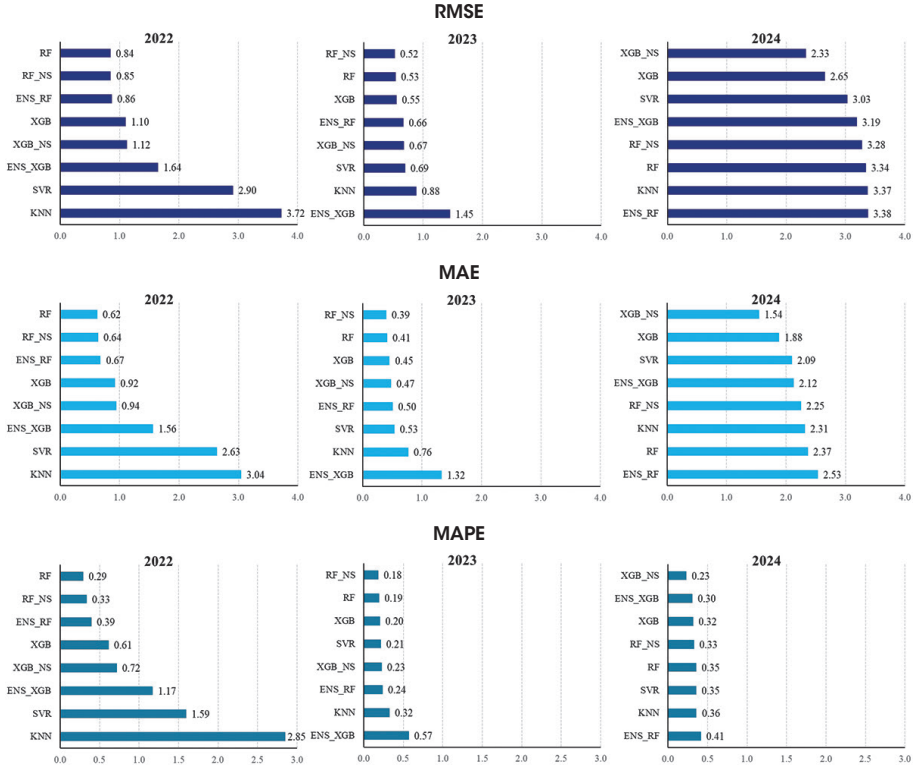
Figure A4: Univariate models evaluation



Source: Own elaboration.

Multivariate models, on the other hand, generally outperform their univariate counterparts across all evaluation metrics and projection periods (Figure A5). This reinforces the importance of incorporating relevant macroeconomic variables to enhance predictive accuracy. Their improved performance in 2022 and 2023 further supports their applicability in macroeconomic forecasting, particularly when the underlying economic environment is well-behaved. However, when examining individual model performance, results are more heterogeneous. No single methodology consistently dominates across all periods. Overall, XGB tends to produce the most reliable outcomes, while KNN exhibits the poorest performance.

Figure A5: Multivariate models evaluation



Source: Own elaboration.

A separate analysis should be done for the Random Forest (RF) methodology. RF performs exceptionally well in both univariate and multivariate configurations during 2022 and 2023, but its accuracy deteriorates significantly in 2024. Despite its widespread use and strong track record in various studies (*e.g.*, Medeiros *et al.*, 2021; Araujo and Gaglianone, 2023; and Botha *et al.*, 2023), its limitations become apparent under more volatile conditions. As Liu *et al.* (2024) note, nonlinear models like RF tend to reduce bias but at the cost of increased variance. This trade-off can lead to overfitting, limiting the model's ability to generalize to unseen data. Indeed, Liu *et al.* (2024) found that RF performed poorly in Japan because inflation was very stable in most of the training dataset, failing to adapt effectively to a subsequent period of higher inflation. A similar dynamic may explain its underperformance in Bolivia's 2024 inflationary rebound.

Annex 4

Table A2
Main variable importance scores per year

Random Forest (RF)					
2022		**2023**		**2024**	
Variable	**Importance**	**Variable**	**Importance**	**Variable**	**Importance**
Inflation Lag1	0.94	Inflation Lag1	0.941	Inflation Lag1	0.941
FAO Lag3	0.015	FAO Lag3	0.013	FAO Lag3	0.013
Imp Cons Lag12	0.006	FAO Lag6	0.006	FAO Lag6	0.006
Rest	0.039	Rest	0.041	Rest	0.041
XGBoost (XGB)					
2022		**2023**		**2024**	
Variable	**Importance**	**Variable**	**Importance**	**Variable**	**Importance**
Inflation Lag1	0.802	Inflation Lag1	0.853	Inflation Lag1	0.79
Inf SouthAm Lag3	0.031	FAO Lag3	0.033	Imp Cons Lag12	0.034
Imp Cons Lag12	0.026	Inf SouthAm Lag3	0.018	FAO Lag3	0.022
Rest	0.141	Rest	0.096	Rest	0.154
Random Forest with Non Stationary Variables (RF_NS)					
2022		**2023**		**2024**	
Variable	**Importance**	**Variable**	**Importance**	**Variable**	**Importance**
Inflation Lag1	0.934	Inflation Lag1	0.933	Inflation Lag1	0.935
FAO Lag3	0.012	FAO Lag3	0.01	FAO Lag3	0.013
M1 Lag3	0.006	M1 Lag6	0.006	Imp Cons Lag12	0.005
M1	0.005	FAO Lag6	0.006	M1 Lag3	0.005
Rest	0.044	Rest	0.046	Rest	0.043
XGBoost with Non Stationary Variables (XGB_NS)					
2022		**2023**		**2024**	
Variable	**Importance**	**Variable**	**Importance**	**Variable**	**Importance**
Inflation Lag1	0.755	Inflation Lag1	0.773	Inflation Lag1	0.755
M1 Lag3	0.034	M1 Lag6	0.045	FAO Lag3	0.034
M1 Lag6	0.029	FAO Lag3	0.037	M1 Lag6	0.031
Inf SouthAm Lag3	0.029	M1 Lag3	0.02	Inf SouthAm Lag3	0.022
Rest	0.153	Rest	0.125	Rest	0.157

Source: Own elaboration.

LAJED N° 44 Noviembre 2025 - Abril 2026 109 - 153
ISSN: 2074 - 4706
https://doi.org/10.35319/lajed.202544594

Valoración económica de los servicios ecosistémicos en Bolivia: estimación del aporte de las áreas protegidas y los territorios indígenas

Economic Valuation of Ecosystem Services in Bolivia: Estimating the Contribution of Protected Areas and Indigenous Territories

*Lykke E. Andersen**
*Fabiana Argandoña***
*Diego Calderón****
*Sergio Choque*****
*Álvaro Muñoz******
*Carla Olmos********
*Sebastián Miranda********

* Ph.D. en Economía. Universidad de Aarhus, Dinamarca. Directora Ejecutiva de la Red de Soluciones para el Desarrollo Sostenible (SDSN) en Bolivia.
Contacto: lykkeandersen@upb.edu
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-0219-0090

** Ingeniera ambiental, Universidad Católica Boliviana "San Pablo". Licenciada en Economía. Universidad Mayor de San Andrés. Investigadora y coordinadora del equipo técnico en la Red de Soluciones para el Desarrollo Sostenible (SDSN) Bolivia.
Contacto: fabiana.argandona@sdsnbolivia.org
ORCID: https://orcid.org/0009-0002-1173-6593

*** Ingeniero geógrafo. Universidad Mayor de San Andrés. Investigador de la Red de Soluciones para el Desarrollo Sostenible (SDSN) Bolivia.
Contacto: diego.calderon@sdsnbolivia.org
ORCID: https://orcid.org/0009-0007-2236-0049

**** Ingeniero Geógrafo. Universidad Mayor de San Andrés. Experto en análisis de información geográfica y cuantitativa, así como en la gestión y generación de bases de datos. Conservation Strategy Fund (CSF).
Contacto: sergio.choque@sdsnbolivia.org
ORCID: https://orcid.org/0009-0002-3648-2526

***** Egresado de la carrera de Ingeniería Geográfica. Universidad Mayor de San Andrés. Investigador en el ámbito geográfico de la Red de Soluciones para el Desarrollo Sostenible (SDSN) Bolivia.
Contacto: alvaro.munoz@sdsnbolivia.org
ORCID: https://orcid.org/0009-0004-5766-0939

****** Ingeniera Ambiental. Universidad Mayor de San Andrés. Investigadora en estudios sobre cambio climático y desarrollo sostenible de la Red de Soluciones para el Desarrollo Sostenible (SDSN) Bolivia.
Contacto: carla.olmos@sdsnbolivia.org
ORCID: https://orcid.org/0009-0006-2219-9067

******* Egresado de las carreras de Ingeniería Geográfica y Catastro y Ordenamiento Territorial. Universidad Mayor de San Andrés. Investigador en el área de análisis y procesamiento de información geográfica de la Red de Soluciones para el Desarrollo Sostenible (SDSN) Bolivia.
Contacto: sebastian.miranda@sdsnbolivia.org
ORCID: https://orcid.org/0009-0009-7772-4668

Resumen[********]

Este estudio hace una estimación de los diferentes servicios ecosistémicos brindados por las áreas naturales en todo el territorio de Bolivia. Actualmente, el beneficio que perciben las poblaciones locales se encuentra en el orden de US$ 3,4 mil millones por año, generados principalmente a través de la provisión de agua para consumo y generación de energía, sustento para cultivos, turismo y recreación. Sin embargo, si se incluye valores globales, como secuestro de carbono y protección de biodiversidad, y si se aprovecha de manera sostenible el gran potencial de las áreas naturales, el valor económico total anual potencial se encuentra en el orden de US$ 29 mil millones.

De estos US$ 29 mil millones, aproximadamente el 20% son generados dentro de todas las AP nacionales y el 21% dentro de las AP subnacionales. Si juntamos además los territorios indígenas, estas áreas generan aproximadamente el 56% del valor total. Dado que el secuestro de carbono y la protección de biodiversidad predominan en el valor total, las áreas boscosas son las que más contribuyen. Además, el hecho de que la gran mayoría de los beneficios son globales en vez de locales, significa que el apoyo internacional es clave y necesario para mantener estos servicios en el largo plazo.

Palabras clave: Servicios ecosistémicos; valoración económica; Áreas Protegidas; territorios indígenas; Bolivia.

Abstract

This study estimates the various ecosystem services provided by natural areas in Bolivia. Currently, the benefits received by local populations are around US$ 3.4 billion per year, generated primarily through the provision of water for consumption and energy generation, support for crops, tourism, and recreation. However, if global values, such as carbon sequestration and biodiversity protection, are included, and if the great potential of natural areas is sustainably leveraged, the total potential annual economic value is around US$ 29 billion. Of this US$ 29 billion, approximately 20% is generated within national PAs and

[********] El presente artículo científico constituye una síntesis del estudio realizado por la Red de Soluciones para el Desarrollo Sostenible, SDSN Bolivia, para el World Wildlife Fund (WWF) Bolivia, con el fin valorar el aporte de las áreas naturales al bienestar y los medios de vida de las personas; en particular el aporte de las Áreas Protegidas y los Territorios Indígenas.

21% within subnational PAs. If Indigenous territories are also included, these areas generate approximately 56% of the total value. Since carbon sequestration and biodiversity protection predominate in the total value, forested areas are the largest contributors. Furthermore, the fact that the vast majority of benefits are global rather than local means that international support is key and necessary to maintain these services over the long term.

Keywords: Ecosystem services; economic valuation; Protected Areas; Indigenous Territories; Bolivia.

Clasificación/ Classification JEL: Q20, Q51, Q56, Q57.

1. Introducción

Las áreas naturales poseen un valor intrínseco muy difícil de cuantificar, debido a la complejidad del funcionamiento e interacción entre los elementos que sustentan la vida de sus ecosistemas, incluida la del ser humano (IPBES, 2019). Sin embargo, los esfuerzos de valoración de los servicios ecosistémicos[1] se constituyen en una herramienta útil para visibilizar y brindar datos concretos sobre las contribuciones que éstos realizan al bienestar humano y su rol en el desarrollo.

Las áreas protegidas (AP) son una estrategia de conservación que brinda protección a ciertas áreas naturales para evitar que la intervención humana dañe o transforme estos territorios. Por otro lado, los territorios ocupados por población indígena con una titulación de tierras que les brinda derechos legales sobre estos espacios se constituyen en territorios indígenas. Muchos pueblos indígenas tienden a un manejo sostenible de su territorio de acuerdo a sus creencias y modo de vida, por lo cual también pueden considerarse territorios protegidos de la intervención externa y de transformaciones y daños al territorio natural (FAO y FILAC, 2021). Las áreas protegidas, junto a los Territorios Indígena Originario Campesino (TIOC) representan aproximadamente el 57% del territorio nacional, tomando en cuenta tanto los territorios indígenas titulados como aquellos que se encuentran en demanda.

1 La terminología internacional utiliza el término "servicios ecosistémicos", mientras que la legislación boliviana (Ley 300) reconoce y define legalmente el concepto únicamente de "funciones ambientales".

El objetivo del presente estudio es estimar el valor de los servicios ecosistémicos en Bolivia, distribuir estos valores de manera espacial y, dada la gran extensión y el papel crucial que cumplen las áreas protegidas y los territorios indígenas, destacar el aporte a la provisión de servicios ecosistémicos que provienen de las áreas protegidas y los territorios indígenas originarios campesinos a nivel nacional.

2. Metodología

La metodología tiene dos etapas principales: primero, se estimó el valor económico de los servicios ecosistémicos a nivel nacional; y segundo, se distribuyeron estos valores espacialmente en todo el territorio, de acuerdo con la localización de la provisión de dichos servicios.

En términos generales, la metodología tuvo los siguientes pasos:

1. Seleccionar los servicios ecosistémicos a ser incluidos en el análisis.
2. Calcular el valor económico a nivel nacional para cada servicio ecosistémico.
3. Distribuir este valor en el territorio según variables relevantes.
4. Sumar los mapas de valores de cada servicio ecosistémico para obtener un mapa de valor total de conservación para posteriormente calcular valores para cada una de las regiones de interés.

Paso 1. La selección y clasificación de los servicios ecosistémicos a ser incluidos en el presente estudio tuvo como base la Clasificación Internacional Común de Servicios Ecosistémicos (CICES)[2] (Haines Young y Potschin, 2018). La CICES cuenta con tres categorías principales:

1. **Servicios de provisión**: incluye los productos o bienes tangibles que se obtienen de los ecosistemas de manera sostenible.
2. **Servicios de regulación y mantenimiento**: son los servicios relacionados con los procesos ecosistémicos y su aporte a la regulación del sistema natural.
3. **Servicios culturales**: corresponden a servicios no materiales obtenidos de los ecosistemas, como ser la conexión o relación espiritual, la recreación y el disfrute estético.

2 https://cices.eu/resources/

A partir de la CICES (Common International Classification of Ecosystem Services - CICES V.5.1) el presente estudio toma en cuenta para el análisis cuantitativo 14 clases agrupadas en 10 servicios.

Paso 2. Una vez seleccionados, se calculan los valores económicos para cada servicio. El método de valoración económica depende del servicio a ser valorado y de los datos disponibles; a partir de ello, se definió un método específico para cada servicio.

La medición del valor de algunos servicios tiene un claro proceso ampliamente aceptado, por ejemplo, los servicios de provisión que implican productos tangibles y cuentan con un valor de mercado. Por otro lado, para algunos servicios es más difícil aseverar que un método u otro resulta en un valor definitivo; éste es el caso de los servicios intangibles, de regulación y culturales, para los que se utiliza la valoración contingente (disponibilidad a pagar), transferencia de beneficios y otros. El cálculo de valor de cada servicio se explica en la siguiente sección, dado que cada uno requiere datos y cálculos diferentes; sin embargo, en esta sección se explica el tipo de valor calculado, las unidades de medida y lo que representan.

A partir del planteamiento metodológico, se ha establecido estimar dos valores para cada uno de los servicios ecosistémicos: el Beneficio Local Anual Actual (BLAA) y el Valor Económico Total Anual Potencial (VETAP). Se plantea calcular un valor anual para facilitar la comparación con otros flujos económicos. El BLAA y el VETAP se definen de la siguiente manera:

Beneficio Local Anual Actual (BLAA): representa el valor determinado para los beneficios anuales que la población local actualmente recibe de los servicios ecosistémicos de las áreas naturales.

Valor Económico Total Anual Potencial (VETAP): representa la suma del valor de todos los servicios que las áreas naturales pueden generar de manera sostenible cada año. No se incluyen sobreexplotación de los recursos ni productos no renovables (como minerales e hidrocarburos), porque por definición no son sostenibles.

Para poder comparar y sumar los valores, todos los diferentes tipos de servicio se miden en la misma unidad: US$/ha/año, y todos los valores monetarios son medidos en dólares americanos de 2024.

Cuadro 1
Servicios ecosistémicos y su clasificación CICES V5.1

Tipo de servicio	Clase CICES V5.1	Servicio ecosistémico	Código CICES V5.1
Servicios de provisión	Fibras y otros materiales procedentes de plantas silvestres para uso directo o procesamiento	Producción de madera y leña	1.1.5.2. / 1.1.5.3.
	Plantas silvestres utilizadas como fuente de energía.		
	Plantas silvestres utilizadas para nutrición	Producción de frutos del bosque	1.1.5.1.
	Animales silvestres utilizados con fines nutricionales.	Pesca	1.1.6.1.
	Agua superficial para beber	Provisión de agua	4.2.1.1.
	Agua superficial utilizada como fuente de energía	Provisión de energía hidroeléctrica de agua fluyente	4.2.1.3.
	Provisión de plantas terrestres cultivadas con fines nutricionales	Provisión de cultivos	1.1.1.1. / 1.1.1.2.
	Provisión de fibras y otros materiales procedentes de plantas, cultivadas para uso directo o procesamiento		
Servicios de regulación y mantenimiento	Mantenimiento de poblaciones de viveros y hábitats (incluida la protección del acervo genético)	Mantenimiento de hábitats y especies	2.2.2.3.
	Regulación de la composición química de la atmósfera	Almacenamiento y secuestro de carbono	2.2.6.1.
	Polinización	Polinización de cultivos	2.2.2.1.
Servicios culturales	Características de los sistemas vivos que permiten actividades que promueven la salud, la recuperación o el disfrute a través de interacciones activas o inmersivas	Turismo y recreación	3.1.1.1. / 3.1.1.2. / 3.1.2.3.
	Características de los sistemas vivos que permiten actividades que promueven la salud, la recuperación o el disfrute a través de interacciones pasivas u observacionales.		
	Características de los sistemas vivos que tienen resonancia con la cultura o patrimonio		

Fuente: Elaboración propia.

Paso 3. Una vez calculados el BLAA y el VETAP de cada servicio a nivel nacional, el tercer paso es distribuir estos valores en el territorio nacional según variables espaciales relevantes para cada servicio ecosistémico.

Uno de los más resaltantes esfuerzos en mapear los diferentes tipos de servicio es el proyecto KIP INCA (Knowledge Innovation Project on Integrated System for Natural Capital and Ecosystem Services Accounting in the EU), que ha logrado mapear nueve servicios ecosistémicos para toda la Unión Europea. Si bien se han realizado otras investigaciones con el uso de SIG, este esfuerzo de la Unión Europea es lo más relacionado a lo que pretendemos hacer en el estudio, así que aprovechamos sus diversos reportes metodológicos (Vallecillo Rodríguez *et al.*, 2018; Vallecillo Rodríguez *et al.,* 2019; La Notte *et al.*, 2021) para guiar el presente trabajo. La disponibilidad de datos para Bolivia es muy reducida en comparación a la que disponen los estudios mencionados, pero se ha seguido los lineamientos y filosofía de dichos estudios en la medida de lo posible. Por ejemplo, los estudios mencionados contabilizan los servicios ecosistémicos en la medida en que se cruzan con la demanda de la población; de la misma manera, el presente estudio no contabiliza el valor de los servicios si éstos no cuentan con una demanda.

Paso 4. Finalmente, se realiza la sumatoria espacial de todos los mapas correspondientes a cada servicio. Por un lado, se suman espacialmente todos los mapas de BLAA para obtener el BLAA total de los servicios ecosistémicos cuantificados. Por otro lado, se suman todos los mapas de VETAP, cuya sumatoria representa el VETAP total de los servicios cuantificados.

Los pasos y resultados de cada servicio se encuentran en la siguiente sección.

3. Desarrollo

En esta sección se describen los pasos para la valoración económica, la distribución espacial del valor económico y los resultados de cada uno de los 10 servicios ecosistémicos.

3.1. Producción de madera

La madera es un componente importante de los servicios de provisión que brindan las áreas naturales. Cuando su extracción se realiza de manera sostenible, permite generar recursos

económicos sin necesidad de cambiar el uso del suelo. Existen tanto prácticas legales como ilegales de extracción de madera; sin embargo, en este análisis, solo se considera la extracción legal, ya que cuenta con datos cuantitativos verificables.

***Valoración económica**:* el precio de la madera se obtuvo de la Autoridad de Fiscalización y Control Social de Bosques y Tierra (ABT), la cual tiene el precio para un total de 120 especies diferentes (ABT, 2023). Estos precios son los que utiliza la ABT para el cobro de patentes, por lo que se considera un precio básico, prácticamente el valor de la madera en pie, por lo cual no se descontaron costos. Esta fuente, contempla un rango de precios que va de US$ 9,43 a 109,53 por metro cúbico rola (m^3r) de madera según la especie.

Por otro lado, el Instituto Nacional de Estadística cuenta con cifras de extracción de madera por especie. Se toma en cuenta el volumen registrado el año 2022, dado que el año 2023 se presenta aún como preliminar, siendo el 2022 el año más reciente con datos oficiales finales; cabe resaltar que los últimos años cuentan con un volumen muy similar de extracción de madera. El volumen total de madera extraído el año 2022 fue de 1,7 millones de metros cúbicos rola (INE, 2023). Con ambos datos, de la ABT y del INE, se puede obtener el valor total a nivel nacional.

Para facilitar la distribución espacial de este valor, se complementó la información con el Mapa de complejidades del BDP (2017), que cuenta con superficies de aprovechamiento forestal por municipio y por especie, con lo que se pudo encontrar una relación entre los valores económicos de la producción y la distribución espacial.

Para el cálculo del BLAA se incluyó el aprovechamiento reportado por el INE por especie, multiplicado por los precios reportados por la ABT, obteniendo un valor total de US$ 41 millones para Bolivia. El VETAP se estimó simulando un incremento en la superficie forestal aprovechada en los espacios autorizados, como ser concesiones forestales, tierras de producción forestal permanente y reservas forestales integrales, respetando un límite de aprovechamiento total de un máximo de 5% de la superficie forestal disponible. Esto permitiría aumentar aproximadamente 15 veces la superficie actualmente aprovechada (que actualmente es menos del 0,1% de la superficie boscosa del país), alcanzando un valor aproximado de US$ 600 millones.

Adicionalmente se estima que la producción de leña representa el 15% de la producción maderera total, producto de los residuos de la transformación de la madera. Dicho valor estaría incluido en el cálculo realizado para el total de extracción de madera, dado que se calcula sobre volúmenes sin procesar y la producción de leña resultaría de los residuos del posterior procesamiento.

Distribución espacial: para la distribución espacial a nivel nacional, inicialmente se estimó un valor por municipio en función a su participación en la producción nacional de madera, según los datos del BDP. Según los datos consultados, 243 municipios cuentan con alguna superficie de producción de madera. Esto implica que la producción está en todo tipo de bosque en diferentes proporciones. Se distribuyeron el BLAA y VETAP estimado para Bolivia entre los 243 municipios productores según su participación en la producción forestal, tomando en cuenta las superficies y especies reportadas por el BDP (2017). Según las especies, se estimó un precio ponderado por municipio, para distribuir el valor no solo por la superficie aprovechada sino también por el valor de la madera extraída. Con base en esas consideraciones, se repartió el valor total del BLAA por municipio.

Posteriormente, este valor municipal se distribuyó en la superficie de bosque existente en cada uno de los 243 municipios productores, seleccionando píxeles de bosque aleatoriamente en función a la relación entre la superficie de extracción de madera reportado por BDP y la superficie de bosque disponible en el municipio. La distribución espacial del VETAP se realizó seleccionando píxeles aleatorios de bosque en cada municipio que se encuentre en los territorios forestales considerados para el incremento de la producción, hasta alcanzar el 5% de superficie de aprovechamiento.

3.2. Plantas silvestres utilizadas para nutrición

Valoración económica*:* la provisión de plantas silvestres utilizadas para la nutrición incluye principalmente los Productos Forestales No Maderables (PFNM) y otros recursos provenientes de vegetación no forestal. Sin embargo, los datos disponibles a nivel nacional se concentran principalmente en los PFNM. Por ello, en esta sección se estima el valor económico con la mayor precisión posible para los productos que representan la mayor parte de la producción de plantas silvestres comestibles. Adicionalmente, se realiza una

estimación aproximada (*a groso modo*) que considera la existencia de un pequeño porcentaje de productos, reportados y no reportados, presentes en la vegetación natural, tanto boscosa como no boscosa. De esta forma, se reconoce que este servicio ecosistémico tiene un valor en todos los biomas del país.

Las cantidades de producción se obtuvieron del Mapa de Complejidades del Banco de Desarrollo Productivo (BDP, 2017). A partir de esta fuente se identificaron los principales frutos recolectados en Bolivia según la cantidad (toneladas), siendo éstos la castaña (89% del total), el asaí (4%), el almendrillo (4%) y el cacao silvestre (1%). El restante de frutos y plantas silvestres utilizadas para la alimentación que menciona la fuente representan únicamente el 2% del total de la producción, por lo que fueron agrupados en un valor genérico de "otros". Se estimó en detalle el valor de los cuatro principales productos; para el restante 2% no se realizó en detalle un cálculo de su valor, pero se le asignó un valor base para no dejar su valor en cero.

Con base en diversas fuentes bibliográficas, se identificaron precios de mercado, ratios de valor neto y otros datos relevantes para los cuatro productos principales, con lo que se pudo estimar el valor bruto y neto de estos productos. El valor neto estimado se constituye como el Beneficio Local Anual Actual (BLAA).

Para el caso de la castaña, se utilizó un estudio de los costos de recolección en el municipio de Santa Rosa en Pando, en el cual, en promedio, una familia ganaba Bs. 19.350 por año (recolectando 40 barricas de castaña), gastando Bs. 7.255 en mano de obra, herramientas, transporte y alimentación (Coria Garcia y Mendoza Nogales, 2022). Esto significa que el valor neto para ellos fue el 62,5% del valor bruto.

La producción actual de frutos de almendrillo es de 1.177 toneladas (BDP, 2017). El precio local es de US$ 10/kg (Rivero Moreno, 2017), lo que significa un valor bruto total de US$ 11,8 millones. Rivero Moreno (2017) hace un cálculo detallado de los costos de operación en un emprendimiento de producción de semillas de almendrillo en un lapso de 10 años, y encuentra que el beneficio neto es 20% del valor de venta. Esto implica un Beneficio Local Anual Actual (BLAA) de US$ 2,4 millones (20% de US$ 11,8 millones).

Para el asaí, uno de los estudios más completos y recientes, realizado por el Instituto Boliviano de Investigación Forestal (IBIF), establece que el promedio de los precios del asaí se

encuentra en Bs. 22,5 por kg de pulpa para el comercio interno (US$ 3.233/ton) y un precio de US$ 31.000/ton para el asaí liofilizado (polvo) para la exportación (Ávila Vidaurre, 2023).

Finalmente, para realizar la estimación del valor del cacao silvestre se tomó en cuenta el proyecto de producción y valoración de cacao silvestre realizado por el Consejo Indígena del Pueblo Tacana (CIPTA), Asociación de Productores de Cacao Silvestre de Carmen de Emero (APROCACE) y Wildlife Conservation Society (WCS), con un conjunto particular de comunidades tacanas del departamento de La Paz. Este proyecto logra obtener un precio de US$ 4,4 por kg (US$ 4.400/ton) (WCS y otros, 2018).

Por otro lado, para el Valor Económico Total Anual Potencial (VETAP) se tomaron en cuenta las posibilidades del incremento en la cantidad de producción y/o precios según el caso. También se tomaron en cuenta las posibilidades de expandir la superficie de aprovechamiento o destinar un mayor volumen de la producción a la exportación (con mejores precios). El siguiente cuadro resume la valoración económica de estos cuatro productos principales y el valor base asignado al resto de los productos, para los que no se estimaron datos en detalle como para los cuatro principales; se realizó una estimación gruesa suponiendo que, así como su volumen representa un 2% de la producción total, igualmente su valor podría aproximarse al 2% del valor total de los frutos del bosque.

Cuadro 2
Valoración económica de las plantas silvestres utilizadas para nutrición

Fruto del bosque	Producción (ton)	Precio (US$/ton)	Valor neto (%)	BLAA (millones US$)	VETAP (millones US$)
Castaña	26.457	6.000	70	111	222
Almendrillo	1.177	10.000	20	2,4	24
Asaí	1.085	3.233	20	0,7	1,3
Cacao silvestre	415	4.454	68	1,3	2,6
Otros (valor base)	617			2,3	5

Fuente: Elaboración propia con base en Banco de Desarrollo Productivo (2017), Bazoberry Chali y Salazar Carrasco (2008), García y Urioste (2013), Rivero Moreno (2017), Stoian (2004), Vidaurre (2023) y Zuidema (2003).

Nota: en la categoría "otros" se incluye a todas las demás plantas silvestres comestibles que, según las fuentes de datos, representan en conjunto tan solo el 2% de la producción de frutos silvestres.

***Distribución espacial**:* Para la distribución espacial se distribuyeron de manera detallada los cuatro productos principales, y se distribuyó el valor de la categoría "otros" a toda la vegetación natural en Bolivia. Para distribuir el valor de los cuatro frutos del bosque principales, se utilizó el análisis de firmas espectrales y una zonificación agroecológica realizada para cada uno de los productos. Las firmas espectrales son datos relativamente precisos de la ubicación de plantas pertenecientes a determinada especie mediante teledetección; por otro lado, la zonificación agroecológica es un mapeo que identifica los lugares más aptos para el crecimiento de determinadas especies, según sus requerimientos en cuanto a clima y otras características de un lugar (precipitación, temperatura, pendiente, altura, etc.) (Argandoña *et al.*, 2023).

Para la distribución espacial del BLAA se utilizó la firma espectral junto con la zonificación agroecológica (para descartar falsos positivos en la firma espectral) tomando en cuenta únicamente los municipios donde, de acuerdo con el mapa de complejidades, se realiza el aprovechamiento del producto. Por otro lado, la distribución del VETAP no se limitó a los municipios productores reportados por el BDP, sino que se expandió a posibles lugares de aprovechamiento donde, según las firmas espectrales y la zonificación agroecológica, existe alta probabilidad de presencia de estas especies.

La distribución del valor base se realizó en función a algunos criterios expuestos en estudios revisados que indican, por ejemplo, que la mayor parte de alimentos recolectados provienen de especies arbóreas, y que los bosques, principalmente bosques húmedos, tienen mayor cantidad de especies comestibles respecto a otro tipo de vegetación (Thomas *et al.*, 2014; Reyes García *et al.*, 2006; Felipez Chiri *et al.*, 2015). La vegetación no boscosa, en menor medida, permite el aprovechamiento de tallos y otros componentes para ser utilizados en la alimentación. A partir de estos criterios se distribuyó el valor base, dando un valor a toda la vegetación natural, pero en mayor proporción al bosque (toda la cobertura boscosa nacional).

3.3. Pesca

***Valoración económica**:* el valor económico de la pesca se cuantificó para las tres cuencas (nivel 1) que cubren todo el territorio nacional. Las principales referencias utilizadas son: un estudio sobre el pescado amazónico en Bolivia realizado por CSF (Espinoza Antezana, 2020), que a su vez menciona como fuente principal un estudio de preinversión para el desarrollo de

la actividad pesquera en Bolivia elaborado por el Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras. Este informe cuenta con información de volumen de producción y principales especies aprovechadas en las tres cuencas de nivel 1 de Bolivia: la cuenca del Amazonas, la cuenca del Plata y la cuenca del Altiplano. Por otro lado, se obtuvieron precios de mercado para las especies mencionadas en el estudio. Con estos datos de precio y cantidad pudo calcularse un valor bruto, para finalmente aplicar un factor que permita estimar un valor neto que, según Coca *et al.* (2012), sería aproximadamente 15% del valor bruto. Los cuadros presentados a continuación detallan los resultados de este informe, que sirvieron como base para el cálculo del valor económico a nivel nacional.

Este servicio fue el de menor valor económico, obteniendo un BLAA de US$ 8 millones y un VETAP de US$ 11 millones. El VETAP fue estimado asumiendo un posible crecimiento del sector en más de un 30%, el cual es el crecimiento potencial estimado por el estudio de CSF para el pescado amazónico.

Cuadro 3
Unidades hidrográficas Nivel 1 de Bolivia, volumen de pesca y precio promedio

Nombre	Superficie (ha)	Volumen pesca (ton/año)	Número de especies	Precio promedio (US$/ton)	BLAA (US$/año)
Cuenca del Amazonas	70.796.820	3.942	21	817,9	5.403.532
Cuenca del Plata	22.179.190	413	16	660,5	239.025
Cuenca del Altiplano	14.916.900	4.884	7	574,4	2.464.015

Fuente: Elaboración propia con base en Viceministerio de Recursos Hídricos y Riego (2010), Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras (2015) y Espinoza Antezana (2020).

Distribución espacial: la distribución espacial de la pesca se realizó repartiendo el valor total entre la superficie total de cuerpos de agua presentes en cada cuenca, descontando algunos casos particulares, como los grandes lagos tectónicos de Exaltación, en Beni, los cuales no tienen presencia de especies de ictiofauna en sus aguas; la superficie total de cuerpos de agua se extrajo a partir de la plataforma disponible de Mapbiomas (Mapbiomas Agua, 2024), la cual a su vez filtra los cuerpos de agua intermitentes, descontando éstos también de la superficie total para la distribución espacial del valor económico.

3.4. Agua para consumo

Los recursos hídricos tienen una importancia incuestionable en nuestra vida cotidiana, y Bolivia tiene el beneficio de tener importantes cantidades de este elemento. Se ha calculado que en el país se tiene la oferta de agua dulce de 25.427 m^3 por persona por año (Ritchie y Roser, 2018) aunque distribuidos de manera heterogénea.

***Valoración económica**:* en 2010, 168 millones m^3 de agua dulce fueron utilizados para consumo doméstico e industrial en Bolivia (Ritchie y Roser, 2018). Considerando el crecimiento en cobertura de agua potable y de población desde este año, resulta factible suponer que actualmente se usa aproximadamente 200 millones de metros cúbicos de agua potable en Bolivia.

En cuanto a las tarifas de agua potable distribuida por las empresas y cooperativas registradas, el precio al consumidor puede variar entre US$ 0,1 y 2,4 por metro cúbico, pero tomando en cuenta que el valor está subsidiado en el país, se tomó en cuenta el valor correspondiente al agua de cisterna en Cochabamba, cuyo registro fue de US$ 5 por metro cúbico de agua (Revollo, 2023) y es por tanto el más alto registrado, duplicando el precio del agua de red. Multiplicando este precio con los 200 millones de metros cúbicos de uso actual, se obtiene un BLAA de agua potable de US$ 1.000 millones por año.

Para el VETAP se utilizó el mismo precio por metro cúbico, pero se incrementó el consumo a 100 litros por día por persona, cantidad recomendada como consumo mínimo según Falkenmark y Widstrand (1992). Esto implica que el VETAP es 2,25 veces mayor que el BLAA, por lo que el VETAP de agua potable es de US$ 2.250 millones por año.

Distribución espacial: la distribución del valor se realizó en función a la demanda de agua y a la cobertura de suelo a nivel de subcuenca. Por ello, inicialmente se estimó la cantidad de población presente en cada subcuenca y se distribuyó el valor total en función a la demanda de agua para consumo, que se asume es directamente proporcional a la cantidad de población en cada subcuenca (cuenca nivel 3). Posteriormente, se distribuyó el valor dentro de cada subcuenca en función a la distancia a los perímetros urbanos y la cobertura de suelo, repartiendo la mayor parte del valor en cuerpos de agua cercanos a los perímetros urbanos, y menores valores a cuerpos de agua alejados de los perímetros urbanos, También

se distribuyó un pequeño porcentaje del valor a la cobertura de suelo de vegetación natural, principalmente al bosque, dado su rol en la generación de evapotranspiración, infiltración y recarga de acuíferos entre otros roles reguladores del ciclo hidrológico.

3.5. Provisión de agua para energía

***Valoración económica**: a*ctualmente, la principal fuente de energía en Bolivia es la termoeléctrica (71%), proveniente de generación a partir de gas natural, el 29% proviene de energía hidroeléctrica, 1% de diesel y 1% de otras fuentes renovables (Fernández y Martínez, 2020). Con base en la provisión actual de energía hidroeléctrica, equivalente a aproximadamente a 3.249 GWh, y el precio de US$ 0,295 por KWh, correspondiente al precio más alto en el mercado boliviano (comparable con precios internacionales de energía), se calculó el BLAA, estimándose un valor de US$ 957 millones.

Para el cálculo del valor potencial se estimó el potencial hidroeléctrico para centrales de energía de agua fluyente, dado que el agua para energía es un tema controversial, por los grandes impactos que puedan tener algunos tipos de hidroeléctricas que requieren grandes infraestructuras que generan un impacto ambiental significativo; por ello, en la estimación se tomaron en cuenta criterios para hidroeléctricas de bajo impacto y no así de "mega-represas".

Las centrales de energía de agua fluyente son las que no requieren de un embalse o acumulación de agua por encima de las turbinas, por lo que la energía se produce al paso de una corriente y dependen esencialmente de dos variables: caudal y pendiente. Estas centrales hidroeléctricas suponen una menor intervención humana en el paisaje; sin embargo, la relación entre los costos de implementación y la potencia que poseen hace que sean alternativas a escala local siendo más costosas por megawatt (MW) de potencia instalada.

El cálculo del BLAA se realizó con base en la provisión actual de energía hidroeléctrica. Para calcular el VETAP, primeramente se evaluó el potencial en Bolivia para la generación de energía que cumpla con los criterios previamente mencionados. Para evaluar el potencial hidroeléctrico a nivel nacional, se cuantificaron los caudales por macrocuenca, con datos obtenidos de GRDC (The Global Runoff Data Centre). Para refinar estos cálculos, se distribuyó el caudal mediante el caudal de escorrentía. Este último se estimó a partir de variables de evapotranspiración real (ETR), precipitación, temperatura y datos de un Modelo

Digital de Elevación (DEM). La ETR se calculó utilizando los métodos de Turc y Cenicafé-Budyko. Finalmente, se aplicó la siguiente fórmula para determinar el caudal por escorrentía.

$$Q = \frac{\text{Área de la cuenca}}{3{,}1536 * 10^{10}} * \left(P - ETR\right)$$

Posteriormente se obtuvo la potencia hidroeléctrica con la siguiente fórmula, presentada por Pienika *et al.* (2014) en una investigación realizada en Uruguay:

$$P\left(GWh\right) = \frac{H * Q * 9{,}81 * 0{,}85 * 8.760}{1.000.000}$$

H = diferencia de altura (m)
Q = caudal (m^3/s)
9,81 = gravedad (m^2/s)
0,85 = eficiencia de las turbinas
8.760 = cantidad de horas en un año
1.000.000 = factor de conversión de KWh a GWh.

Luego, según las sugerencias de la bibliografía revisada, se realizó un mapa de amenaza de deslizamiento, para descartar lugares de alto potencial pero alto riesgo de deslizamientos. Esta última fase se realizó tomando las siguientes variables: cobertura del suelo (ponderación de 12%), fisiografía (ponderación de 22%), pendientes (ponderación de 33%) y distancia a fallas geológicas (ponderación de 33%).

A partir de dichos cálculos espaciales, se estimó la posibilidad de hasta 13 centrales hidroeléctricas de agua fluyente ubicadas en distintas subcuencas, con una potencia instalada entre 10 MW y 40 MW. Con esto, la oferta de energía hidroeléctrica podría incrementarse en 2.330 GWh aproximadamente, y el VETAP alcanzaría los US$ 1.626 millones.

Distribución espacial: Para la distribución espacial del BLAA, se distribuyó el valor actualmente producido de energía hidroeléctrica dentro de las subcuencas (cuencas nivel 3) que cuentan con hidroeléctricas instaladas en funcionamiento. El BLAA total calculado se distribuyó de manera directamente proporcional a la energía generada en cada subcuenca, y posteriormente se repartieron los valores dentro de cada subcuenca según el caudal de escorrentía: a mayor

caudal, mayor valor. El VETAP se distribuyó según las subcuencas identificadas con potencial de generación de energía eléctrica de agua fluyente.

3.6. Provisión de cultivos

La provisión de cultivos como servicio ecosistémico está definida como la contribución del ecosistema al crecimiento de los cultivos que posteriormente pueden ser cosechados como materia prima para uso comestible u otros usos industriales (Vallecillo Rodriguez *et al.*, 2019).

Valoración económica: Para la estimación del valor se consideraron todos los cultivos a nivel nacional reportados por el INE (2023), que cuenta con datos anuales de la producción agrícola nacional. En la agricultura moderna, gran parte del rendimiento se debe a insumos humanos (riego, fertilizantes, maquinaria). Sin embargo, la provisión de cultivos como servicio ecosistémico mide exclusivamente la contribución natural de factores como la luz solar, la lluvia y el suelo fértil. Esto se calcula mediante la fórmula:

$$\text{Contribución del ecosistema} = \frac{\text{Insumos naturales}}{\text{Insumos naturales} + \text{Insumos humanos}}$$

El valor resultante varía entre 0 y 1. El estudio de Vallecillo *et al.* (2019) determinó un promedio de contribución del ecosistema al crecimiento de los cultivos de un factor de 0,20 como promedio para diversos cultivos y para todos los países incluidos en dicho estudio (24 países de la UE). En Bolivia, aunque no se dispone de datos detallados, la menor presencia de mecanización en los procesos agropecuarios sugiere una mayor dependencia de los ecosistemas. Por ello, se adopta el factor 0,20 como estimación conservadora, haciendo de esta metodología una herramienta útil para medir y valorar la contribución de la naturaleza en el sector agrícola.

Para el cálculo del valor se utilizaron datos de producción agrícola del INE para el año agrícola 2022-2023[3], que cuenta con las toneladas producidas por tipo de producto. Para los precios se utilizaron los datos de FAOSTAT (2022) de precios al productor para cada producto. Con todos esos datos se obtiene el valor total de la producción agrícola, y el 20% de la misma se considera el aporte del ecosistema a dicha producción. El valor total asciende

3 Datos estadísticos de agricultura por producto y por año obtenidos de: https://www.ine.gob.bo/index.php/estadisticas-economicas/agropecuaria/agricultura-cuadros-estadisticos/

a un BLAA de US$ 907 millones. El Valor Económico Total Anual Potencial (VETAP) se calcula con la estimación de un incremento de 18% de la superficie agrícola; ésta es una meta propuesta por Bolivia en sus Contribuciones Nacionalmente Determinadas, donde indica que para 2030 se espera aumentar 725 mil hectáreas adicionales de tierras 'degradadas' para destinarlas a la producción agrícola. Con este crecimiento, el VETAP estimado es de US$ 116 millones.

Distribución espacial: la distribución espacial se realiza complementando la información con datos del SIIP (2022), que cuenta con datos de producción agrícola por municipio. Se identificó la contribución de cada municipio a la producción total de cada producto, y con ello se hizo el cálculo de su aporte al BLAA. Posteriormente, este valor municipal fue repartido sobre la superficie agrícola de cada municipio, obtenida de los mapas de cobertura de suelo de MapBiomas Bolivia (2023).

3.7. Mantenimiento de hábitats y especies

Este servicio se refiere a la presencia de condiciones ecológicas (generalmente hábitats) necesarias para sostener poblaciones de especies (Haines Young y Potschin, 2018), y la biodiversidad se refiere a la diversidad de genes, organismos, ecosistemas y a los procesos biológicos y ecológicos que la producen (Gomez Pompa, 1998).

Valoración económica: Por su ubicación geográfica, en la región tropical de Sudamérica, y por su amplio gradiente altitudinal, Bolivia es uno de los países con mayor diversidad de ecosistemas. Esto implica que Bolivia se encuentra entre los 10 a 15 países con mayor diversidad biológica a nivel global (Ibisch y Mérida, 2003). Bolivia se posiciona entre los 11 países con mayor riqueza de especies vegetales; se encuentra entre los 10 con mayor diversidad de aves y mamíferos; ocupa el cuarto lugar en riqueza de mariposas; está entre los 13 países con mayor diversidad de especies de anfibios; y entre los 11 con mayor diversidad de peces de agua dulce (MMAyA, 2015).

Los habitantes de Bolivia tienen sentimientos mixtos sobre esta gran biodiversidad, dado que la biodiversidad frecuentemente puede causar molestias en la población local, porque las especies salvajes comen sus cultivos o sus animales, o pican, muerden y transfieren enfermedades (WCS, s.f.). En general, parece que la gente valora la existencia de otras

especies, pero prefiere que estén a una distancia prudente de su casa (Torrico Paz y Galarza, 2021). Esto significa que el Beneficio Local Anual Actual (BLAA) es bajo y tal vez ni siquiera positivamente relacionado con el nivel de biodiversidad, tomando en cuenta que hay percepciones positivas y negativas sobre la biodiversidad cerca de las poblaciones, tambien debido a la desinformación en algunos casos, que derivan en agresiones de la población hacia la fauna silvestre (ANF, 2016). Podemos asumir que el valor de existencia para la población local es cero, pues incluso si existe población local en las ciudades dispuestas a pagar por la conservación de la biodiversidad, este valor aún no se hace efectivo, por lo que sería un valor potencial y no un beneficio percibido actualmente en términos monetarios.

Para el valor potencial de la biodiversidad la metodología se basó en la amplia evidencia de que la población mundial está dispuesta a pagar por la existencia de biodiversidad en otras partes del mundo, incluso sin utilizarlas de forma directa o indirecta. La valoración económica de la biodiversidad es una de las más difíciles de cuantificar, por lo cual se utilizaron dos enfoques: 1), se utilizó un valor global estimado que debería utilizarse en el gasto para la conservación de especies a nivel global y 2), se utilizó el método de transferencia de beneficios.

Enfoque 1. Para este enfoque se utilizó el dato del informe *Closing the Nature Funding Gap: A Finance Plan for the Planet* (The Nature Conservancy, 2020), que menciona la necesidad de invertir un monto global de US$ 845 mil millones anuales para financiar la protección de la naturaleza y así revertir el declive de la biodiversidad para 2030. Por otro lado, utilizando el mapa global de pérdida de biodiversidad LIFE (*Land-cover Vhange Impacts on Future Extinctions*) de la Universidad de Cambridge (Eyres A. *et al.*, 2024), se estimó un porcentaje que correspondería a Bolivia respecto a la biodiversidad global, resultando ser de 1,3%. Aplicando este porcentaje al valor global, se obtiene un valor de US$ 11 mil millones por año.

Enfoque 2. Se utilizó la metodología de transferencia de beneficios, que se basa en resultados de estudios primarios realizados en uno o más lugares (o contextos de políticas); los mismos que se han usado para estimar un valor en otros sitios o contextos comparables. Se realizó una extensa revisión de literatura, optando por tomar en cuenta varios estudios para el bioma amazónico y un estudio para las áreas protegidas en Bolivia, presentados en el Anexo.

A partir de estos estudios, se tomaron en cuenta igualmente dos enfoques para encontrar valores comparables y utilizarlos para Bolivia. Por un lado, se estimó la disponibilidad a pagar

(DAP) por persona, por hectárea y por año (US$/persona/hectárea/año) en función a los valores brindados por los estudios. Otra aproximación fue estimar la DAP correspondiente al país de estudio (US$/país/año) en relación a su PIB[4]. A partir de ambos enfoques se estimaron valores que corresponderían al monto global que se dispondría a pagar por hectárea de bosque en Bolivia.

Con este ejercicio se encontraron valores de un rango muy amplio, entre US$ 365 millones y US$ 877 mil millones. Con la primera aproximación (US$/persona/hectárea/año) se estimaron valores para Bolivia entre US$ 11.885 a 877.094 mil millones, asumiendo que la población global tendría la misma DAP que indican los distintos estudios. Con la segunda aproximación, el rango de valores para Bolivia está entre US$ 365 y 826 mil millones, tomando en cuenta que se dispusiera el porcentaje del PIB determinado en cada estudio, pero respecto del PIB global.

Si bien el método de transferencia de beneficios permite sustituir la realización de estudios de campo, presenta limitaciones importantes. Las diferencias entre los sitios de estudio, como el nivel de ingreso, educación, preferencias o calidad ambiental, pueden afectar significativamente la precisión de los resultados transferidos. Además, los valores de no uso (como el valor existencial de la biodiversidad) son particularmente difíciles de trasladar de un contexto a otro (Biller y Bark, 2001).

El método de transferencia de beneficios suele utilizarse para transferir valores de un área específica a otra, y utilizar este método para todo un país conlleva muchas más incertidumbres y supuestos que dificultan lograr un valor certero. Varios estudios han evaluado la validez y los márgenes de error de esta práctica. En general, se argumenta que la transferencia de beneficios solo puede generar estimaciones válidas cuando el bien ambiental y la población son prácticamente idénticos (KristÒFersson y Navrud, 2007).

Por todo lo explicado anteriormente, se optó por tomar el valor obtenido con el Enfoque 1, de US$ 11 mil millones, que presenta un valor dentro del rango que indica el otro método y que tiene un mayor respaldo.

4 Tanto los valores del PIB como los valores de los estudios representan USD de 2023.

***Distribución espacial**:* se distribuyó el valor en todo el territorio boliviano en función a la presencia de biodiversidad a lo largo del territorio. Para la distribución espacial, se generó un mapa utilizando dos insumos principales: el mapa de Riqueza Absoluta de Especies de Bolivia (RAE) (Nowicki *et al.*, 2004) y el mapa de Valores de Conservación en Áreas Protegidas y Ecosistemas Estratégicos (VCAPEE) (MMAyA, 2024). El mapa RAE, con una resolución de 2 grados (aproximadamente 3.6 kilómetros), contiene valores entre 0 y 2.825 especies por píxel. Por su parte, el mapa VCAPEE, elaborado a una resolución de 1 kilómetro, clasifica los ecosistemas terrestres y acuáticos en categorías de alta, media y baja conservación, además de incluir una categoría para áreas perturbadas por la huella humana.

Los valores de los píxeles del mapa RAE se combinaron espacialmente con los del VCAPEE. El resultado de esta combinación permitió generar un mapa de distribución ajustado que refleja el valor relativo de biodiversidad por píxel.

3.8. Secuestro y almacenamiento de carbono

El objetivo de todas las acciones de mitigación del cambio climático es minimizar el stock de carbono en la atmosfera, al maximizar el stock de carbono en la biosfera. Según los principios de contabilidad ambiental, se debe contabilizar separadamente el almacenamiento de carbono y el secuestro de carbono adicional (Keith *et al.,* 2019). A continuación, calculamos primero el valor anual de almacenamiento de carbono en los bosques de Bolivia, y después el valor de su servicio de secuestro adicional de carbono.

***Valoración económica**:* Con base en el mapa global de biomasa encima del suelo, se estimó que los bosques de Bolivia contienen aproximadamente 9.757 millones de toneladas de biomasa seca encima del suelo (Santoro y Cartus, 2024). Esto corresponde a 4.879 millones de toneladas de carbono, o 17,9 mil millones de toneladas de CO_2.[5] Si valoramos estos 17,9 mil millones de toneladas de CO_2 a un valor conservador de US$ 10/tCO_2,[6] obtenemos un valor total del CO_2 almacenado en bosques bolivianos de US$ 179 mil millones.

5 Una tonelada de biomasa seca corresponde a 0.5 toneladas de carbono, y una tonelada de carbono es equivalente a 3,67 toneladas de CO_2.

6 Éste es el pago mínimo garantizado por la alianza LEAF (Lowering Emissions by Accelerating Forest Finance) y también es el precio promedio del mercado de carbono más grande del mundo (China) en 2023 (https://icapcarbonaction.com/en/ets/china-national-ets).

Para poder sumar este valor a los otros valores anuales de este documento, es necesario convertir el valor del stock total de CO_2 almacenado a un valor anual del servicio de almacenamiento de CO_2. Conceptualmente, es similar a la conversión del precio total de una casa a un valor anual de alquiler, lo cual depende principalmente de la tasa de interés. El estudio de Parisa *et. al* (2022) provee una fórmula simple para convertir el valor del stock de carbono a un valor anual de "alquiler" del servicio de almacenaje de carbono. Bajo el supuesto que el precio de carbono es estable[7], esta fórmula es muy simple. Específicamente, para encontrar el valor anual hay que dividir el valor del stock total con *N*, lo cual depende solamente de la tasa de interés, *r*, de la siguiente manera:

$$N = \frac{1}{1 - e^{-r}}$$

El valor anual del servicio de almacenamiento de carbono de los bosques de Bolivia podría estar en el rango entre US$ 1.8 mil millones (con r = 1%) y 20 mil millones (con r=12%) por año. Si escogemos una tasa de interés intermedio de 6% por año, *N* sería igual a 17, y se alcanzaría a un valor anual de US$ 10,5 mil millones. Éste es el valor agregado anual del servicio de almacenamiento de carbono que vamos a usar en este estudio.

Aparte del servicio anual de almacenamiento de carbono en bosques existentes, hay la posibilidad de capturar CO_2 adicional de la atmósfera y aumentar la cantidad de biomasa. Phillips *et al.* (2008) calcularon que los bosques maduros de Bolivia absorbieron en promedio 40,8 gC/año durante el periodo 1980-2010. Dado que 1gC = 3,67 gCO_2, esto corresponde a un secuestro anual de 150 millones de toneladas de CO_2 por año. Sin embargo, estudios recientes sugieren que la capacidad de los bosques amazónicos de secuestrar carbono está disminuyendo (Brienen *et al.*, 2015; Hubau *et al.*, 2020; Gatti *et al.*, 2021). Para ser conservadores, podemos asumir que los bosques maduros de Bolivia actualmente están secuestrando alrededor de 100 millones de toneladas de CO_2 por año. Si valoramos este servicio de secuestro de carbono al valor conservador de US$ 10/tCO_2, llegamos a un valor anual de secuestro de carbono adicional de US$ 1.000 millones, llegando a un valor total de almacenamiento y secuestro de carbono de US$ 11.500 millones, el cual se constituye en el

7 Si bien es un supuesto fuerte, el precio observado en los mercados de carbono es políticamente determinado, según la severidad de restricciones que se logra imponer, mientras que el valor real teóricamente es estable. Para este estudio suponemos un valor estable y bajo de US$ 10/tCO2.

VETAP, ya que el Beneficio Local Anual Actual (BLAA) es cero, dado que actualmente no se reconoce y retribuye este servicio global que los bosques bolivianos brindan de manera gratuita al mundo entero.

Distribución espacial: el valor calculado se distribuye en el territorio según el mapa de biomasa encima del suelo de Santoro y Cartus (2024), por lo que el valor es directamente proporcional a la cantidad de biomasa detectada para el año 2021 (año más reciente disponible del mapa de biomasa).

3.9. Polinización

La polinización es un proceso natural que permite la formación de semillas y frutos, y cumple un papel esencial en la conservación de la biodiversidad y el equilibrio de los ecosistemas. Este proceso es realizado por diversos organismos conocidos como polinizadores, entre los cuales los más conocidos son las abejas y abejorros. Su presencia es fundamental no solo para mantener la salud de los ecosistemas, sino también para la producción agrícola y la seguridad alimentaria, ya que gran parte de los alimentos que consumimos dependen de la polinización. En este sentido, los polinizadores aportan un beneficio directo al bienestar y la nutrición de las personas.

Valoración económica*:* para la estimación del valor económico se tomaron en cuenta todos los cultivos a nivel nacional reportados por el INE (2023). A partir de ello se filtraron los cultivos que dependen o requieren de la polinización para su producción, para lo cual se revisaron estudios que identifican la dependencia de polinización de cada cultivo (Ritchie, 2021). A partir de estas referencias se seleccionaron los cultivos producidos a nivel nacional que dependen de la polinización. La cantidad de producción fue recabada del Instituto Nacional de Estadística (INE, 2023) y los precios al productor por producto de FAOSTAT (2022). A partir de los datos de cantidades y precios, se estimó el valor bruto de la producción de cultivos, en primer lugar, y luego el valor neto, que es un tercio del primero, siguiendo la referencia de Leguía *et al.* (2011).

Para calcular el Beneficio Local Anual Actual (BLAA) se tomaron en cuenta los porcentajes de dependencia de la polinización, la cual varía entre el 10 y el 90%, según el producto, tomando como fuente principal *Our World in Data* y el estudio de Klein *et al.*

(2007). Es así que el valor del servicio de polinización es igual al porcentaje del valor neto que depende de la polinización. Con estas consideraciones, el resultado para el BLAA es de US$ 99 millones. Su Valor Económico Total Anual Potencial (VETAP) está calculado a partir del incremento del 18% de la superficie agrícola, el cual está determinado en las Contribuciones Nacionalmente Determinadas de Bolivia para el año 2030. Con esta consideración, el VETAP se estimó en un valor de US$ 116 millones.

Distribución espacial: para la distribución espacial se tomaron en cuenta tres factores: la cantidad de producción a nivel municipal (de los productos dependientes de polinización), la superficie agrícola obtenida del mapa de cobertura de MapBiomas Bolivia y un mapa de aptitud para la presencia de polinizadores elaborado a partir de diversos datos.

Inicialmente el valor económico se distribuyó a nivel municipal a partir de la participación municipal en la producción de los productos considerados en el cálculo. La producción municipal fue estimada a partir de datos del Sistema Integral de Información Productiva (SIIP, 2022). Posteriormente se extrajo la cobertura agrícola de MapBiomas Bolivia y se hizo un área de influencia de 3 Km alrededor de esta capa (un buffer de 3 Km) en función a la posible área de influencia de los polinizadores.

Finalmente, se realizó un mapa de aptitud de presencia de polinizadores en Bolivia, el cual está realizado por medio del Análisis Multicriterio con la metodología SMART (Sotelo *et al.*, 2016), donde se consideran distintas variables biofísicas que permiten un desempeño regular de los polinizadores, principalmente de las abejas. Entre las variables consideradas se pueden categorizar a las climáticas (temperatura, precipitación, aridez), las biológicas (riqueza de especies) y las del terreno (altura, cobertura del suelo). A esto se añaden criterios de restricción, como algunas zonas que pueden afectar a las polinizadoras (por ejemplo, las áreas mineras) (RAISG, 2020) o las redes de alta tensión eléctrica. Por ello, la distribución de valor de este servicio se encuentra en las áreas agrícolas con mayor valor en lugares de mayor probabilidad de presencia de polinizadores.

3.10. Turismo y recreación

Valoración económica*:* Los servicios recreativos son beneficios de los ecosistemas que permiten disfrutar del entorno mediante interacciones físicas y experienciales. Los servicios

de amenidad visual mejoran la calidad de vida al ofrecer beneficios sensoriales, especialmente visuales.

El valor económico del servicio de turismo y recreación se estima considerando la participación del turismo en el PIB, lo que da un valor agregado de Bs. 7.491 millones (Aramayo, 2018). Además, se incluye el ingreso por visitantes a áreas protegidas, que fue de 10 millones de bolivianos en 2022 (SERNAP, 2022). Tomando en cuenta entonces que el 22,6% del valor agregado del turismo puede atribuirse a la naturaleza, y descontando costos, se calcula un Beneficio Local Anual Actual (BLAA) de US$ 244 millones.

En el libro *Turismo con propósito y la agenda 2030 en Bolivia* (SDSN Bolivia e IES, 2024) se presentan estimaciones del posible crecimiento del gasto turístico en Bolivia, y por tanto varios escenarios de la posibilidad de crecimiento del sector. En el mencionado documento se expresan varios motivos por los que la tendencia de crecimiento del turismo se podría recuperar e incrementar sustancialmente. El supuesto más optimista estimó que para 2030 el gasto turístico de extranjeros en Bolivia podría quintuplicarse. Este crecimiento podría generalizarse no solo al gasto turístico sino también a todo el sector, fomentando también el turismo interno y considerando que este sector se compone de varios productos y servicios. Además, los beneficios del turismo incluyen ingresos de divisas. Con estas consideraciones, el potencial beneficio podría quintuplicarse aún bajo condiciones menos optimistas que las presentadas por el estudio de referencia, por lo que para el valor potencial del turismo se tomará en cuenta un posible incremento en cinco veces el beneficio actual para 2030, siendo el Valor Económico Total Anual Potencial de US$ 1.220 millones.

Distribución espacial: para generar la distribución del valor turístico, se utilizó como base el mapa de estimación de tiempos de viaje en Bolivia (Weise, 2024). Este análisis emplea datos geoespaciales para generar un archivo ráster con una resolución de 100 metros de píxel, mostrando las distancias en horas a las capitales municipales. El mapa fue reclasificado en intervalos de tiempo de viaje, asignando valores según la cercanía: 0-4 horas (valor 5), 4-8 horas (valor 4), 8-12 horas (valor 3), 12-24 horas (valor 2) y más de 24 horas (valor 1). Esta clasificación permite que los píxeles más cercanos a las capitales municipales tengan un mayor valor. El resultado es un mapa ráster final que refleja la distribución del valor de la producción turística a nivel de píxel, priorizando las áreas más cercanas a las capitales municipales.

4. Limitaciones del estudio

Es importante reconocer las limitaciones inherentes al trabajo a escala nacional. Estas restricciones, detalladas a continuación para cada servicio, se derivan principalmente de la disponibilidad de datos, la resolución de la información y los supuestos metodológicos necesarios para realizar estimaciones a este nivel de análisis.

En términos generales, se utilizaron las mejores fuentes de información disponibles a nivel nacional para la estimación del valor económico de los servicios ecosistémicos para Bolivia. Esto se combinó con datos con el mayor nivel de desagregación posible, que en la mayoría de los casos correspondió al nivel municipal o de cuenca. Estos niveles de desagregación sirvieron como base para mejorar la distribución espacial junto con información geográfica complementaria, como mapas de cobertura de suelo, cuerpos de agua y firmas espectrales, entre otros, lo que permitió distribuir las estimaciones económicas nacionales a una resolución espacial de 100 metros por píxel.

Si bien esta resolución no alcanza una precisión total a nivel local, los resultados obtenidos a escalas territoriales agregadas (por ejemplo, áreas protegidas, territorios indígenas, municipios o cuencas) proporcionan información relevante sobre el orden de magnitud de los aportes; las zonas con mayor concentración de valor en los servicios ecosistémicos y posibles áreas de interés para estudios locales más detallados permitirán mejorar la precisión de las estimaciones.

Producción de madera: se consideraron solo las especies más representativas por municipio, debido a diferencias en el nivel de detalle entre las fuentes del BDP y el INE. La extracción ilegal de madera fue excluida del análisis por la falta de datos confiables. En la distribución espacial, se mantuvo una asignación aleatoria de píxeles en la superficie boscosa municipal, dada la dificultad de mapear especies y áreas de extracción específicas, ya que la ubicación espacial de las concesiones forestales no se encuentra disponible ni actualizada.

Plantas silvestres utilizadas para nutrición: se priorizaron los productos reportados por el BDP, que representan el 98% de la producción total, estimando un valor general aproximado para otros de menor representatividad. El uso de firmas espectrales puede presentar imprecisiones en zonas con baja densidad de follaje o de individuos de las especies estudiadas.

Pesca: se emplearon valores generales para las tres grandes cuencas del país, promediados según el volumen de aprovechamiento y el precio por especie. La distribución del valor se generalizó para todos los cuerpos de agua de cada cuenca, por lo cual no se pudo establecer las diferencias en el volumen de aprovechamiento en diferentes puntos de las cuencas; debido a que no existen estos datos a nivel nacional.

Agua para consumo: en la distribución espacial, se consideraron cuerpos de agua superficial, subcuencas y coberturas vegetales, pero no se incluyeron aguas subterráneas u otras fuentes, por falta de información detallada; se incluye esto implícitamente al darle un valor a la cobertura de vegetación natural que permite la recarga de acuíferos, pero no se han identificado lugares específicos de recarga.

Provisión de agua para energía: aunque se trabajó a nivel de cuenca 5, los valores de caudal se distribuyeron mediante variables proxy, lo que puede no capturar dinámicas hidrológicas, geológicas o de uso del suelo a escala local. La precisión del potencial de generación energética depende de la fidelidad de esta distribución paramétrica, por lo que, si bien se identifican lugares potenciales a priori, serían necesarios estudios locales para comprobar la factibilidad de la implementación del aprovechamiento de energía en esos lugares.

Provisión de cultivos: la principal limitación fue la falta de información para distinguir entre sistemas de riego, dependencia de lluvia y uso de acuíferos, así como para cuantificar el aporte de cada factor a los cultivos, por lo que se utilizó un valor referencial a partir de la bibliografía; pero no se cuenta con estudios nacionales que permitan comparar estos valores.

Mantenimiento de hábitats y especies: la valoración a nivel nacional mediante transferencia de beneficios introduce incertidumbre, por lo que no se utilizó ese método de estimación para los resultados finales. El valor económico utilizado proviene de un informe externo del monto requerido para la conservación de la biodiversidad global. Pese a que esta aproximación no es un método establecido en la economía ambiental para la valoración de la biodiversidad, resulta útil para reducir la subjetividad de la valoración contingente.

Secuestro y almacenamiento de carbono: la resolución espacial de 100 m de la capa de biomasa aérea puede subestimar los depósitos reales de carbono. Además, el servicio de secuestro es el que mayormente se monetiza en los mercados, no así el de almacenamiento.

Polinización: la distribución espacial de polinizadores se basó en una zonificación de aptitud, que no incluye variables como viento o humedad y registros de la distribución de polinizadores, debido a la falta de datos con resolución espacial y temporal adecuada.

Turismo y recreación: el valor económico se obtuvo de fuentes que no desagregan el turismo asociado a la naturaleza, por lo que se asumieron supuestos para atribuir un valor a este servicio. Para la distribución espacial, se utilizó un mapa de tiempo de viaje a capitales departamentales, en lugar de uno basado en la proximidad a atractivos naturales, lo que podría no reflejar adecuadamente la distribución del turismo de naturaleza.

5. Resultados

Como se mencionó al inicio del documento, se contabilizaron los valores de Beneficio Local Anual Actual (BLAA) y Valor Económico Total Anual Potencial (VETAP). Se manejaron supuestos conservadores y modestos, para evitar el sobredimensionamiento de alguno de estos servicios. Además, a lo largo del desarrollo del estudio se han descartado algunos servicios ecosistémicos que no han podido ser cuantificados de modo consistente, debido a falta de fuentes de información o a la carencia de una metodología sólida y replicable para Bolivia. Es el caso de los servicios de tratamiento de aguas residuales y regulación de eventos extremos, por ejemplo.

Aun así, el valor cuantificado para los servicios considerados en el presente estudio es de US$ 29 mil millones, una cifra equivalente al 63% del Producto Interno Bruto de Bolivia, el cual es de 46 mil millones de US$. El valor total, por lo tanto, representa un aporte importante para la vida de los habitantes del país, que al ser cuantificado demuestra la importancia de cuidar los espacios naturales que generan valor para la sociedad boliviana. El detalle se encuentra en el siguiente cuadro:

Si se comparan estos valores con la contribución de algunos sectores relevantes de la economía boliviana, se puede ver con mayor claridad la importancia de éstos. Por ejemplo, el beneficio actual de la provisión de agua para consumo tiene un valor similar al valor agregado generado por productos agrícolas industriales o con el valor de los productos pecuarios.

Cuadro 4
Valor económico total de los servicios ecosistémicos en Bolivia (millones US$/año)

Servicio ecosistémico	Beneficio Local Anual Actual (BLAA)	Valor Económico Total Anual Potencial (VETAP)
Almacenamiento y secuestro de carbono	0	11.500
Mantenimiento de hábitats y especies	0	11.000
Provisión de agua para consumo	1.000	2.250
Provisión de agua para energía	957	1.626
Turismo y recreación	244	1.220
Provisión de cultivos	907	1.070
Producción de madera y leña	41	590
Producción de frutos del bosque	118	255
Polinización de cultivos	99	116
Pesca	8	11
Total	**3.374**	**29.638**

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 5
Valor agregado por actividad económica, Bolivia 2023

Actividad económica	Valor agregado 2023 (millones US$)
Productos agrícolas industriales	1.024
Productos pecuarios	1.371
Petróleo crudo y gas natural	1.384
Minerales metálicos y no metálicos	2.585

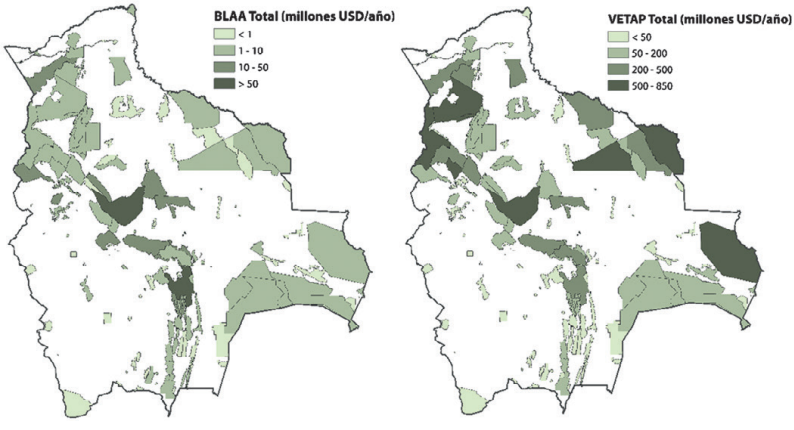
Fuente: Elaboración propia con base en INE (2023).

En las áreas protegidas se concentra un 24% del BLAA (aproximadamente US$ 800 millones al año) alcanzando un 41% en el VETAP (alrededor de US$ 11,7 mil millones). El servicio de mayor valor en las AP es el almacenamiento y secuestro de carbono y el mantenimiento de hábitats y especies. Algunas de las áreas protegidas más importantes en cuanto a valor económico son Madidi, Isiboro Sécure, Río Grande y Valles Cruceños y Apolobamba (ver cuadros 7 y 8).

Especialmente las áreas protegidas nacionales concentran alto valor de los servicios ecosistémicos. Actualmente, el presupuesto anual del SERNAP bordea los US$ 6 millones, siendo que protege servicios ecosistémicos con un valor anual de al menos 1.000 veces más que su presupuesto.

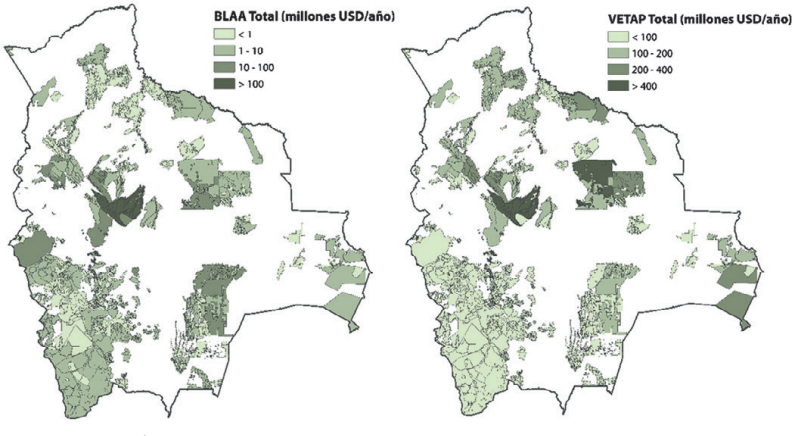
Por otro lado, los territorios indígenas proveen aproximadamente el 21% del BLAA a nivel nacional (cerca de US$ 705 millones), especialmente concentrado en provisión de agua. Este valor asciende a un 27% en el VETAP (US$ 7,8 mil millones al año, aproximadamente). El territorio indígena más destacado en cuanto a su valor económico total calculado es el TIPNIS, seguido de Guarayos. Los siguientes mapas muestran la distribución del BLAA y el VETAP en estos territorios:

Mapa 1: Distribución del BLAA y el VETAP en áreas protegidas nacionales y subnacionales



Fuente: Elaboración propia.

Mapa 2: Distribución del BLAA y el VETAP en territorios indígena originario campesinos titulados y demandados



Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 6
BLAA en áreas protegidas nacionales y subnacionales

Nombre	Valor en miles de US$
Isiboro Sécure	278.045
Río Grande y Valles Cruceños	63.318
Apolobamba	41.405
Carrasco	39.591
Tunari	38.847

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 7
VETAP en áreas protegidas nacionales y subnacionales

Nombre	Valor en miles de US$
Madidi	982.074
Isiboro Sécure	844.812
San Matías	674.224
Noel Kempff Mercado	610.900
Ríos Blanco y Negro	521.406

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados del análisis muestran el valor de los servicios ecosistémicos en áreas protegidas y territorios indígena originario campesinos. Asumiendo, como se mencionó al inicio, que las áreas protegidas y los territorios indígenas protegen las áreas naturales de la intervención externa, estos territorios contribuyen a preservar los servicios ecosistémicos y el valor que aportan los mismos.

6. Análisis y discusión

Los resultados de este estudio no solo proveen una mirada hacia el valor económico de las áreas naturales en Bolivia, sino que también muestran la importancia de la protección de estos espacios a través de regímenes de administración territorial especial, como son las áreas protegidas y los territorios indígenas, que en un caso establecen límites a determinada intervención humana y en el segundo caso establecen derechos de propiedad a grupos poblacionales, permitiéndoles conservar sus territorios bajo sus usos y costumbres.

Una manera de corroborar esta afirmación es analizar los efectos que tienen las potenciales amenazas a estos espacios diferenciados por el tipo de protección que poseen. De este modo, se realizó un análisis a nivel nacional de la amenaza a las áreas naturales por pérdida de cobertura forestal. Los siguientes cuadros detallan las superficies de afectación y sus porcentajes respecto a la superficie total, mostrando la incidencia de estas amenazas a nivel nacional:

Cuadro 8
Pérdida de cobertura forestal a nivel nacional de acuerdo con la categoría de protección de las áreas naturales, 2023

Categoría	Pérdida de cobertura forestal, 2019-2023 (ha)	Pérdida de cobertura forestal, 2019-2023 (% de pérdida respecto al bosque de 2018)	Valor promedio VETAP (US$/ ha/año)
Solo AP	406.338	2%	349
Solo TIOC	419.741	4%	168
AP y TIOC	95.349	1%	272
Fuera de AP/TIOC	1.485.922	7%	347
Total	2.407.349	4%	-

Fuente: Elaboración propia con resultados del estudio y mapas de cobertura de MapBiomas (MapBiomas Bolivia, 2023).

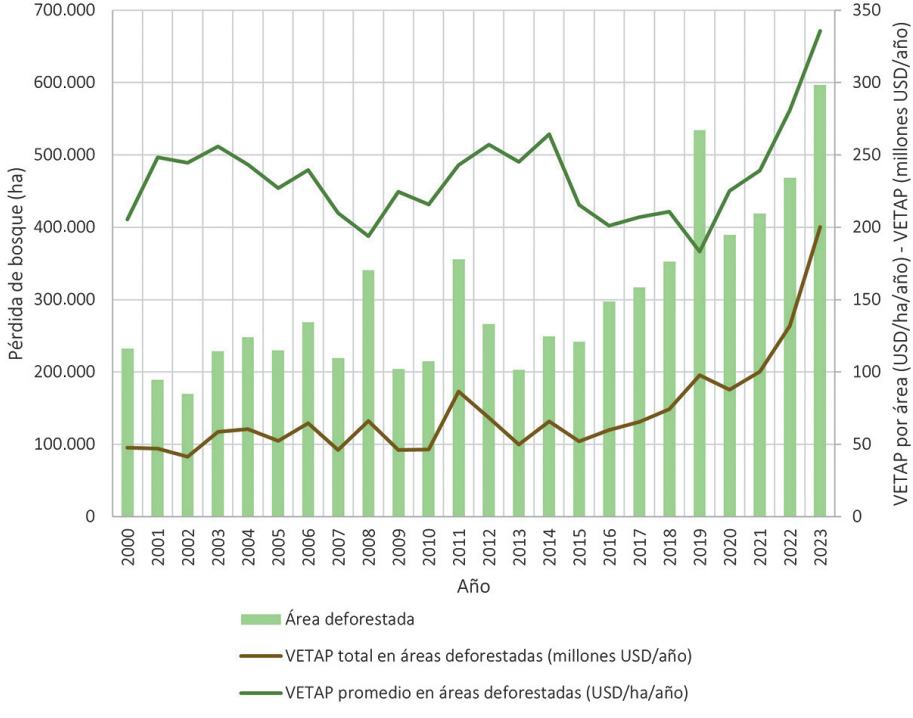
La deforestación y los incendios son algunos de los problemas más recurrentes[8]. Cada año diversas fuentes reportan pérdidas en hectáreas de bosque, especies afectadas y otros datos en términos físicos. Por ejemplo, Global Forest Watch reportó una pérdida de cobertura forestal alarmante en 2024, alcanzando 1,48 millones de hectáreas de bosque primario perdido, rompiendo el récord anterior del año 2023 de 491 mil hectáreas de bosque primario perdido (Hansen *et al.*, 2013). La degradación forestal se muestra como una tendencia creciente en toda la región. En 2024 se quemaron más de 12 millones de hectáreas en Bolivia, de las cuales 7 millones eran superficie boscosa (Czaplicki, 2025); de ellas se perdió aproximadamente 1,07 millones de hectáreas de bosque específicamente por fuego (Tyukavina *et al.,* 2022).

Sin embargo, haciendo un cruce de las áreas con pérdida de cobertura forestal y los mapas de valor total potencial (VETAP), podemos estimar un aproximado de la afectación en dólares de los beneficios anuales que han sido afectados por la pérdida de cobertura forestal. El

8 Se discrimina entre deforestación e incendios debido a que un incendio no necesariamente es un tipo de deforestación, ya que, según su intensidad, duración y cobertura afectada, puede o no incurrir en la pérdida completa de cobertura forestal. Por tanto, un incendio forestal puede dejar una superficie sin bosque (deforestación) o una superficie con bosque dañado (degradación) (Andersen *et al.*, 2023; FAO, 2025).

siguiente gráfico muestra la pérdida anual de cobertura forestal, con base en la estimación de los valores afectados cada año. Se puede ver que, junto con la tendencia creciente de hectáreas con pérdida de bosque, hay un incremento también en el valor por hectárea afectada. Esto podría indicar que cada año se afectan hectáreas con mayor provisión de servicios ecosistémicos; por ello, no solo se afectan más hectáreas sino las hectáreas más valiosas en cuanto a sus servicios ecosistémicos.

Gráfico 1: Pérdida anual de cobertura forestal, Valor Económico Total Anual Potencial (VETAP) afectado, Bolivia, 2000-2023



Fuente: Elaboración propia.

7. Conclusiones

El análisis realizado en el estudio demuestra que los servicios ecosistémicos generados por las Áreas Protegidas (AP) y los Territorios Indígena Originario Campesinos (TIOC) tienen

un valor económico significativo, estimado en 28 mil millones de US$ anuales. Las AP y los TIOC albergan una riqueza ecológica invaluable y constituyen la base para servicios esenciales, como el secuestro y almacenamiento de carbono, la provisión de agua, la producción de alimentos, la polinización y el turismo, servicios que generan beneficios económicos directos e indirectos a la población local y que superan ampliamente las inversiones destinadas a su gestión y protección.

Según la rendición de cuentas públicas del SERNAP, se prevé una brecha financiera para esta institución de US$ 130 millones para los siguientes 10 años (SERNAP, 2024), por lo que se requieren ingresos adicionales para asegurar el presupuesto de esta institución en los siguientes años.

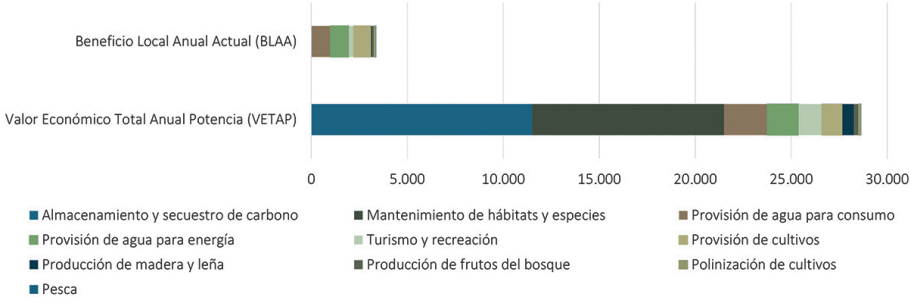
Es necesario generar alternativas para incrementar los recursos disponibles para la conservación. Se ha evaluado, por ejemplo, que los bolivianos podrían estar dispuestos a pagar un monto por la conservación y visita a algunas áreas protegidas nacionales, lo cual se está poniendo a prueba y en práctica con la implementación del Pasaporte de las Áreas Protegidas (Rakela *et al.*, 2024). Generar este tipo de iniciativas que permitan la transferencia de recursos de la población nacional y extranjera a las áreas protegidas de todo nivel, podría ser un mecanismo clave para lograr la sostenibilidad financiera de las AP.

Amenazas como la deforestación, la minería y los incendios afectan significativamente la capacidad de estas áreas para proveer servicios ecosistémicos. Las zonas sin protección, o con protección parcial, son las más vulnerables, mientras que las áreas combinadas de AP y TIOC presentan la menor pérdida de cobertura forestal, destacando la efectividad de estos esquemas de conservación. El gráfico 2 resalta la amplia diferencia que existe entre el BLAA y el VETAP, denotando la brecha entre el beneficio que la comunidad local percibe y el valor económico total que las áreas naturales aportan a la comunidad nacional y global.

El valor económico estimado de las áreas protegidas y los territorios indígenas, junto con los costos y pérdidas asociados a su degradación, subraya la urgencia de incrementar el financiamiento para su manejo sostenible. Actualmente, el presupuesto destinado a la gestión de las áreas protegidas nacionales es significativamente inferior al valor que éstas protegen y aportan, evidenciando una oportunidad para mejorar la asignación de recursos. Finalmente, es de gran importancia priorizar la implementación de estrategias integrales que armonicen la

conservación ambiental con el desarrollo económico y social de Bolivia, con una perspectiva de desarrollo sostenible que permita el aprovechamiento racional e integral de los espacios naturales en el largo plazo.

Gráfico 2: Relación entre el BLAA y el VETAP por cada servicio ecosistémico (en millones de dólares por año)



Fuente: Elaboración propia.

8. Material suplementario

Como parte de los resultados del presente estudio se generaron mapas para cada servicio ecosistémico, tanto para el beneficio actual (BLAA) como para el valor potencial (VETAP)[9]. Junto con los mapas en formato ráster se encuentra una hoja descriptiva con algunas consideraciones y recomendaciones para cada uno de los mapas. De manera general se recomienda el uso de los valores a nivel agregado (AP, TIOC, municipios, cuencas y otro tipo de delimitaciones), pues a nivel de píxel la incertidumbre puede ser mayor.

Fecha de recepción: 31 de julio de 2025
Fecha de aceptación: 27 de octubre de 2025

9 Los mapas se encuentran disponibles en el siguiente enlace: https://drive.google.com/drive/u/0/folders/1d-r7vvo77wuZnwHKqwXf3J3YkzOa4vXt.

Referencias

1. ABT (2023). Resolución Administrativa ABT N° 363/2023. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia: ABT. https://abt.gob.bo/images/stories/formulariosyreglamentos/2023/RA-ABT-363-2023.pdf

2. Andersen, L.E., Argandoña Gonzales, F.K., Balmford, B., Choque Sunagua, S., Groom, B., Inkinen, V., ... Weinhold, D. (2023). *¿Por qué es tan difícil medir la deforestación*? SDSN Bolivia. https://sdsnbolivia.org/por-que-es-tan-dificil-medir-la-deforestacion/

3. ANF, Agencia de Noticias Fides (19 de febrero de 2016). *Ajayu, el oso jukumari maltratado muestra mejoras importantes en su salud*. Noticias Fides. https://www.noticiasfides.com/nacional/sociedad/ajayu-el-oso-jukumari-maltratado-muestra-mejoras-importantes-en-su-salud--362879

4. Aramayo, R. (2018). *El sistema económico de los sistemas locales, el potencial en los 339 municipios de Bolivia*. La Paz: Análisis Real-Latinoamérica.

5. Argandoña, F.K., Calderón Acebey, D.L., Choque Sunagua, S., Miranda Cuevas, S.A., Muñoz Quisberth, Á.M. y Ortiz Zarate, A. (2023). *Zonificación agroecológica (ZAE) para Bolivia*. La Paz, Bolivia: SDSN Bolivia.

6. Ávila Vidaurre, M. (2023). *Estudio de la oferta y demanda de mercado de asaí e innovación de productos y tecnología para su producción*. Cobija: Instituto Boliviano de Investigación Forestal (IBIF). https://ibifbolivia.org.bo/wp-content/uploads/2023/06/ESTUDIO-DE-LA-OFERTA-Y-DEMANDA-DE-MERCADO-DE-ASAI-E-INNOVACION-DE-PRODUCTOS-Y-TECNOLOGIA-PARA-SU-PRODUCCION-2023.pdf

7. Bazoberry Chali, O. y Salazar Carrasco, C. (2008). *El cacao en Bolivia: una alternativa económica de base campesina indígena.* La Paz, Bolivia: Centro de Investigación y Promoción del Campesinado (CIPCA). https://www.cipca.org.bo/publicaciones-e-investigaciones/cuadernos-de-investigacion/el-cacao-en-bolivia-una-alterntiva-economica-de-base-campesina-

8. Banco de Desarrollo Productivo, BDP (2017). *Mapa de complejidades. Producción forestal no maderable*. La Paz, Bolivia. https://complejidades.bdp.com.bo/forestal

9. Biller, D. y Bark, R. (2001). Rationale, summary and conclusions. En OECD, *Valuation of Biodiversity Benefits. Selected Studies* (pp. 11-25). France: Organisation for Economic Co-Operation and Development.

10. Brienen, R., Phillips, O., Feldpausch, T., Gloor, E., Baker, T. y Lloyd, J. (2015). Long-term decline of the Amazon carbon sink. *Nature*, 519, 344-348. doi: 10.1038/nature14283

11. Coca Méndez, C., Rico López, G., Carvajal Vallejos, F.M., Salas Peredo, R., Wojchiechowski, J.M. y Van Damme, P.A. (2012). *La cadena de valor del pescado en el norte amazónico de Bolivia: contribución de especies nativas y de una especie introducida (el paiche-Arapaima gigas)*. La Paz, Bolivia: Programa de Investigación Estratégica en Bolivia (PIEB). https://pecesvida.org/wp-content/uploads/2023/02/cocaal.2012-cadena-de-valor-del-pescado.pdf

12. Coria García, O.M. y Mendoza Nogales, R.A. (29 de noviembre de 2022). Sistema de recolección y comercialización de castaña (Bertholletia excelsa) del cantón Nacebe del municipio Santa Rosa, provincia Abuná del departamento de Pando. *Cibum Scientia*, 1(2), 80-90. https://cibumscientia.umsa.bo/index.php/1/article/view/28

13. Colarullo, G., Horton, B., Bateman, I. y Peres, C. (2003). Evaluating non-user willingness to pay for a large-scale conservation programme in Amazonia: A UK/Italian contingent valuation study. *Environmental Conservation*, 30(2), 139-146. https://doi.org/10.1017/S0376892903000122

14. Czaplicki, S. (24 de abril de 2025). 2024 negro: 12,6 millones de hectáreas arrasadas en el peor año de incendios de la historia boliviana. *Nómadas.* https://revistanomadas.com/2024-negro-126-millones-de-hectareas-arrasadas-en-el-peor-ano-de-incendios-de-la-historia-boliviana/

15. Dugstad, A. (2018). *Norwegian Households' Willingness to Pay to Preserve a Global Public Good: The Amazon Rainforest*. Norway: Norwegian University of Life Sciences. http://hdl.handle.net/11250/2571825

16. Espinoza Antezana, S. (2020). *El pescado amazónico en Bolivia: una aproximación a su valor comercial*. La Paz: Conservation Strategy Fund (CSF). https://www.conservation-strategy.org/sites/default/files/field-file/El%20Pescado%20Amazo%CC%81nico%20en%20Bolivia-%20Una%20Aproximacio%CC%81n%20a%20su%20Valor%20Comercial.pdf

17. Eyres, A., Ball, T., Dales, M., Swinfield, T., Arnell, A., Baisero, D. y Balmford, A. (2024). *LIFE: A metric for quantitatively mapping the impact of land-cover change on global extinctions*. Cambridge Open Engage. doi:10.33774/coe-2023-gpn4p-v5

18. Falkenmark, M. y Widstrand, C. (1992). Population and Water Resources: A delicate balance. *Population Bulletin*, 47(3), 1-36.

19. FAO (2025). *Terms and Definitions. Forest Resources Assessment.* United Nations (UN). https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/a6e225da-4a31-4e06-818d-ca3aeadfd635/content

20. FAO y FILAC. (2021). *Los pueblos indígenas y tribales y la gobernanza de los bosques. Una oportunidad para la acción climática en América Latina y el Caribe*. Santiago: FAO. https://doi.org/10.4060/cb2953es

21. FAOSTAT. (2022). *Precios al productor*. https://www.fao.org/faostat/es/#data/PP

22. Felipez Chiri, W., Orías Soliz, J. y Serrano Pacheco, M. (2015). Plantas comestibles nativas y naturalizadas del Parque Nacional y Área Natural de Manejo Integrado Serranía del Iñao Chuquisaca Bolivia. *Agro-ecológica*, 2(1), 169-179. https://revistas.usfx.bo/index.php/rae/article/view/102/86

23. Fernández, M. y Martínez, A. (2020). Análisis preliminar de proyectos hidroeléctricos en Bolivia, sus impactos ambientales y la complementariedad energética. *Energética*. La Paz, Bolivia: World Wildlife Fund (WWF). https://wwflac.awsassets.panda.org/downloads/4_hidros_y_complementariedad_25_02_optimized.pdf

24. García, K. y Urioste, A. (2013). *Aprovechamiento sostenible de frutos de asaí en el Bajo Paraguá, Comunidad Porvenir*. Santa Cruz, Bolivia: FAN. http://ecodoc.fcbc.org.bo/public/file/download/DEX-0834

25. Gatti, L., Basso, L., Miller, J., Gloor, M., Gatti Domingues, L., Cassol, H., ... Neves, R. (2021). Amazonia as a carbon source linked to deforestation and climate change. *Nature*, 595, 388-393. https://doi.org/https://doi.org/10.1038/s41586-021-03629-6

26. Global Runoff Data Centre (GRDC) (s.f.). *GRDC: Global runoff data centre*. https://grdc.bafg.de/

27. Gómez Pompa, A. (1998). La conservación de la biodiversidad en Mexico: Mitos y realidades. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 63, 33-41.

28. Haines Young, R. y Potschin, M. (2018). *Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) V 5.1 Guidance on the Application of the Revised Structure.* Fabis Consulting, Nottingham. https://cices.eu/content/uploads/sites/8/2018/01/Guidance-V51-01012018.pdf

29. Hansen, M., Potapov, P., Moore, R., Hancher, M., Turubanova, S., Tyukavina, A., ... Townshend, J.G. (2013). High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover

Change. *Science*, 342(6160), 850-853. https://glad.earthengine.app/view/global-forest-change

30. Hubau, W., Lewis, S., Phillips, O., Affum-Baffoe, K., Beeckman, H. y Cuní-Sanchez, A. (2020). Asynchronous carbon sink saturation in African and Amazonian tropical forests. *Nature*, 579, 80-87. doi: 10.1038/s41586-020-2035-0

31. Ibisch, P. y Mérida, G. (2003). *Biodiversidad: la riqueza de Bolivia. Estado de conocimiento y conservación*. Santa Cruz: Editorial FAN.

32. Instituto Nacional de Estadística, INE (2023). *Agricultura. Cuadros estadísticos*. https://www.ine.gob.bo/index.php/estadisticas-economicas/agropecuaria/agricultura-cuadros-estadisticos/

33. ---------- (2023). *Medio ambiente. Recursos forestales.* https://www.ine.gob.bo/index.php/medio-ambiente/recursos-forestales-cuadros-estadisticos/

34. IPBES (2019). *Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services.* Germany: IPBES secretariat.

35. Keith, H., Vardon, M., Lindenmayer, D. y Mackey, B. (2019). Accounting for carbon stocks and flows: Storage and sequestration are both ecosystem services. Paper for the 25th Meeting of the London Group on Environmental Accounting. https://seea.un.org/sites/seea.un.org/files/carbon_accounts_london_group_oct_2019_hkeith.pdf

36. Klein, A.-M., Vaissière, B., Cane, J., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S., Kremen, C. y Tscharntke, T. (2007). Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *The Royal Society*, 247(1608), 303-313. https://royalsocietypublishing.org/doi/abs/10.1098/rspb.2006.3721

37. KristÒFersson, D., & Navrud, S. (2007). Can use and Non-use Values Be Transferred Across Countries? En S. Navrud y R. Ready (eds.), *Environmental Value Transfer: Issues and Methods.* The Economics of Non-Market Goods and Resources. Springer.

38. La Notte, A., Vallecillo Rodriguez, S., García Bendito, E., Grammatikopoulou, I., Czucz, B., Ferrini, S., ... Maes, J. (2021). Ecosystem Services Accounting. Part III, Pilot accounts for habitat and species maintenance, on-site soil retention and water purification. Luxembourg: Publications Office of the European Union. https://doi.org/10.2760/636621

39. Leguía, D., Malky, A. y Ledezma, J. (2011). Análisis del costo de oportunidad de la deforestación evitada en el noroeste amazónico de Bolivia. Conservation Strategy Fund, La Paz.

40. MapBiomas Agua (2024). Plataforma de mapas y datos de MapBiomas. Plataforma de agua. https://code.earthengine.google.com/?scriptPath=users%2Fmapbiomas%2Fuser-toolkit%3Amapbiomas-user-toolkit-water.js

41. MapBiomas Bolivia (2023). MapBiomas Bolivia. *Colección 2 de la serie anual de mapas de cobertura y uso del suelo de Bolivia*. plataforma.bolivia.mapbiomas.org

42. Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras (2015). *Estudio de pre-inversión. Desarrollo de la producción acuícola y pesca en las cuencas Amazonas, Altiplano y del Plata.* La Paz, Bolivia: Viceministerio de Desarrollo Rural y Agropecuario e Institución Pública Desconcentrada de Pesca y Acuicultura.

43. Ministerio de Medio Ambiente y Agua, MMAyA (2015). *V Informe Nacional, Convenio de las Naciones Unidas sobre la Diversidad Biológica: Vivir Bien en Armonía con la Madre Tierra.* https://www.cbd.int/doc/world/bo/bo-nr-05-es.pdf

44. ---------- (2024). *Valores de conservación en áreas protegidas y ecosistemas estratégicos. Dirección General de Biodiversidad y Áreas Protegidas.* Wildlife Conservation Society (WCS). https://geo.gob.bo/catalogue/#/document/2887

45. Nowicki, C., Sommer, H., Ley, A. e Ibisch, P. (2004). *Mapa de riqueza absoluta de especies.* Santa Cruz: Editorial FAN.

46. Parisa, Z., Marland, E., Sohngen, B., Marland, G. y Jenkins, J. (2022). The time value of carbon storage. *Forest Policy and Economics*, 144, 102840. https://doi.org/10.1016/j.forpol.2022.102840

47. Phillips, O., Lewis, S., Baker, T., Chao, K. y Higuchi, N. (2008). The changing Amazon forest. Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, *Biological Sciences*, 363, 1819-1827. doi: 10.1098/rstb.2007.0033

48. Pienika, R., Rovira, L. y Schenzer, D. (2014). *Potencial hidroeléctrico en pequeña escala de Uruguay*. XXVI Congreso Latinoamericano de Hidráulica. https://www.researchgate.net/publication/323915935_POTENCIAL_HIDROELECTRICO_EN_PEQUENA_ESCALA_DE_URUGUAY/link/5f7fbea292851c14bcb8e983/download?_tp=eyJjb250ZXh0Ijp7ImZpcnN0UGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIiwicGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIn19

49. RAISG (2020). *Zonas mineras* [Shapefile]. https://www.raisg.org/es/mapas/#descargas

50. Rakela, S., Cabrerizo Suaznábar, I. y Bacarreza, V. (2024). *Pasaporte de áreas protegidas de Bolivia*. La Paz: CSF.. https://www.conservation-strategy.org/node/438291

51. Rakela, S., Vilela, T., Espinoza, S., Malky Harb, A. y Mendizábal Vergara, C. (2024). Exploring Public Support for Bolivia's Protected Areas: A Contingent Valuation Approach. *Land*, 13(6). https://doi.org/ 10.3390/land13060868

52. Revollo, M. (16 de marzo de 2023). Misicuni entrega agua a Bs. 1.83 el metro cúbico en 15 comités del sur. *Opinión*. https://www.opinion.com.bo/articulo/cochabamba/misicuni-entrega-agua-bs-183-metro-cubico-15-comites-sur/20230315223903900380.html

53. Reyes García, V., Huanca, T., Vadez, V., Leonard, W. y Wilkie, D. (Julio de 2006). Cultural, Practical, and Economic Value of Wild Plants: A Quantitative Study in the Bolivian Amazon. *Economic Botany*, 60(1), 62-74. https://oar.icrisat.org/4239/1/EconomicBotany_60_1_62-74_2006.pdf

54. Ritchie, H. (2021). How much of the world's food production is dependent on pollinators? *Our World in Data.* https://ourworldindata.org/pollinator-dependence#:~:text=Many%20of%20the%20crops%20that,countries%20rely%20on%20for%20trade

55. Ritchie, H. y Roser, M. (2018). Water Use and Stress. *Our World in Data.* https://ourworldindata.org/water-use-stress

56. Rivero Moreno, J. (2017). *Sistema forestal no maderable: aprovechamiento de semilla de almendrillo (Dipteryx odorata)*. Autoridad de Fiscalización y Control Social de Bosques y Tierra, Jefatura Nacional de Promoción de Desarrollo Integral de Bosques, Tierra y Cambio Climático, Cochabamba. Obtenido de: https://www.academia.edu/59078687/Aprovechamiento_semilla_de_almendrillo

57. Santana, R.F. y Mota, J.A. (2004). O valor econômico de existência do Parque Nacional Do Jaú (Amazonas). *Revista de Economia,* 30(1). https://doi.org/10.5380/re.v30i1.2009

58. Santoro, M. y Cartus, O. (2021). *ESA Biomass Climate Change Initiative (Biomass_cci): Global Datasets of Forest Above-Ground Biomass for the Years 2010, 2017 and 2018, v2.* Oxfordshire: Centre for Environmental Data Analysis (CEDA). https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=3168721

59. SDSN Bolivia e IES. (2024). Turismo con propósito y la Agenda 2030 en Bolivia: una mirada prospectiva basada en datos y estudios. La Paz: Sustainable Development Solutions Network Bolivia, Universidad Privada Boliviana y Fundación IES. https://sdsnbolivia.org/wp-content/uploads/2024/06/Turismo%20con%20Prop%c3%b3sito%20digital.pdf

60. SERNAP (2022). *Informe de rendición de cuentas*. Servicio Nacional de Áreas Protegidas. https://www.sernap.gob.bo/index.php/rendicion-publica-de-cuentas/

61. ---------- (2024). *Rendición pública de cuentas final 2024* [Informe]. https://www.sernap.gob.bo/wp-content/uploads/2025/08/rpcf2024.pdf

62. Sistema integrado de información productiva, SIIP (2022). *Datos de producción 2021-2022*. https://siip.produccion.gob.bo/repSIIP2/formulario_mdryt2.php

63. Sotelo, E., Cruz, G., Gonzales, A. y Moreno, F. (2016). Determinación de la aptitud del terreno para maíz mediante el análisis espacial multicriterio en el Estado de México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 7(2), 401-412.

64. Stoian, D. (2004). Cosechando lo que cae: la economía de la castaña (Bertholletia excelsa H.B.K.) en la Amazonía boliviana. En M. N. Alexiades y P. Shanley (eds.), *Productos forestales, medios de subsistencia y conservación. Estudios de caso sobre sistemas de manejo de productos forestales no maderables* (vol. 3, pp. 89-116). Jakarta, Indonesia: CIFOR. https://www.cifor-icraf.org/publications/pdf_files/Books/BAlexiades0701S.pdf

65. The Nature Conservancy (2020). *Closing the Nature Funding Gap: A Finance Plan for the Planet.* The Paulson Institute, The Nature Conservancy, and the Cornell Atkinson Center for Sustainability. https://www.nature.org/en-us/what-we-do/our-insights/perspectives/closing-nature-funding-gap-global-biodiversity-finance/

66. Thomas, E., Alcázar Caicedo, C., Loo, J. y Kindt, R. (2014). The distribution of the Brazil nut (Bertholletia excelsa) through time: from range contraction in glacial refugia, over human-mediated expansion, to anthropogenic climate change. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais*, 9(2), 267-291. http://editora.museu-goeldi.br/bn/artigos/cnv9n2_2014/distribution(thomas).pdf

67. Torrico Paz, S. y Galarza, M. (2021). Análisis del conocimiento, percepción y actitudes sobre murciélagos en la ciudad de La Paz, Bolivia. *Ecología en Bolivia*, 56(2), 91-101.

68. Tyukavina, A., Potapov, P., Hansen, M. C., Pickens, A. H., Stehman, S. V., Turubanova, S., ... Harris, N. (2022, Marzo 14). Global Trends of Forest Loss Due to Fire From 2001 to 2019. *Frontiers in Remote Sensing*, 3. https://doi.org/10.3389/frsen.2022.825190

69. Vallecillo Rodriguez, S., La Notte, A., Polce, C., Zulian, G., Alexandris, N., Ferrini, S. y Maes, J. (2018). *Ecosystem services accounting: Part I. Outdoor recreation and crop pollination*. Luxembourg: Publications Office of the European Union. https://doi.org/10.2760/619793

70. Vallecillo Rodríguez, S., La Notte, A., Kakoulaki, G., Kamberaj, J., Robert, N., Dottori, F., ... Maes, J. (2019). *Ecosystem services accounting. Part II Pilot accounts for crop and timber provision, global climate regulation and flood control*. Luxembourg: Publications Office of the European Union. https://doi.org/10.2760/631588

71. Viceministerio de Recursos Hídricos y Riego (2010). Unidades hidrográficas de Bolivia. https://geo.gob.bo/catalogue/#/?q=unidades%20hidrogr%C3%A1ficas&d=2183%3Bdataset

72. Vidaurre, M.A. (2023). Estudio de la oferta y demanda de mercado de castaña e innovación de productos y tecnología para su producción. Cobija, Bolivia: IBIF. https://ibifbolivia.org.bo/wp-content/uploads/2023/06/ESTUDIO-DE-LA-OFERTA-Y-DEMANDA-DE-MERCADO-DE-CASTANA-E-INNOVACION-DE-PRODUCTOS-Y-TECNOLOGIA-PARA-SU-PRODUCCION-22023.pdf

73. Weise, G.E. (2024). Estimación de tiempos de viaje en Bolivia con datos geoespaciales. SDSN Bolivia. https://sdsnbolivia.org/en/documento-de-trabajo-n-1-2024-estimacion-de-tiempos-de-viaje-en-bolivia-con-datos-geoespaciales-2/

74. WCS, CIPTA y APROCACE (28 de marzo de 2018). *La producción de cacao silvestre*. Gestión Territorial Indígena. La Paz, Bolivia: World Conservation Society (WCS).

75. WCS (s.f.). *WCS Bolivia*. https://bolivia.wcs.org/en-us/Global-Initiatives/Veterinary-medicine/Human-wildlife-conflict.aspx

76. Zuidema, P.A. (2003). Ecología y manejo del árbol de castaña (Bertholletia excelsa). Riberalta, Bolivia: Programa Manejo de Bosques de la Amazonía Boliviana (PROMAB). https://www.researchgate.net/publication/46646069_Ecologia_y_manejo_del_arbol_de_Castana_Bertholletia_excelsa

Anexo

Título del estudio	País	Año	DAP US$**/ hogar-año	DAP US$*/ persona-ha-año	DAP del país de estudio (en millones US$*/año)	DAP en términos del PIB DAP/ PIB país (%)	Valor para Bolivia si la población global tuviese la DAP del estudio (en millones de US$*)	Valor para Bolivia si del PIB global se destina la DAP en términos del PIB (en millones de US$*)
International Willingness to Pay for the Protection of the Amazon Rainforest	Estados Unidos	2019	92,0	1,06E-06	14.588	0,053	469.160	365
	Canadá			1,06E-06	1.646	0,077	469.160	533
Norwegian Households' Willingness to Pay to Preserve a Global Public Good The Amazon Rainforest	Noruega	2018	125,8	1,39E-07	366	0,075	61.235	524
Evaluating non-user willingness to pay for a large-scale conservation programme in Amazonia: a UK/Italian contingent valuation study	Italia	2003	45,6	1,32E-06	1.639	0,071	584.729	494
	Reino Unido			1,99E-06	1.827	0,054	877.094	375

Título del estudio	País	Año	DAP US$**/ hogar-año	DAP US$*/ persona-ha-año	DAP del país de estudio (en millones US$*/año)	DAP en términos del PIB DAP/ PIB país (%)	Valor para Bolivia si la población global tuviese la DAP del estudio (en millones de US$*)	Valor para Bolivia si del PIB global se destina la DAP en términos del PIB (en millones de US$*)
Economia e Valor de Existência: o caso do Parque Nacional do Jaú (Amazonas)	Brazil	2004	8,7	2,69E-08	2.586	0,119	11.885	826
Exploring Public Support for Bolivia's Protected Areas: A Contingent Valuation Approach	Bolivia1	2024	35,0	2,00E-06	384.60	0,852	882.678	5.916

* Valores actualizados por la inflación, representados en la tabla como dólares americanos al 2023.

* * Valores brindados por los estudios citados, en dólares americanos de diferentes años.

1 El estudio realizado en Bolivia estima la disposición de la población boliviana a pagar por un "pasaporte anual" para visitar las áreas protegidas nacionales, el cual funcionaría tanto como una tarifa de entrada y/o como una donación voluntaria. El estudio aborda el rol de las AP en la conservación de la naturaleza, preservación de la calidad del aire y/o el agua y disposición de espacios recreativos importantes, considerando más de un servicio ecosistémico y no solo biodiversidad, como en los demás estudios.

LAJED N° 44 Noviembre 2025 - Abril 2026 155 - 208
ISSN: 2074 - 4706
https://doi.org/10.35319/lajed.202544595

Assessing CO_2 Emissions from Deforestation and Fires in Bolivia during 2010-2023

Estimación de las emisiones de CO_2 por deforestación e incendios en Bolivia entre 2010 y 2023

*Lykke E. Andersen**
*Fabiana Argandoña***
*Carla Olmos****
*Diego Calderón*****
*Sebastián Miranda******
*Álvaro Muñoz*******
*Sergio Choque********

* Ph.D. in Economics. Aarhus University, Denmark. Executive Director of the Sustainable Development Solutions Network (SDSN) in Bolivia.
Contacto: lykkeandersen@upb.edu
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-0219-0090

** Environmental Engineer. Universidad Católica Boliviana "San Pablo". Bachelor's Degree in Economics. Universidad Mayor de San Andrés. Researcher and coordinator of the technical team at the Sustainable Development Solutions Network (SDSN) Bolivia.
Contacto: fabiana.argandona@sdsnbolivia.org
ORCID: https://orcid.org/0009-0002-1173-6593

*** Environmental Engineer. Universidad Mayor de San Andrés. Researcher in climate change and sustainable development studies at the Sustainable Development Solutions Network (SDSN) Bolivia.
Contacto: carla.olmos@sdsnbolivia.org
ORCID: https://orcid.org/0009-0006-2219-9067

**** Geographical Engineer. Universidad Mayor de San Andrés. Researcher at the Sustainable Development Solutions Network (SDSN) Bolivia.
Contacto: diego.calderon@sdsnbolivia.org
ORCID: https://orcid.org/0009-0007-2236-0049

***** Graduate in Geographic Engineering and Cadastre and Land Management. Universidad Mayor de San Andrés. Researcher in the area of geographic information analysis and processing at the Sustainable Development Solutions Network (SDSN) Bolivia.
Contacto: sebastian.miranda@sdsnbolivia.org
ORCID: https://orcid.org/0009-0009-7772-4668

****** Graduate in Geographic Engineering. Universidad Mayor de San Andrés. Researcher in the field of geography at the Sustainable Development Solutions Network (SDSN) Bolivia.
Contacto: alvaro.munoz@sdsnbolivia.org
ORCID: https://orcid.org/0009-0004-5766-0939

******* Geographical Engineer. Universidad Mayor de San Andrés. Expert in geographical and quantitative information analysis, as well as database management and generation. Conservation Strategy Fund (CSF).
Contacto: sergio.choque@sdsnbolivia.org
ORCID: https://orcid.org/0009-0002-3648-2526

Abstract********

This report estimates annual CO_2 emissions from deforestation and fires in Bolivia from 2010 to 2023, considering both emissions and absorptions resulting from land clearing, land use change, fires, and forest regeneration.

Using high-resolution annual land cover maps from MapBiomas Bolivia (1985-2023), and a global biomass density map, we track carbon pool changes at a 30x30m resolution. We developed a bookkeeping model to monitor carbon storage across 1.2 billion land cover pixels nationwide. Fortunately, 93% of these pixels showed no significant forest change, allowing us to focus on the 80 million pixels that experienced changes during the period of analysis. These pixels were categorized into 1,278 classes of change based on the year, original land cover, resulting land cover and forest type.

To estimate emissions from forest degradation due to fires, we used the Global Fires Emissions Database and subtracted emissions from deforestation within burned areas to prevent double counting. Our results indicate that CO_2 emissions from deforestation and forest degradation due to fires in Bolivia frequently exceed 200 million tCO_2 per year –70 million tCO_2 from deforestation and 126 million tCO_2 from degradation on average– making Bolivia a significant contributor to global warming, with per capita emissions among the highest in the world. Alarmingly, an increasing share of these emissions results from forest burning with no apparent productive purpose.

Keywords: Deforestation; fires; carbon emissions; Bolivia.

Resumen

Este informe estima las emisiones anuales de CO2 derivadas de la deforestación y los incendios en Bolivia entre 2010 y 2023, considerando tanto las emisiones como las absorciones derivadas del desmonte, el cambio de uso del suelo, los incendios y la regeneración forestal. Utilizando mapas anuales de cobertura terrestre de alta resolución de MapBiomas Bolivia

******** This manuscript was developed by SDSN Bolivia with funding support from the French Development Agency (AFD).

(1985-2023) y un mapa global de densidad de biomasa, monitoreamos los cambios en los depósitos de carbono con una resolución de 30x30 m. Desarrollamos un modelo contable para monitorear el almacenamiento de carbono en 1200 millones de píxeles de cobertura terrestre a nivel nacional. Afortunadamente, el 93% de estos píxeles no mostró cambios significativos en el bosque, lo que nos permitió centrarnos en los 80 millones de píxeles que experimentaron cambios durante el período de análisis. Estos píxeles se categorizaron en 1.278 clases de cambio según el año, la cobertura terrestre original, la cobertura terrestre resultante y el tipo de bosque.

Para estimar las emisiones derivadas de la degradación forestal causada por incendios, utilizamos la Base de Datos Global de Emisiones de Incendios y restamos las emisiones derivadas de la deforestación en las áreas quemadas, para evitar la doble contabilización. Nuestros resultados indican que las emisiones de CO_2 derivadas de la deforestación y la degradación forestal causadas por incendios en Bolivia superan con frecuencia los 200 millones de toneladas de CO_2 anuales (70 millones de toneladas de CO_2 por deforestación y 126 millones de toneladas de CO_2 por degradación, en promedio). Esto convierte a Bolivia en un contribuyente significativo al calentamiento global, con emisiones per cápita entre las más altas del mundo. Resulta alarmante que una proporción cada vez mayor de estas emisiones se deba a la quema de bosques sin un propósito productivo aparente.

Palabras clave: Deforestación; incendios; emisiones de carbono; Bolivia.

Classification/ Clasificación JEL: Q50, Q54.

1. Introduction

Bolivia has approximately 55 million hectares of forests, covering nearly half of its national territory. These ecosystems represent not only a strategic reserve of environmental services (Andersen *et al.*, 2025) but also a critical global carbon sink. However, in recent years, the country has experienced rising deforestation and wildfires, leading to significant carbon emissions. According to official reports land-use change, is the country's largest source of CO_2 emissions, accounting for over 50% of total emissions (APMT, 2020). Consequently, Bolivia ranks among the top 20 countries for land-use change emissions from 2010-2022 (Friedlingstein *et al.*, 2023). Further, the Global Carbon Atlas in 2023 placed Bolivia as the

10th highest emitter from land-use change, 3rd in *per capita* emissions for this sector, and 81st in CO_2 emissions from fossil fuels (Global Carbon Atlas, 2023).

The Agriculture, Forestry, and Other Land Use (AFOLU) sector remains one of the few that includes greenhouse gas (GHG) absorption processes. However, some national inventories –particularly in data-limited countries– simplify these dynamics by assuming static scenarios or ignoring ecosystem recovery post-deforestation. The present study employs a dynamic modeling approach based on a pixel-level carbon bookkeeping model. This method tracks carbon flows by forest type, land-use change category, year accounting deforestation and forest regrowth, while incorporating changes in carbon pools (aboveground biomass, belowground biomass, and soil organic carbon).

These recovering areas not only recapture part of previously released carbon but also highlight the dynamism of Bolivia's forest landscapes. On the other hand, estimating fire emissions remains fraught with technical and methodological challenges (Viglione, 2023). Based on the available data, this study includes some insights and a preliminary gross estimation of fire emissions resulting from vegetation degradation.

Our study builds upon the foundational work of Andersen *et al.* (2016), who developed a carbon bookkeeping model to estimate net CO_2 emissions from deforestation in Bolivia during 1990-2000 and 2000-2010. Their methodology, which accounted for deforestation at a 10×10 km resolution, provided critical insights into spatial and temporal variations in emissions across Bolivia's diverse forest types. Their pioneering work revealed rising emissions and consistently high *per capita* CO_2 outputs but faced limitations in the spatial and temporal granularity of the data and excluded fire-induced degradation. Our research advances this framework by incorporating high-resolution land-cover transitions from MapBiomas with 30×30 m resolution from 2010 to 2023 and integrating fire emission data from GFED, enabling pixel-level tracking and explicit quantification of degradation.

2. Data and methods

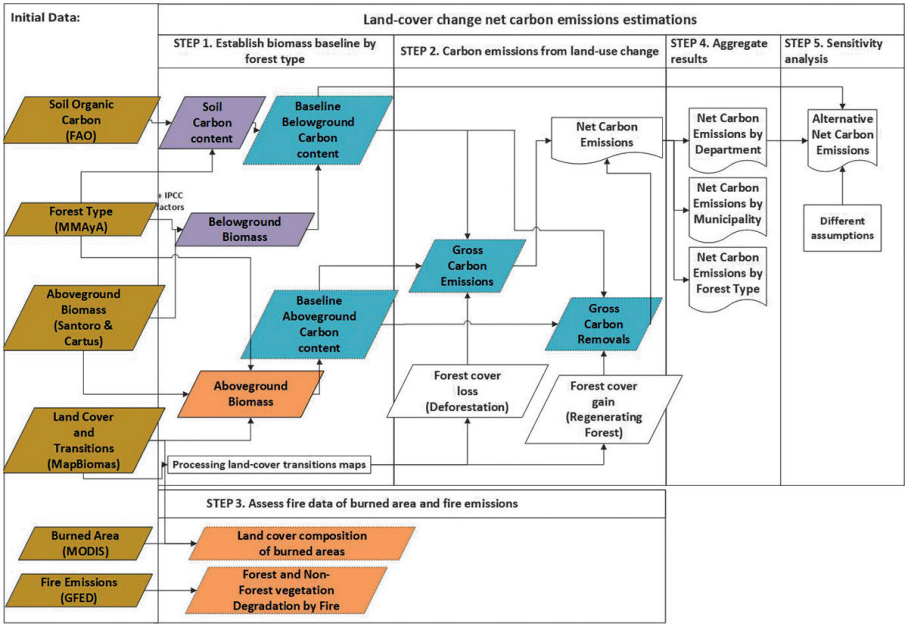
2.1. General workflow

This study primarily focuses on estimating deforestation emissions based on the principles of bookkeeping models. In addition, we conduct an exploratory analysis of fire-related emissions, offering insights that contribute to the broader discussion on this topic. The following steps outline the general workflow.

- **Step 1**. Establish biomass baseline by forest type. The first step is to establish a baseline for forest biomass by forest type to estimate emissions and removals within these diverse ecosystems.
- **Step 2**. Estimate carbon emissions from land-use change and forest loss. Subsequently, an assessment of land cover and land cover transition data will be conducted to establish a timeline for annual emission estimations, primarily focusing on deforestation and conversion to other land uses. Following the principles of bookkeeping models, land use and land-use change will be central to the emissions analysis. This approach will provide an overview of forest loss, gain, and dynamics.
- **Step 3**. Assess fire data of burned area and fire emissions. The next step in analysing and understanding land-use dynamics will be the assessment of fire data and fire emissions data.
- **Step 4**. Aggregate results. Finally, aggregated results will be estimated for the country. Given that data treatment, analysis, and research decisions made in the preceding steps, gross emissions are estimated using the principles of bookkeeping models. This involves implementing response curves for different carbon pools to estimate gross and net emissions and removals. Deforestation analysis is performed at a 100-meter grid scale, while fire analysis uses a 500-meter grid scale. For reporting purposes, aggregated data for Bolivia, as well as aggregated results by department and municipality, are calculated.
- **Step 5**. Sensitivity analysis. By varying certain assumptions, we explore alternative outcomes.

Figure 1 presents the relation between data sources and processes:

Figure 1: General flowchart, data and steps



Source: Authors' elaboration.

2.2. Deforestation emissions accounting method

2.2.1. Bookkeeping models

After revising different methodological approaches to calculate land-use and land-use change emissions, a bookkeeping model approach was chosen, as one of the main advantages are their high traceability, which allows attributing fluxes to specific places, causes, and thus to specific stakeholders. These models make it possible to track carbon stored in vegetation and soils before and after a land-use change event, while excluding the additional ecosystems response to environmental changes (IPCC, 2024).

Therefore, as the present study focuses on land use and land-use change, bookkeeping models are an appropriate choice due to their advantages in Land-use, Land-Use Change, and

Forestry (LULUCF) emissions analysis. Additionally, this aligns with the approach taken by the Global Carbon Budget (GCB), which also relies on bookkeeping models for this specific sector.

Bookkeeping (BK) models estimate emissions from individual land use activities, with a primary focus on agricultural land use changes and the regrowth of secondary forests from abandonment of agriculture. BK models track each land-use and land-cover change (LULCC), allowing fluxes to be presented as either gross emissions and removals or as a net flux. BK approaches combine land cover data with carbon density data for biomass and soil for different ecosystem types. These models track how carbon decays to the atmosphere, or how carbon is removed from the atmosphere following land cover changes (Poulter *et al.,* 2022).

However, it is important to acknowledge the limitations of bookkeeping models. These models depend on predefined parameters and assumptions about carbon density dynamics, typically using exponential, logistic, and linear functions to represent carbon changes. While these functions are based on theoretical frameworks and experimental data, their applicability may vary depending on specific conditions. For the present study, previously established functions will be adopted to ensure consistency and comparability with existing research.

Many studies worldwide have utilized the bookkeeping model approach. Our methodological approach is based on the insights of the following bookkeeping models reviewed for this study: Houghton (Houghton & Castanho, 2023), BLUE (Hansis *et al.*, 2015), LUCE (Qin *et al.,* 2024), and Andersen *et al.* (2016). All of these models are based on principles established by Houghton *et al.* (1983), utilize IPCC parameters, and focus on key land-use changes derived from land cover and land cover transition maps. BLUE, LUCE, and Andersen include an assessment at a grid level, which is also a purpose of the present study. In the following section, the equations, assumptions, and adaptations –based on the reference models–will be established to ensure methodological consistency and applicability to the study area.

2.2.2. Carbon Pools

Models typically define the carbon pools considered in the accounting process. In this study, the following carbon pools will be taken into account:

Vegetation: Forest vegetation acts as an emission source when deforested and as a carbon sink when it regrows. Forest vegetation is a key dataset in this study. Both above-ground and

below-ground biomass are taken into account. The data sources and dynamics considered are described in the following sections.

Soil: Soil carbon changes following land cover transitions are considered, with emissions occurring when deforestation takes place and carbon sequestration happening during regrowth. Despite uncertainties regarding the soil carbon pool, bookkeeping models usually include soil carbon changes due to land use change as part of the estimations. The estimations are based on soil carbon density data and incorporate temporal response curves to account for changes in soil carbon following land-use transitions. Soil carbon data usually have greater uncertainties than above ground data.

The source for soil properties is provided by FAO's Global Soil Organic Carbon Map (GSOCmap v.1.5), the first global map developed through a consultative and participatory process with member countries, coordinated by the Global Soil Partnership. This map can be considered a baseline, as it represents the best available national-level estimate of SOC (FAO & ITPS, 2020). An average value by forest type is calculated from this map and combined with belowground biomass estimates.

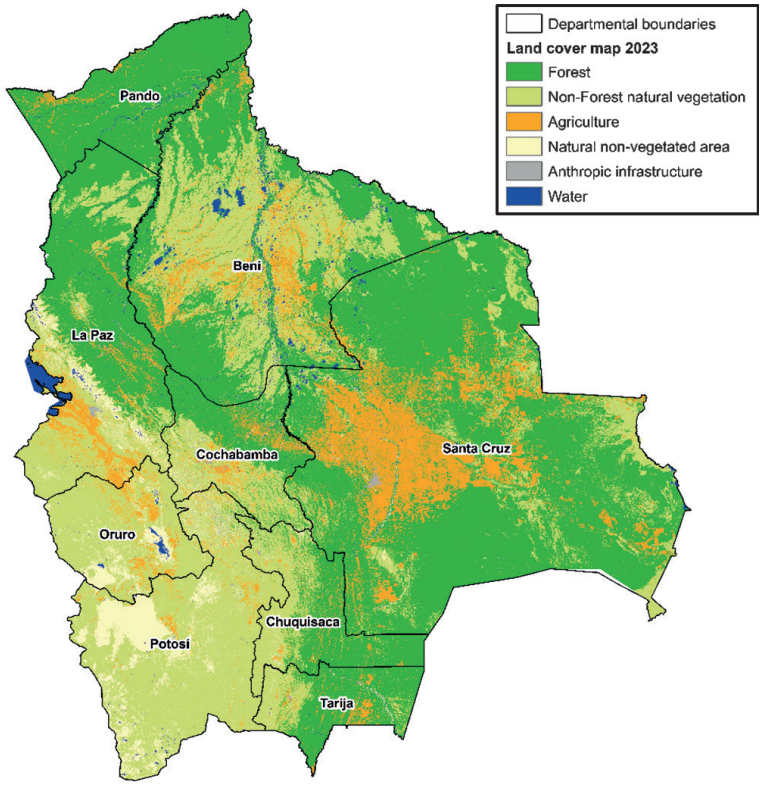
Atmosphere: This is the receiving pool of gross emissions, while gross removals extract carbon from the atmosphere, balancing the fluxes of the land-use change process. The atmosphere is assumed to be the final recipient of net emissions resulting from land cover change. Therefore, it is not explicitly discussed in the following sections, as we assume that any net emissions or removals from land cover changes result in an equivalent gain or loss of carbon in the atmosphere.

2.2.3. Land Use and Transitions to be accounted for

The classification of land-use transitions in this study follows approaches from Andersen *et al.* (2016) and LUCE, considering both anthropogenic and non-anthropogenic changes. Revising data sources, MapBiomas Bolivia (MapBiomas Bolivia, 2024) arises as the most appropriate source for land cover and land cover transitions maps for Bolivia. This independent source reports the longest available annual data for Bolivia from 1985 to 2023. This source offers an accurate approximation to direct measurements for a vast country like Bolivia, which covers approximately 109.8 million hectares and includes over 50 million hectares of forest.

MapBiomas Bolivia has recently released its Collection 2 of maps, which includes two sets: one for land cover maps and another for land cover transition maps elaborated based on Landsat satellite images with a spatial resolution of 30 meters. The transition maps undergo an additional filtering process to eliminate isolated or edge pixels. Therefore, there may be minor differences between using land cover and land cover transitions maps (MapBiomas, 2024). The resulting land cover maps classify the data into six main categories and 19 subcategories. The six primary categories are: Forest, Non-Forest natural formation, Farming, Non-vegetated area, Water body, and Not observed (RAISG, 2024). We adapted this classification following the correspondence table provided in Table 1. An example of the resulting land cover map (for year 2023) is shown on Map 1.

Map 1: Bolivia land cover map, 2023



Source: Authors' elaboration based on MapBiomas Bolivia (2024). Original land use categories were adapted for this study.

Table 1
Adaptation of the land use types, based on the original MapBiomas classification

Adapted classification	Original MapBiomas Classification	MapBiomas class codes
Forest	Forest; Open Forest; Flooded Forest	3;4;6
Non-Forest Natural Vegetation	Wetland; Grassland/Herbaceous; Other non-forest natural formation; Shrubland	11;12;13;66
Agriculture	Pasture; Agriculture; Mosaic of uses	15;18;21
Natural non-vegetated area	Beach, dune and sand spot; Rocky outcrop; Salt flat; Other non-vegetated natural area	23;29;61;68
Anthropic infrastructure	Urban infrastructure; Other non-vegetated anthropic area; Mining	24;25;30
Water	River, lake; glacier	33;34

Source: Authors' elaboration based on MapBiomas Bolivia (2024).

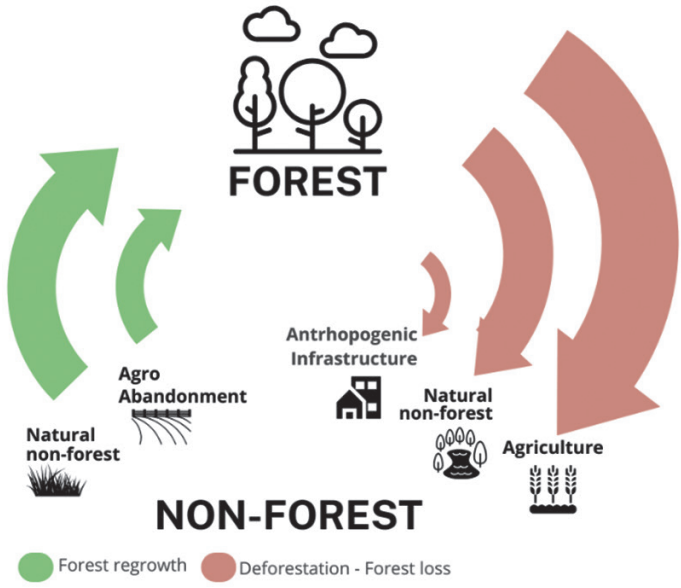
Deforestation: Deforestation is taken into account from the pixels changing from forest land cover to other non-forest land cover, annually from 2010 to 2023. The term deforestation typically implies human intervention. According to the Cambridge Dictionary, it is defined as "the cutting down of trees in a large area, or the destruction of forests by people" (Cambridge University Press). In contrast, the FAO (2023) defines deforestation as "the conversion of forest to other land use, regardless of whether it is human-induced or not" emphasizing a change in land use.

Deforestation can be categorized based on its apparent cause and subsequent land use:

- Clearly Anthropogenic Deforestation:
  - Conversion of forest to agricultural use, including crops, pasture, and mosaics of uses (as classified by MapBiomas).
  - Conversion of forest to urban areas, mining, or other anthropogenic infrastructure (as classified by MapBiomas).
- Not Clearly Anthropogenic Deforestation:
  - Non-agricultural deforestation, where forest loss occurs but there is no visible land use afterward. Although the cause may still be anthropogenic, it is not immediately linked to a subsequent human activity.

To avoid confusion, and given that our data primarily reflect land cover and land cover changes –without reliably distinguishing human causes or capturing actual land use changes not yet reflected in land cover– we use the terms 'deforestation' and 'forest cover loss' interchangeably throughout this study. Both terms encompass explicitly anthropogenic and not clearly anthropogenic deforestation.

Figure 2: Land use and transitions considered in this study



Source: Authors' elaboration

Regenerating Forest (Forest Age Classification): Regenerating Forest is taken into account from pixels changing from any non-forest land cover to forest land cover, annually from 1986 to 2023. Forest age is considered to estimate its carbon absorption. Only the most recent regrowth event for each pixel is taken into account, if the pixel remained classified as forest at least until the beginning of the study period in 2010. Regeneration is categorized based on whether the regrowth occurs after human activities:

- Anthropogenic Regrowth:
  - Forest regrowth following agricultural abandonment.

- Non-Anthropogenic Regrowth:
  - Forest regrowth from other land uses not directly related to human abandonment.

Throughout this document, 'regrowth' encompasses both explicitly anthropogenic and non-anthropogenic regrowth.

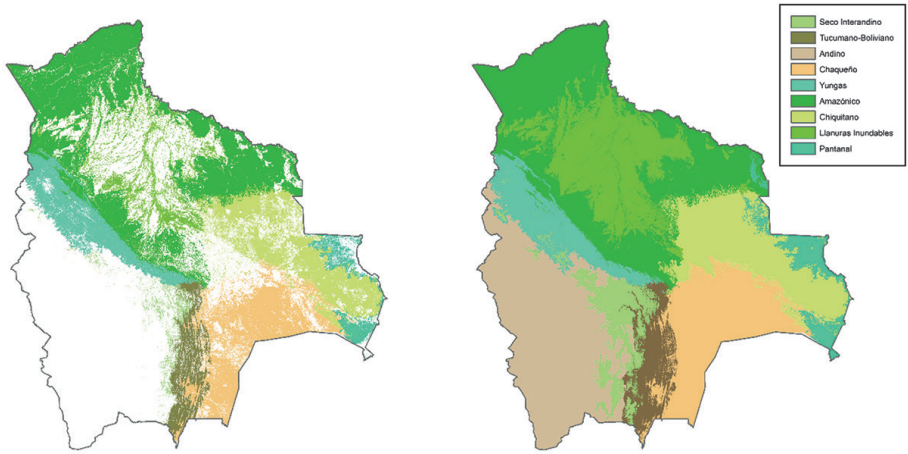
A forest type map is used to complement forest information, as MapBiomas Bolivia provides data on land use and transitions but does not include details on forest types. The most recent forest type map was published in 2022 by the Ministry of Environment and Water (MMAyA, 2022). By forest extension the main type in Bolivia is the Amazon forest followed by Chaqueño and Chiquitano forest. The nine major forest types identified in the data source are used for the present analysis.

Since the available map identifies forest areas only for the year 2022, we created a "forest type zone" map by combining the 2022 forest type data with an ecoregion map (Ibisch & Merida, 2003). By integrating the Forest Type dataset (MMAyA, 2022) with the Ecoregion dataset (Ibisch & Mérida, 2003), we produced a new dataset comprising the nine forest categories defined by MMAyA, applied across the entire country. This represents a potential forest type map for Bolivia, assuming full forest cover.

This adjustment is essential because our land use and transition analysis covers both current forest areas and historical forest changes, while the 2022 forest type map only reflects areas that remained forested as of that year, excluding areas deforested earlier. In the deforestation analysis, it allows us to identify the original forest type associated with each land cover change. In the fire emissions analysis, the forest type map is used as a reference to determine the ecozone, even in areas that are currently non-forest or have never been forested, helping to contextualize fire dynamics across different ecological regions.

While deforestation emissions are calculated at a 30x30 meter resolution, results of CO_2 emissions from deforestation are presented at a 100x100 meter resolution. The rescaling method used for the MapBiomas and forest type data is based on the 'nearest neighbor' approach, which is the recommended method for rescaling categorical (class) data.

Map 2: Current and potential forest type in Bolivia



Left: Original forest type map of 2022 (MMAyA, 2022). Right: Potential forest type zone.
Source: Authors' elaboration.

2.2.4. Principal Assumptions

Deforestation estimations. To estimate CO_2 emissions from deforestation with models, it is necessary to make some assumptions. The most important ones are presented below:

- Aboveground biomass is almost completely removed. The assumption that aboveground biomass is almost completely removed after deforestation to agricultural use is widely applied in bookkeeping models. As Hansis *et al.* (2015) states: "For clearing, it is assumed that the respective biomass of the source type is completely removed, with none leftover in the target cover type". Similarly, Andersen *et al.* (2016) assumes that after a land-use change to agriculture, aboveground biomass is reduced to the level of crops or pastures biomass. This assumption is kept for the present study. The year of a deforestation event, the baseline biomass changes to the destination land cover, which are explained below.
  - Deforestation to agriculture or pasture: the biomass content is adjusted to the default values for these land uses, following IPCC (2006) guidelines.
  - Deforestation to urban areas: aboveground biomass is assumed to be completely removed (zero biomass).

- Deforestation with no apparent land use (non-use deforestation): the remaining biomass is assumed to correspond to the average natural non-forest vegetation biomass, estimated using Santoro & Cartus biomass maps overlaid with natural non-forest vegetation cover from MapBiomas, by forest type zones.

- Belowground carbon is assumed to decompose gradually. Belowground carbon, which includes soil carbon and belowground biomass, is assumed to decompose gradually after deforestation following a linear function over 20 years, ultimately resulting in a 25% loss of its initial carbon content.
  - Soil carbon averages are obtained from soil maps. Values are estimated as an average by forest type to account for spatial variability.
  - Belowground biomass is estimated using average carbon content in intact forests, stratified by forest type. The IPCC (2006) root-to-shoot ratios are applied to estimate belowground biomass.
  - As assumed in Andersen *et al.* (2016) based on literature, we assume no carbon emissions from soils if there is no apparent agricultural use after deforestation, when forests turn to natural non-forest cover.

2.2.5. Equations and Parameters

- Establish biomass baseline by forest type

  Intact forest since 1985 was identified using land cover and transition data from MapBiomas Bolivia (2024). After extracting this area (in pixels), this undisturbed forest is utilized to extract the aboveground biomass from the biomass map provided by Santoro & Cartus (2024) available at ESA Biomass Climate Change Initiative (CCI Biomass). This source makes available global aboveground biomass maps for the year 2010 and from 2015 annually till 2021 with a 100 meters pixel resolution. Biomass estimates are important for assessing the carbon removal (or emission) capacity of different types of ecosystems, as it directly correlates to an ecosystem's ability to sequester or release carbon.

  As with other bookkeeping models, this study uses a single baseline biomass dataset from the year 2010 to estimate potential carbon emissions or absorptions based on the average biomass of each forest type. Average biomass in intact forests was also calculated for the years 2015 to 2021, yielding similar results and thereby ensuring consistency in biomass estimates for intact forest areas. While we use average estimates of biomass for each type of

forest for our central emissions estimates, it is important to keep in mind that deforestation and forest fires may not target average forest, but rather less dense forest. This possibility will be explored in the sensitivity analysis.

Belowground biomass is estimated by applying the R factor (Ratio of Belowground Biomass to Aboveground Biomass) (from table 4.4 in Volume IV, Section 4, (IPCC, 2019, p. 4.18)), which represents the relationship between below-ground and above-ground biomass, as direct measurements or estimations are not available.

Table 2
Aboveground and belowground biomass data by forest types (tons of biomass/ha)

Forest type	Aboveground Biomass				Belowground Biomass	
	Average biomass (t/ha)	Percentile 75th (t/ha)	Percentile 50th (t/ha)	Percentile 25th (t/ha)	Ratio of belowground to aboveground biomass	Average belowground biomass (t/ha)
Amazónico	224	263	221	184	0.221	49
Yungas	189	229	186	145	0.283	54
Chiquitano	152	181	157	127	0.284	43
Tucumano – Boliviano	144	201	152	101	0.283	41
Llanuras Inundables	143	172	129	77	0.221	32
Pantanal	107	132	115	76	0.285	31
Seco Interandino	65	102	57	22	0.348	23
Chaqueño	54	69	43	27	0.334	18
Andino	50	82	35	7	0.348	17

Source: Authors' elaboration based on Forest map 2022 (MMAyA, 2022), Land cover and transitions maps (MapBiomas Bolivia, 2024), Biomass map (Santoro & Cartus, 2024) and IPCC default values for ratios of belowground biomass. The table presents values in tons of biomass; carbon content is assumed to be half of the biomass, as is commonly established.

- Forest Regrowth curves

  The underlying principle of the following equation, as seen in the bookkeeping models BLUE and LUCE, is that carbon reservoirs do not remain disturbed indefinitely. Instead, they follow a predictable trajectory toward a new stable state determined by post-disturbance land use.

- Aboveground biomass

  In the case of regenerating forests, carbon content increases rapidly in the early years, then slows as the forest matures, eventually reaching a stable carbon level typical of mature forests. This predictable pattern allows for simplified modelling without significant loss

of accuracy. Since various models adopt similar functional approaches, we apply the function proposed by Andersen et al. (2016), as shown below:

$$CAR_{v,a} = \frac{CAP_v}{1 + e^{\alpha_v - \beta_v a}}$$

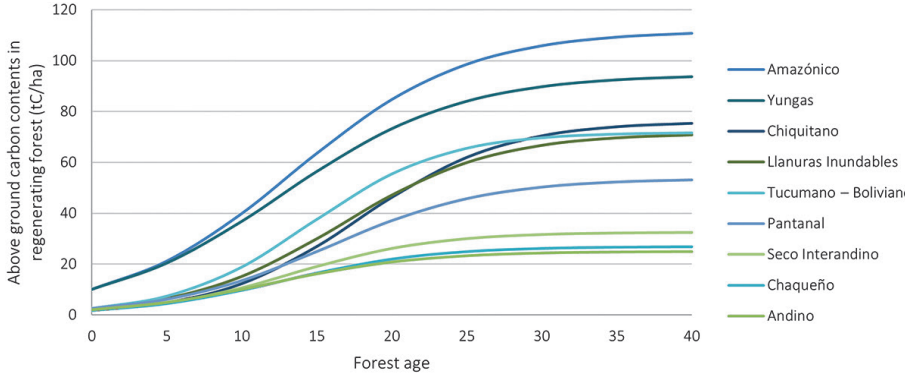
Where CAR_{va} represents the amount of carbon during regeneration at age a for a forest type v and CAP_v is the amount of carbon of a mature forest of the same type v. The parameters α_v and β_v determine the exact shape of the logistic function which vary across the nine forest types as shown in Figure 3.

Based on the parameters established by Houghton and Hackler (2001), it is estimated that tropical rainforests in Bolivia take 40 years to regenerate and reach the carbon content of intact forests, while dry or seasonal forests require 35 years to recover their original carbon content. Based on the Bolivian forest types, four of the nine forest types can be considered dry forest (*Andino, Chaqueño, Seco Interandino and Tucumano Boliviano*) while the other five are most likely tropical rainforest (*Amazónico, Chiquitano, Llanuras Inundables, Pantanal and Yungas*).

To calculate the parameters α_v and β_v, two assumptions are made: First, different initial carbon content values are assumed at the beginning of regeneration. Based on the fact that most deforestation occurs to make way for agricultural uses, the regeneration curves assume carbon recovery begins from the minimum aboveground carbon content typical of agricultural uses, specific to each forest type. These values range from 2 tC/ha for most forest type zones to 10 tC/ha in the Amazonian and Yungas forest type zones, according to IPCC (2019).

Second, forest regeneration is assumed to take between 35 and 40 years to reach 99% of its maximum carbon content. The average maximum carbon content by forest type is the one estimated as the baseline biomass since it represents average biomass content in old forest and is the value assumed for variable CAP_v which varies across the nine forest types, ranging from 25 tC/ha in the Andean forest type to 112 tC/ha in the Amazonian forest type. Taking into account the time to recover and the maximum reached carbon content, nine separate logistic functions were estimated, resulting in a unique regrowth curve for each forest type.

Figure 3: Evolution of aboveground carbon content in regrowing forests, by forest type.



Source: Authors' elaboration

- Belowground biomass

  As noted by Andersen *et al.* (2016), various literature reviews indicate that soil carbon is resilient to aboveground disturbances, remaining relatively stable even in degraded forests or areas converted to pasture. Based on the assumptions of Houghton and Hackler (2001), the model assumes that belowground carbon regenerates linearly, following a curve with half the slope of the belowground carbon decomposition curve.

2.3. Assessment of burned area and fire emissions data

Fire emissions are not always included in AFOLU emissions estimations. While some estimations include emissions from burned peatlands, fire emissions have often been calculated separately from LULUCF emissions. Studies like the Global Carbon Budget have only recently begun, incorporating fires into their estimations and separated from LULUCF estimations.

Some burned forest may be completely lost and thus accounted for as deforestation by transition maps. However, other burned forest may remain as forest, but degraded. In these cases, transitions maps will not identify them as forest loss. Fires and fire emissions require separate analysis to understand their impact on forest loss, as well as their dynamics with land cover transitions, forest degradation, and regeneration.

Besides the difficulties in distinguishing human-caused fires from natural ones (GCB, 2025), other difficulties to estimate fire emissions are the variations in fire intensity, and the complexity of post-fire ecosystem recovery. On-the-ground observations are often impractical, making satellites the primary tool for monitoring. However, remote sensing has limitations, such as misidentifying fire signals and struggling to detect small fires. Ground-based data is often inconsistent and difficult to access, complicating emissions model validation. Estimating emissions remains complex, as it depends on factors such as vegetation type and fuel composition of vegetation, fire intensity, and landscape features.

These challenges make it difficult to perform primary estimations of fire emissions. Therefore, to incorporate fire emissions into the analysis, existing fire emission datasets will be used to assess their impact and relevance in Bolivia. This analysis requires two key data sources and their analysis:

- ***Burned Area*** which will enable the assessment of land cover affected by fires and other spatial analyses.
- ***Fire emissions*** to analyse and utilize global fire emission estimation data to assess the impact, magnitude, and other relevant characteristics of fires in Bolivia. Integrating these estimates with deforestation-related emissions will help ensure the avoidance of double counting.

Concerning burned area, given the available data and the need to analyse the period from 2010 to 2023, it seems reasonable to use MODIS data on burned areas, specifically the MCD64A1 Version 6.1 product. This product is derived from MODIS satellite images and provides burned area maps based on calculations from its sensors (Giglio *et al.*, 2019).

For fire emissions, the Global Fires Emissions Database (GFED) (Van Wees *et al.*, 2022) is used. The GFED is based on a global fire emissions model at a 500 m spatial resolution, integrating multiple remote sensing datasets to estimate biomass burning fuel consumption and emissions. The GFED framework estimates emissions from satellite-based data on vegetation cover, productivity, and burned areas. From the information available, the national territory of Bolivia is extracted for the period 2010-2022, since there's no data available for 2023. The main concern regarding this segment of the analysis is the potential for double counting emissions in areas where both fire and deforestation have occurred, as deforestation

emissions are already included in the bookkeeping calculations. To avoid this overlap and obtain an approximation of degradation emissions we can use the following assumption:

Degradation emissions = Total fire emissions – deforestation emissions within burned areas

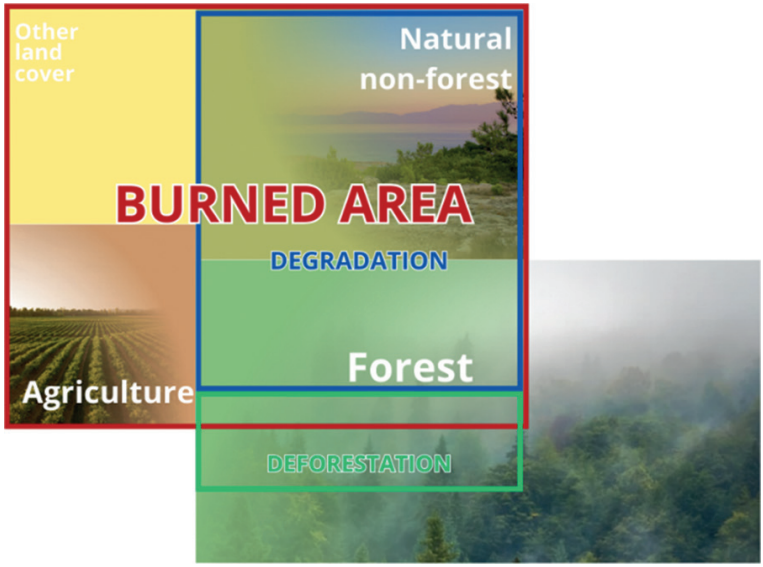
Where:

- ***Total fire emissions*** include emissions from deforestation (meaning total forest cover loss), forest degradation, and non-forest vegetation degradation. These estimates are based on data from the GFED.
- ***Deforestation emissions*** refer to emissions resulting from the complete conversion of forest cover to other land cover types. These are primarily estimated using the bookkeeping model, incorporating spatial and temporal overlap with burned areas. Deforestation emissions occur both within and outside burned areas. Only deforestation emissions inside burned areas should be considered to avoid double-counting.
- ***Degradation emissions*** represent estimated emissions from fires affecting both forest and non-forest vegetation. The resulting degradation emissions include both forest and non-forest vegetation degradation. In the case of forests, this includes areas that remain classified as forest in land cover maps despite being affected by fire.

Both deforestation and forest degradation contribute to greenhouse gas emissions. Fires may destroy the forest entirely (causing deforestation) in some cases, while in other cases, they may leave a degraded forest with lower quality and productivity (Lanly, 2003). The overlaps between forest, burned areas, degradation and deforestation is presented on Figure 4.

Although many gases are emitted from fires, numerous sources agree that the primary greenhouse gas (GHG) released is carbon dioxide (CO_2), with methane (CH_4), nitrous oxide (N_2O) and others being minor components (Sims *et al.*, 2024). These emissions are generally estimated based on the amount of biomass burned. For the present analysis, all biomass burned will be considered as CO_2 emissions, since CO_2 accounts for more than 90% of fire-related emissions. This approach also facilitates comparison with deforestation emissions.

Figure 4: Forest, burned area, degradation and deforestation overlaps



Source: Authors' elaboration.

It is important to take into account that fire CO_2 emissions from the Global Fires Emissions Database represent gross carbon fluxes, while carbon recovery post-fire is not fully accounted for (Friedlingstein *et al.,* 2023). Note that the biomass data used in GFED differs from the dataset employed in this study, introducing an additional source of uncertainty in this specific calculation. Therefore, these results are included in the discussion section rather than in the main results section, as they represent preliminary estimates that require further analysis to reduce uncertainty.

All fire-related data is available at a pixel resolution of 500 meters. Since the fire analysis was conducted separately, its results are also at a 500-meter resolution. When this data is compared with deforestation data –which is mostly analyzed at aggregated scales such as national, municipal or forest type zones– the aggregation ensures that the results remain comparable.

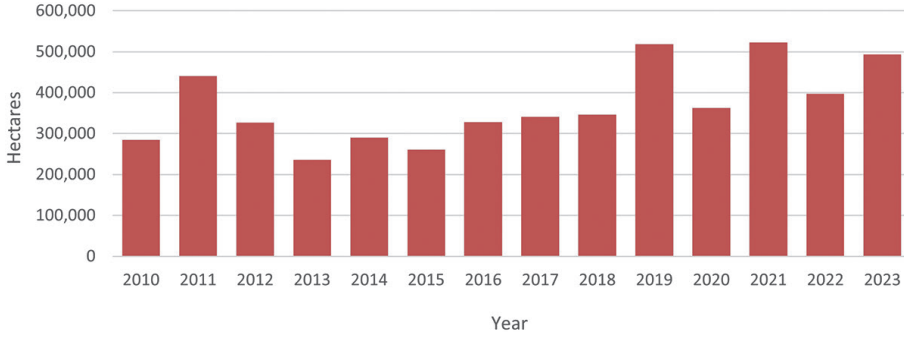
3. Results

3.1. Carbon emissions from land-use change – Deforestation

3.1.1. Gross emissions

To estimate gross emissions, from both aboveground and belowground carbon content (including belowground biomass and soil carbon), forest loss since 2010 was taken into account. The deforested surface tends to increase over time, and it is mostly located in the department of Santa Cruz. Figure 5 shows the annual forest loss over 2010-2023.

Figure 5: Annual Forest loss in Bolivia, 2010 - 2023 (ha)

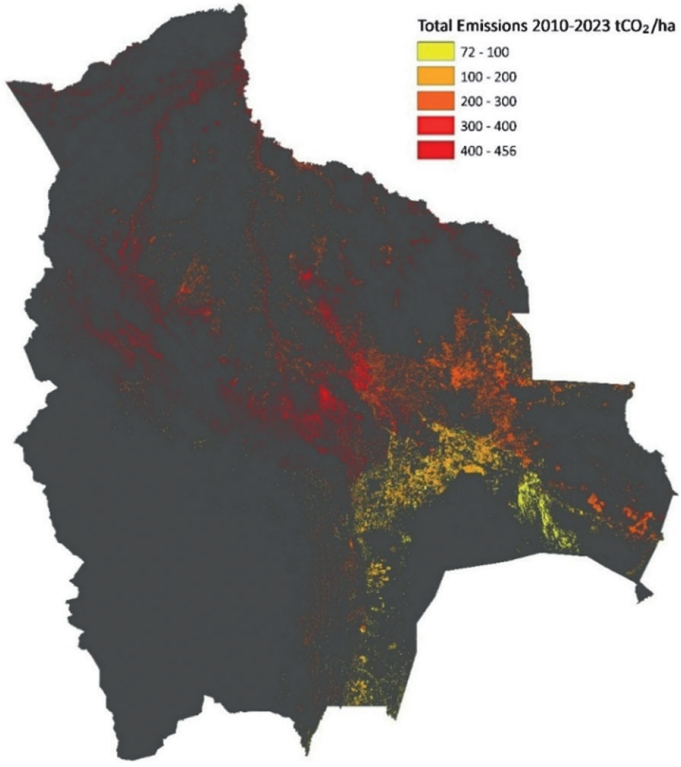


Source: Authors' elaboration based on MapBiomas Bolivia (2024).

Emissions occur where deforestation takes place; however, the amount of emissions per hectare varies depending on the forest type. Over the entire analysis period, the highest emissions per hectare are found in the northern regions of Bolivia, even though the total amount of deforestation is greater in the eastern part of the country. Similarly, within the department of Santa Cruz –which has the highest total deforestation– emissions per hectare are greater in the north, where forest types are predominantly Amazónico and Chiquitano. In contrast, the southern part of the department, dominated by Chaco and Pantanal forests, shows lower emissions per hectare.

For reporting and comparability purposes, the assumption is that all carbon emissions are released as CO_2. Carbon (C) emissions are converted to carbon dioxide (CO_2) using a conversion factor of 3,664. Map 3 shows spatial distribution of gross emissions whiles Table 3 presents results of cumulative gross emissions and deforested area during the study period by forest type.

Map 3: Gross emissions from forest loss in Bolivia 2010-2023



Source: Authors' elaboration.

Table 3
Total deforestation and gross emissions by forest type

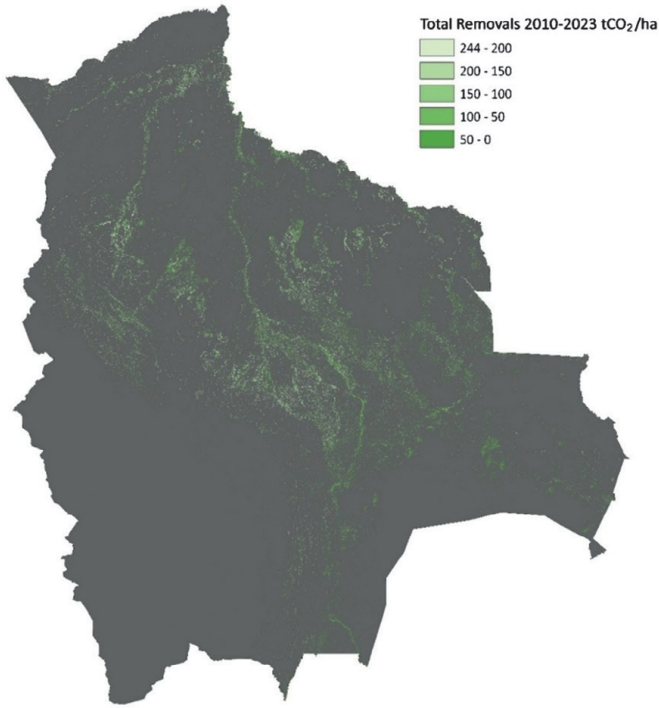
Forest type	Deforestation, 2010-2023 (ha)	Total Gross emissions, 2010-2023 (tCO_2)
Amazónico	1,390,986	515,836,471
Chiquitano	1,407,882	389,084,009
Chaqueño	1,370,162	139,716,441
Llanuras Inundables	451,175	112,531,968
Yungas	214,549	70,962,057
Tucumano – Boliviano	126,311	34,225,703
Pantanal	151,439	29,497,381
Seco Interandino	32,216	3,873,437
Andino	3,750	342,157
Bolivia	**5,148,469**	**1,296,069,625**

Source: Authors' elaboration. Deforestation includes the total area that has lost forest between 2010 and 2023.

3.1.2. Gross removals

To estimate gross removals, regrowing forests established since 1985 and still standing at the beginning of our analysis period were considered, accounting for their carbon removals starting from 2010. Based on forest regrowth curves, younger forest removes higher carbon quantities than older forest. The capacity to remove carbon also depends on the forest type.

Map 4: Gross removals from forest regrowth in Bolivia 2010-2023



Source: Authors´ elaboration.

Table 4
Total forest regrowth and gross removals by forest type

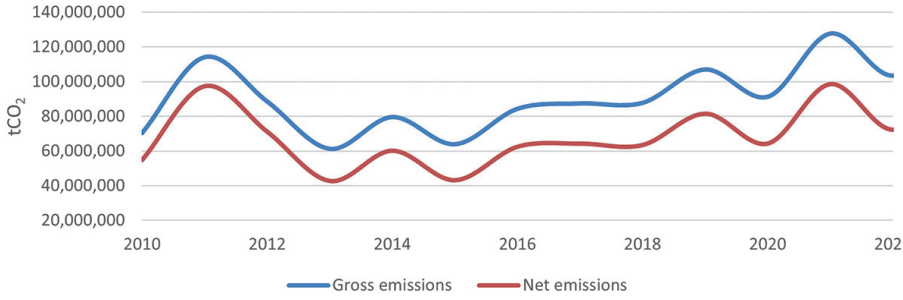
Forest type	Regrowing forest by 2023 (ha)	Total Gross removals, 2010-2023 (tCO_2)
Amazónico	1,467,242	185,808,365
Chiquitano	587,997	38,694,366
Llanuras Inundables	608,884	33,262,695
Yungas	279,453	30,215,575
Chaqueño	469,506	16,844,942
Tucumano – Boliviano	122,778	10,901,629
Pantanal	95,455	4,259,554
Seco Interandino	38,866	1,441,251
Andino	5,017	158,205
Bolivia	**3,675,199**	**321,586,581**

Source: Authors´ elaboration. The regrowing forest by 2023 includes forest that have been regenerating since the first transition map, representing forest aged between 1 and 37 years.

3.1.3. Net fluxes

The difference between gross emissions from deforestation and gross removals from forest regrowth are the net emissions. Both gross and net emissions reveal an increasing trend.

Figure 6: Annual gross and net fluxes in tCO_2, 2010-2023



Source: Authors' elaboration.

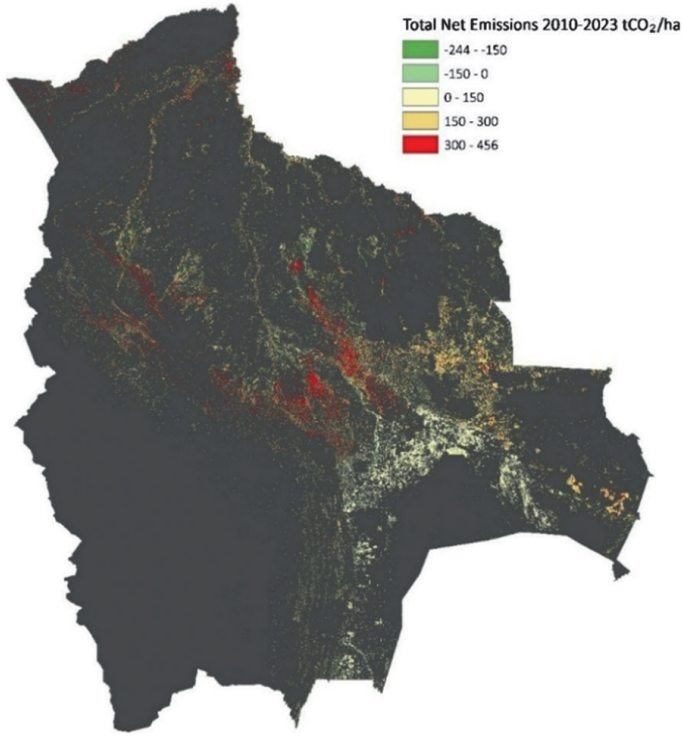
Table 5
Annual gross and net fluxes in tCO2, 2010-2023

Year	Gross emissions	Gross removals	Net emissions
2010	70,298,334	15,596,420	54,701,914
2011	114,008,338	16,598,778	97,409,559
2012	88,444,942	17,325,381	71,119,561
2013	61,195,298	18,592,989	42,602,309
2014	79,514,407	19,401,399	60,113,008
2015	63,837,235	20,807,307	43,029,928
2016	84,264,743	21,862,016	62,402,727
2017	87,342,563	23,124,118	64,218,445
2018	87,690,467	24,298,907	63,391,560
2019	106,894,064	25,357,840	81,536,224
2020	91,211,892	26,950,907	64,260,985
2021	127,589,997	28,961,165	98,628,832
2022	103,342,167	31,076,186	72,265,981
2023	130,435,179	31,633,169	98,802,010
Total 2010-2023	**1,296,069,625**	**321,586,581**	**974,483,044**

Source: Authors' elaboration.

The net emissions map can be obtained spatially by overlapping maps of gross emissions and gross removals. The next map shows the distribution of net emissions.

Map 5: Net emissions in Bolivia 2010-2023



Source: Authors' elaboration.

All forest type zones produce net carbon emissions, but it is interesting to analyse cases separately. For example, Amazon forest has the highest gross emissions and highest gross removals ranking second in the net emissions, while Chiquitano forest has lower removals reaching the first place in net emissions.

Table 6
Cumulative gross and net fluxes by forest type in tCO_2, total of the period 2010-2023

Forest type	Gross emissions	Gross removals	Net emissions	% of total net emissions
Chiquitano	389,084,009	38,694,366	350,389,643	36%
Amazónico	515,836,471	185,808,365	330,028,107	34%
Chaqueño	139,716,441	16,844,942	122,871,499	13%
Llanuras Inundables	112,531,968	33,262,695	79,269,273	8%
Yungas	70,962,057	30,215,575	40,746,482	4%
Pantanal	29,497,381	4,259,554	25,237,827	3%
Tucumano – Boliviano	34,225,703	10,901,629	23,324,074	2%
Seco Interandino	3,873,437	1,441,251	2,432,186	0%
Andino	342,157	158,205	183,952	0%
Bolivia	**1,296,069,625**	**321,586,581**	**974,483,044**	**100%**

Source: Authors' elaboration.

Table 7 shows results relative to population and GDP, revealing an average annual emission of 6,6 tCO_2 *per capita*, much higher than the global average of emissions from land-use change of about 1.4 tCO_2 *per capita* (Global Carbon Atlas, 2023).

Table 7
Annual net fluxes per capita and per GDP unit, 2010-2023

Year	Net emissions (tCO_2)	Net emissions per capita (tCO_2/person)	Net emissions per GDP unit ($kgCO_2$/Bs)
2010	54,701,914	5.6	1.7
2011	97,409,559	9.8	2.8
2012	71,119,561	7.1	2.0
2013	42,602,309	4.2	1.1
2014	60,113,008	5.9	1.5
2015	43,029,928	4.1	1.0
2016	62,402,727	6.0	1.4
2017	64,218,445	6.1	1.4
2018	63,391,560	5.9	1.3
2019	81,536,224	7.6	1.7
2020	64,260,985	5.9	1.4
2021	98,628,832	9.0	2.1
2022	72,265,981	6.5	1.5
2023	98,802,010	8.8	1.9
Average		**6.6**	**1.6**

Source: Authors' elaboration.

Note: Bs. is the abbreviation for the local currency, Bolivianos. At the official exchange rate, 1 Bs. ≈ US$ 0.14, while in the informal market, 1 Bs. ≈ US$ 0,07.

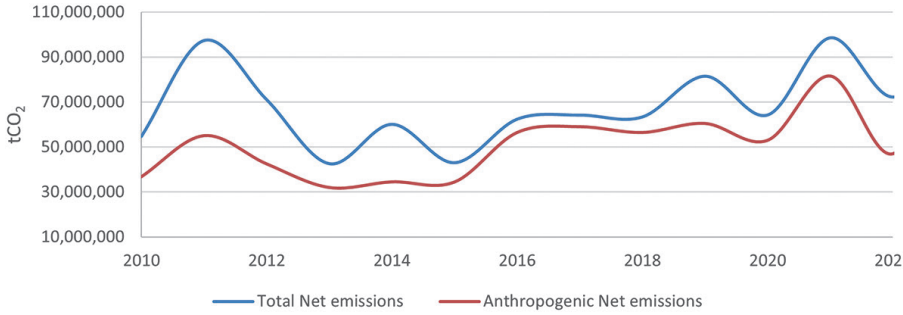
Forest cover loss can result from both human activities and natural factors. However, even when deforestation does not lead to an immediately clear human land use, it cannot be definitively ruled out as anthropogenic. In contrast, deforested areas where agriculture or infrastructure development is observed can be more confidently attributed to human-driven deforestation, and thus anthropogenic emissions. To ensure a comprehensive analysis, forest cover gains from agricultural abandonment were also considered as part of human-induced land-use changes. The results of this disaggregation are presented in Table 8 and Figure 7.

Table 8
Annual gross and net anthropogenic fluxes (tCO_2), 2010-2023

Year	Gross emissions	Gross removals	Net emissions	Total net emissions from clearly anthropogenic emissions (%)
2010	41,925,118	5,127,005	36,798,112	67%
2011	60,611,036	5,512,947	55,098,090	57%
2012	48,425,671	5,902,678	42,522,993	60%
2013	38,533,133	6,509,418	32,023,715	75%
2014	41,385,545	6,843,278	34,542,267	57%
2015	41,789,444	7,342,381	34,447,062	80%
2016	64,236,451	7,735,225	56,501,227	91%
2017	67,530,568	8,453,428	59,077,140	92%
2018	65,522,805	9,017,396	56,505,409	89%
2019	70,073,983	9,530,493	60,543,490	74%
2020	63,176,549	10,142,618	53,033,931	83%
2021	92,281,776	10,632,623	81,649,153	83%
2022	58,011,169	10,968,795	47,042,374	65%
2023	109,928,948	12,333,818	97,595,131	99%
Total 2010 - 2023	**863,432,196**	**116,052,103**	**747,380,094**	**77%**

Source: Authors' elaboration.

Figure 7: Anthropogenic and total annual Net fluxes (tCO_2), 2010-2023



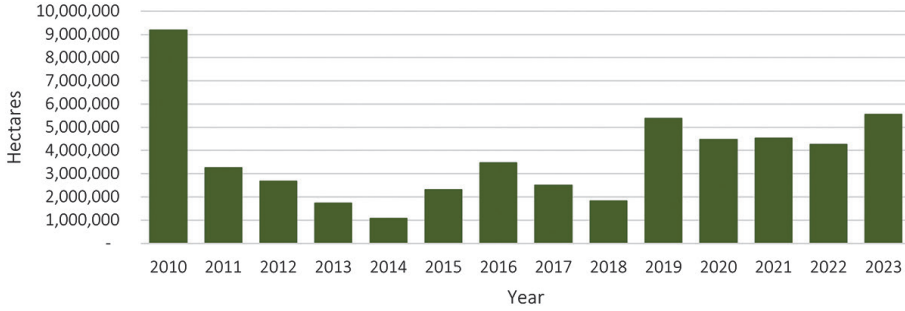
Source: Authors' elaboration.

3.2. Burned area and fire emissions

3.2.1. Burned area

As previously mentioned, the primary source for burned area data in this study is the MODIS burned area product. According to this dataset, burned area trends do not exhibit a stable pattern. However, in recent years, there has been an overall increase in burned surface area compared to the period before 2018, with the exception of 2010, which recorded an unusually high value. Figure 8 illustrates the total burned area in Bolivia from 2010 to 2023 according to MODIS data.

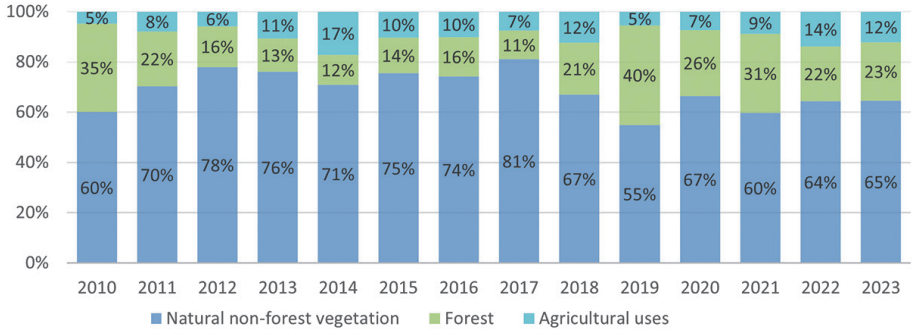
Figure 8: Total annual burned area in Bolivia, in hectares, 2010-2023



Source: Authors' elaboration based on MODIS (Giglio *et al.*, 2019).

Significant differences emerge when the data is disaggregated by land cover type. Figure 9 depicts this variation across different land cover categories. Natural non-forest vegetation is the main land cover within burned areas, followed by forest with a worrying 40% of the land cover affected by fire in 2019 and it exceeds 20% since then.

Figure 9: Composition of land-cover type affected by annual burned areas in Bolivia, 2010-2023

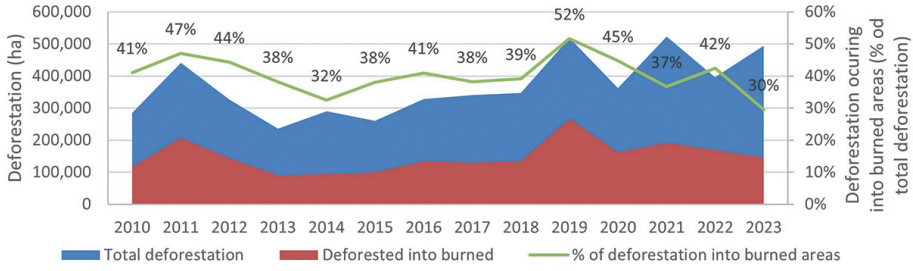


Source: Authors' elaboration based on MapBiomas Bolivia (2024) and MODIS (Giglio *et al.*, 2019).

Deforestation areas reach a maximum of about 500 thousand hectares annually and the average is about 360 thousand hectares per year. On the other hand, burned areas reached a total of more than 9 million hectares in 2010 and the minimum per year is over 1 million hectares. Forest within burned areas reached 3 million hectares in 2010 and 2 million hectares in 2019. Given that data we can conclude that forests are importantly affected by fires but only a small proportion of fires result in complete forest cover loss (deforestation).

Another important question is: how much of total deforestation occurs within burned areas? It is evident that deforestation is not a high proportion of burned areas, but burned areas represent a quite high proportion of the total deforested areas. On average, 40% of deforestation occurs within burned areas during the period of analysis (Figure 10).

Figure 10: Forest loss in burned areas in Bolivia in hectares, 2010-2023



Source: Authors' elaboration based on MapBiomas Bolivia (2024) and MODIS (Giglio *et al.*, 2019)

The analysis of burned areas suggests that fire emissions are primarily associated with the degradation of forest and non-forest vegetation, as the extent of deforestation within burned areas is smaller than that of burned forest and total burned areas.

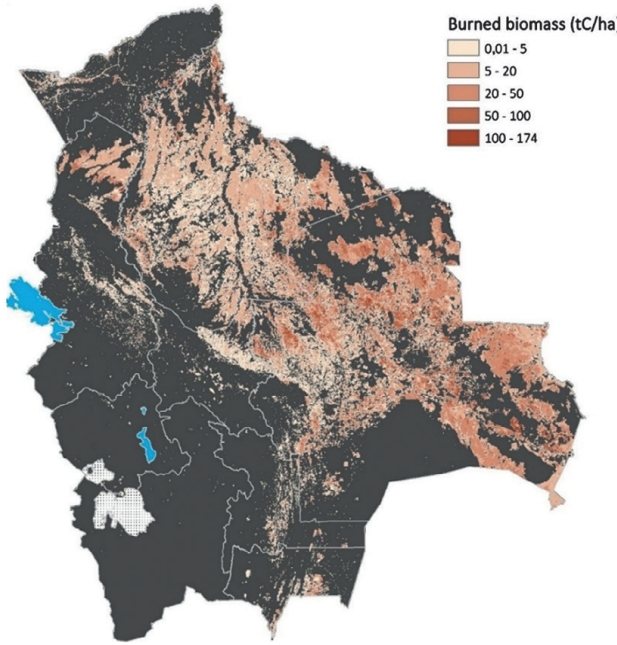
3.2.2. Fire emissions estimates 2010-2022

As previously mentioned, the data on fire emissions –expressed in terms of biomass burned and converted to carbon emissions– used in this analysis is sourced from the Global Fire Emissions Database (GFED). For consistency and ease of comparison with CO_2 emissions from deforestation, we focus on CO_2 emissions (Van Wees *et al.*, 2022). Spatial distribution of biomass burned offered by GFED is presented on map 6.

To identify the ecosystems most affected by fires, the "forest type zone" map is used as a reference to determine ecozones. This approach helps contextualize fire dynamics across broader ecological regions, recognizing that these zones include a variety of land cover types –not just forests. Based on this classification, and considering all areas affected by fire at least once between 2010 and 2022, the *Llanura Inundable* (flooded savanna) in the department of Beni stands out as the most impacted region. These savannas are predominantly wet for most of the year, but during the dry season (approximately June to October), they dry out considerably –coinciding with the peak fire season, often driven by agricultural practices.

However, because this area is primarily covered by non-forest vegetation, its fire-related emissions are relatively low. In contrast, the Chiquitano and Amazonian forest zones, where forests are the dominant land cover type, experience significantly higher fire emissions. This difference is reflected in Table 9.

Map 6: Total burned biomass in Bolivia 2010-2022



Source: Authors' elaboration based on GFED.

Table 9
Total burned area and total fire emissions by forest type zones, 2010-2022

Forest type zone	Total burned area 2010-2022 (ha)	Total fire emissions 2010-2022 (tCO_2)
Chiquitano	3,615,175	528,611,000
Amazónico	3,234,275	386,069,985
Llanuras Inundables	8,682,750	333,915,528
Chaqueño	1,936,375	236,894,687
Pantanal	2,058,250	185,871,735
Tucumano – Boliviano	205,700	14,506,536
Yungas	112,875	8,338,657
Seco Interandino	35,650	856,809
Andino	95,800	796,610

Source: Authors' elaboration.

Note: "Total burned area" refers to the cumulative extent of land affected by fire during the study period, regardless of the number of times it burned. For example, if a surface burned multiple times, it is counted only once in this table. This differs from fire emission estimates, where emissions are accounted for each year a fire is recorded.

3.2.3. Fire emissions from forest degradation

Fire emissions estimates account for all burned vegetation emissions, including both forest and non-forest biomass. Also, these estimates encompass forest loss emissions as well as emissions from burned forests that remain as forest. To estimate the vegetation (forest and non-forest) degradation component, the approach used is to subtract deforestation-related emissions within burned areas from the total fire emissions estimates. Since previous results indicate that burned areas are significantly larger than deforested areas, and that less than half of the deforested areas are burned, the contribution of forest loss emissions within total fire emissions is expected to be relatively low. The results in Table 10 are consistent with the expected results.

Table 10
Fire emissions from degradation (tCO2), 2010-2022

Year	Total fire emissions	Deforestation emissions within fire emissions area	Estimated emissions by vegetation degradation (forest and non-forest)
2010	327,003,752	6,321,279	320,682,473
2011	95,939,847	10,206,842	85,733,005
2012	63,349,127	7,841,899	55,507,228
2013	37,932,645	5,323,794	32,608,851
2014	32,535,906	6,901,800	25,634,106
2015	63,333,713	5,476,081	57,857,632
2016	123,506,171	7,258,626	116,247,545
2017	83,220,377	7,466,187	75,754,190
2018	74,671,144	7,417,110	67,254,034
2019	254,211,134	9,046,468	245,164,666
2020	173,223,478	7,544,756	165,678,722
2021	188,544,798	10,770,227	177,774,571
2022	182,655,519	8,494,051	174,161,468

Source: Authors' elaboration.

Table 11 shows that most of the areas impacted by fires correspond to natural non-forest vegetation. However, we cannot attribute the majority of emissions to this type of vegetation degradation, since forests store significantly larger quantities of biomass. This is also evident in Map 6, where the department of Beni –with a large extent of natural non-forest vegetation– shows a wide area affected by fire emissions. In contrast, the department of Santa Cruz –where

a greater extent of burned forest is found– exhibits higher fire emissions in terms of tons of carbon per hectare.

Table 11
Land cover composition in burned area in 2023 by forest type zone

Forest type zone	Natural non-forest vegetation	Forest	Pasture	Agriculture	Mosaic of uses	Non-vegetated area	Total
Llanuras Inundables	52.46%	5.42%	6.54%	0.17%	0.06%	0.43%	65.08%
Amazónico	6.56%	14.24%	0.95%	1.47%	0.29%	0.21%	23.72%
Pantanal	3.77%	0.27%	0.09%	0.00%	0.02%	0.00%	4.16%
Chiquitano	0.32%	1.39%	0.50%	0.62%	0.43%	0.01%	3.28%
Chaqueño	0.66%	1.25%	0.21%	0.59%	0.06%	0.01%	2.79%
Yungas	0.19%	0.48%	0.00%	0.02%	0.01%	0.01%	0.71%
Andino	0.13%	0.01%	0.00%	0.00%	0.00%	0.03%	0.17%
Seco Interandino	0.04%	0.01%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.05%
Tucumano – Boliviano	0.02%	0.01%	0.00%	0.00%	0.01%	0.00%	0.04%
Total	**64.15%**	**23.08%**	**8.29%**	**2.88%**	**0.89%**	**0.71%**	**100.00%**

Source: Authors' elaboration.

Note: This table does not reflect forest cover loss; it only shows land cover types as classified in the year 2023 within burned areas.

To separate forest degradation from non-forest vegetation degradation is not an easy task. For example, if a fire emission pixel shows a total of 100 tons of carbon (in a 500m pixel), the pixel could be composed half of non-forest and half of forest. However, those 100 tons of carbon emissions will not be evenly split between the two. The majority of emissions are likely to come from the forest portion due to its higher biomass. Depending on the forest type zone, the median carbon content in natural non-forest vegetation ranges from nearly 0 tC/ha in the *Andino* forest type zone to 20 tC/ha in the *Amazónico* forest type zone. Moreover, the differences between the average and median values are much greater in natural non-forest vegetation than in forests. Therefore, this separation needs further analysis.

Another important consideration is that the estimated degradation emissions represent gross emissions. While fire-induced carbon losses may be partially offset by post-fire vegetation regeneration, this process is neither consistent nor easily predictable. As discussed below, evidence shows that regeneration does not always occur following fire events.

For example, a study conducted by Maillard (2023) aimed to estimate post-fire regeneration trends in Bolivian ecosystems using the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), a widely used indicator for assessing vegetation dynamics derived from satellite imagery.

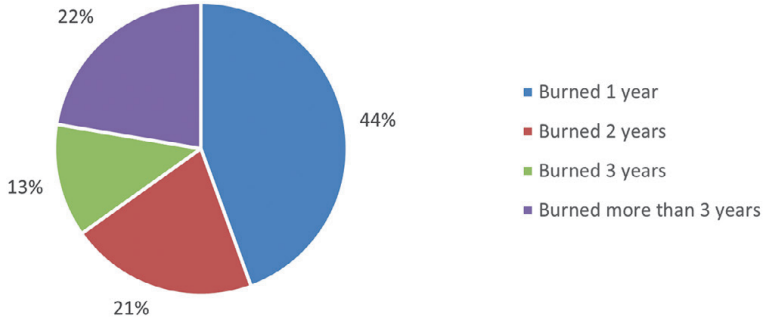
One key finding of the study was the recurrence of fires, meaning that some areas burn repeatedly over different years. The research also highlighted that different ecosystems respond differently to fire. For instance, the Chiquitano and Chaco ecoregions are better adapted to recover from fires, as many of their plant species are resilient to dry conditions and occasional natural fires. However, even in these fire-adapted regions, post-fire regeneration does not always occur.

Maillard (2023) found that 54% of the burned areas in Bolivia showed a significant increase in NDVI, indicating vegetation regeneration. Meanwhile, 30% of the areas exhibited mixed trends –both increasing and decreasing NDVI values– but these trends were not statistically significant. In contrast, 16% of the burned areas displayed a significant decreasing NDVI trend, suggesting ongoing degradation. Nearly half of the areas showing signs of regeneration were located in savannas, particularly in the department of Beni, where forest cover is minimal and the landscape is predominantly composed of natural non-forest vegetation.

Based on MODIS data from 2010 to 2023, we estimated the recurrence of fires across the same areas. The analysis shows that most burned areas were affected by fire in more than one year, either in consecutive or non-consecutive years. As shown in the following graph, 44% of the total burned area burned only once during the 2010-2023 period, while the remaining 56% burned in two or more years.

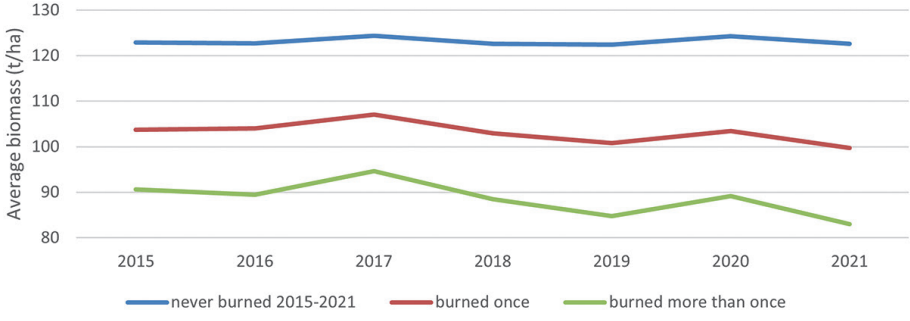
In addition, we estimated biomass changes looking forward to assess emissions from forest degradation caused by fire. The results show that biomass in unburned areas remained generally stable. In contrast, biomass in burned areas exhibited fluctuations with a slight decreasing trend, while areas that burned more than once showed more pronounced fluctuations and a clearer downward trend. Figure 12 shows the general trends.

Figure 11: Recurrency of burned areas, 2010-2023



Source: Authors' elaboration.

Figure 12: Average Forest biomass within burned areas, 2015-2021



Source: Authors' elaboration based on GFED.

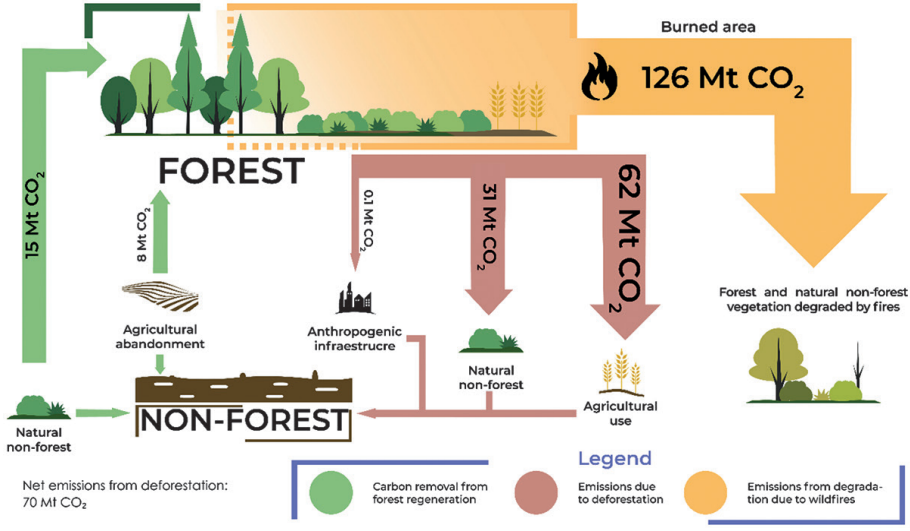
3.3. National results

Figure 13 summarizes the average annual carbon flows between different pools for the period 2010-2023. The largest flow –126 million tons of CO_2 per year– comes from fires that degrade forests without completely removing forest cover and to a lesser extent, from the degradation of natural non-forest vegetation. This is particularly concerning, as these emissions occur without any associated land-use change or productive land use that could offset the environmental cost.

The second largest flow –62 Mt CO_2 per year– is from deforestation driven by conversion of forest to agricultural land, while the third most important flow is from forest to natural

non-forest (31 Mt CO_2 per year). The latter changes are also problematic, as they appear to generate no clear economic benefit while contributing to forest loss. However, there are also significant changes from natural non-forest to forest, highlighting the dynamic and reversible nature of some land cover changes. This environmental fluidity adds complexity to estimating carbon emissions and removals.

Figure 13: Average annual carbon flows from land use change and fires, 2010-2023



Source: Authors' elaboration.

3.4. Subnational level results

3.4.1. Departmental level

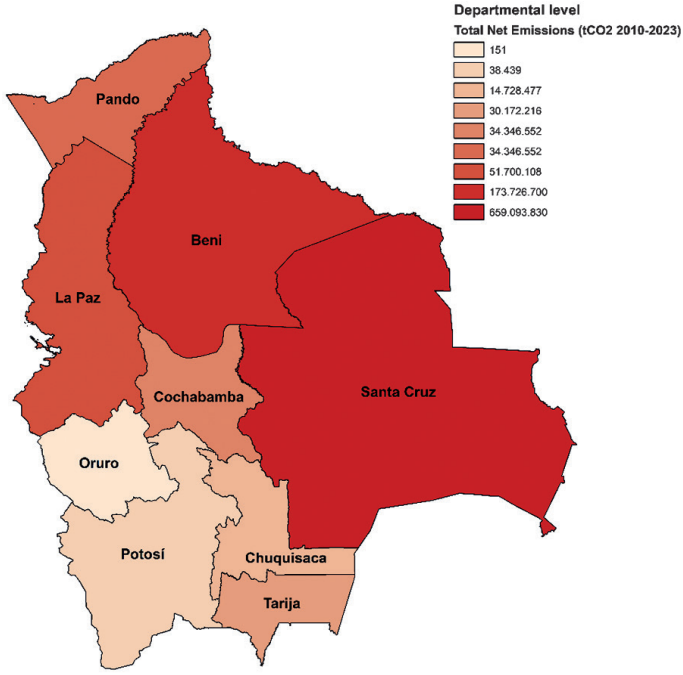
While total emissions from deforestation are highest in Santa Cruz, emissions *per capita* and per GDP unit are higher in Beni and Pando (see Table 12).

Table 12
Net emissions by deforestation by department, 2010-2023

Department	Total Net Emissions (tCO_2 2010-2023)	Average tCO_2/year	Average tCO2/ year/person	Average $kgCO_2$/year/Bs.
Santa Cruz	659,093,830	47,078,131	16.6	3.4
Beni	173,726,700	12,409,050	27.9	8.6
La Paz	51,700,108	3,692,865	1.3	0.3
Pando	34,346,552	2,453,325	20.8	6.6
Cochabamba	30,172,216	2,155,158	1.2	0.3
Tarija	14,728,477	1,052,034	2.1	0.3
Chuquisaca	10,676,571	762,612	1.3	0.4
Potosi	38,439	2,746	0.0	0.0
Oruro	151	11	0.0	0.0
Bolivia	**974,483,044**	**69,605,932**	**6.6**	**1.6**

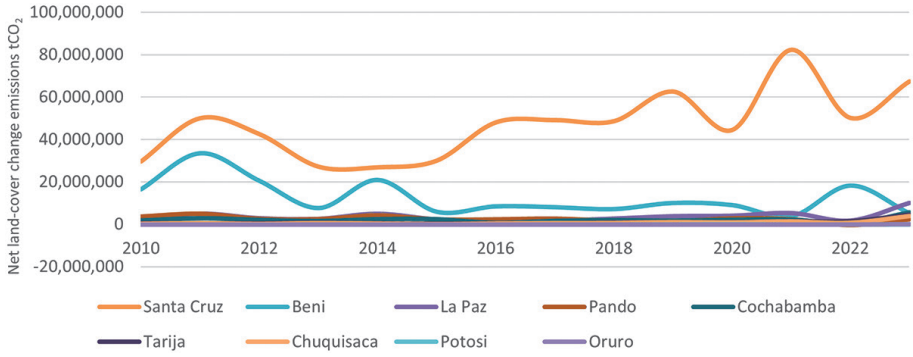
Source: Authors' elaboration.

Map 7: Total burned biomass in Bolivia 2010-2022



Source: Authors' elaboration.

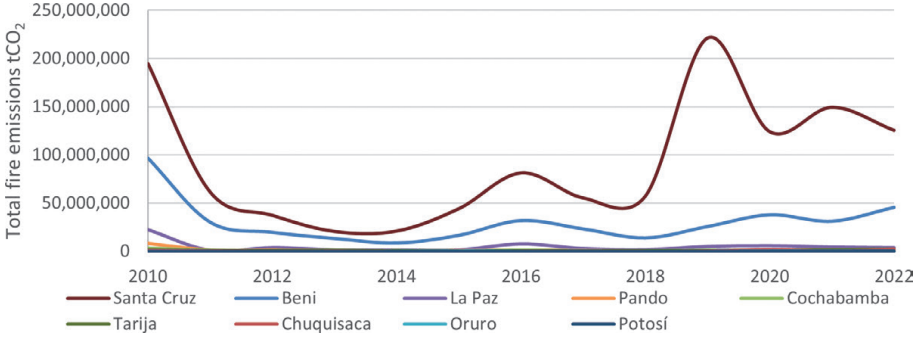
Figure 14: Net land-cover change emissions, by department, 2010-2022 (tCO_2)



Source: Authors' elaboration.

Fire emissions follow a similar pattern, as Santa Cruz is the department with highest emissions followed by Beni, while the remaining departments have experienced very low fire emissions most years.

Figure 15: Total fire emissions tCO_2, by department, 2010-2022

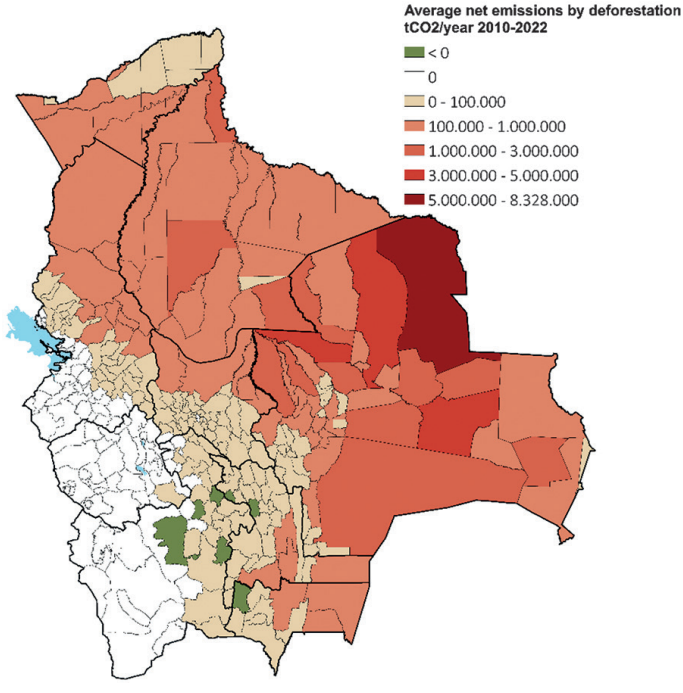


Source: Authors' elaboration.

3.4.2. Municipal level

In Bolivia there are 343 municipalities. Only 7 of them are net carbon sinks during the period of analysis with a maximum annual average of 65 tCO_2 net emissions in the municipality of Icla, department of Chuquisaca. Most municipalities especially in the southwest has almost zero emissions since there is almost no forest cover, while the east concentrates the municipalities with higher emissions.

Map 8: Average Net emissions from deforestation, 2010-2023



Source: Authors' elaboration.

To identify the municipalities with the highest net emissions from land-cover change, we used a combination of three key criteria: 1) Highest absolute emissions; 2) Highest emissions *per capita*; and 3) Highest emissions as a percentage of municipal biomass stock. The top 25 municipalities identified by each criteria are presented in Table 12 below.

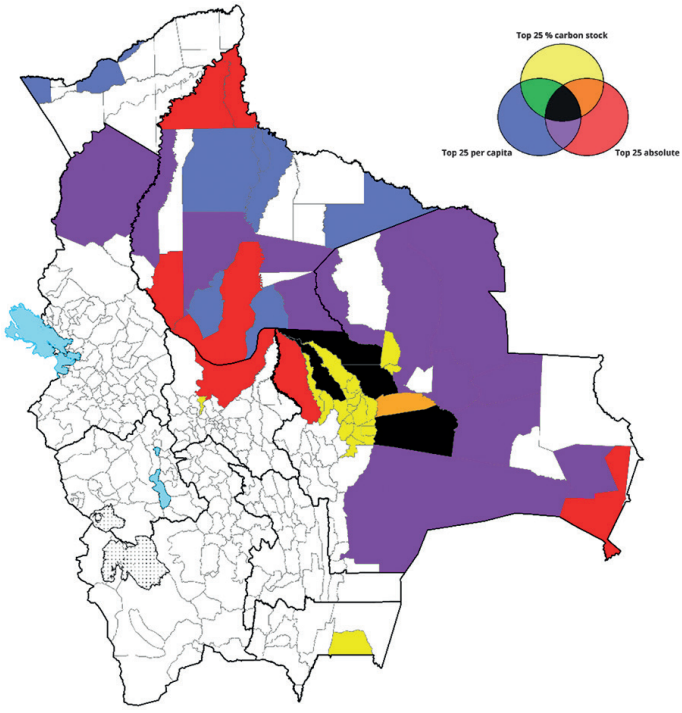
Table 13
Top 25 municipalities – by different measures of net emissions from deforestation, 2010-2023

Absolute net emissions			Percentage of municipality's carbon stock		Emissions per capita	
Municipality	Average tCO_2/year	% of country emissions	Municipality	% emissions/ carbon stock	Municipality	Average tCO_2/ person/year
San Ignacio de Velasco	8,327,712	12%	Colcapirhua	4.18%	El Carmen Rivero Tórrez	317
El Puente	3,657,417	5%	San Julián	4.09%	Puerto Siles	243
San José de Chiquitos	3,381,242	5%	Okinawa Uno	3.00%	El Puente	223
Concepción	3,347,241	5%	Cuatro Cañadas	2.23%	San Rafael	222
Ascención de Guarayos	2,747,962	4%	Santa Rosa del Sara	2.16%	San Miguel de Velasco	175
Pailón	2,712,631	4%	Fernández Alonso	1.79%	San Javier	150
Charagua	2,522,711	4%	Santa Cruz de la Sierra	1.76%	San Ignacio de Velasco	145
Santa Rosa del Sara	2,415,050	3%	Cotoca	1.74%	Concepción	142
Yapacaní	2,408,021	3%	Pailón	1.71%	Territorio Indigena Multietnico	129
San Miguel de Velasco	2,248,361	3%	Portachuelo	1.66%	Bella Flor	125
El Carmen Rivero Tórrez	2,238,589	3%	Colpa Bélgica	1.51%	Santa Rosa del Sara	119
San Julián	1,750,913	3%	Mineros	1.45%	San Andrés	107
San Rafael	1,604,501	2%	Tiquipaya	1.27%	Bolpebra	106
San Andrés	1,477,371	2%	Warnes	1.24%	Loreto	103
Santa Ana de Yacuma	1,391,468	2%	El Puente	1.20%	San José de Chiquitos	103
Guayaramerín	1,020,706	1%	San Pedro	1.10%	Ascención de Guarayos	94
San Borja	985,062	1%	San Ramón	0.93%	Baures	93
San Javier	902,678	1%	San Juan	0.91%	Santa Ana de Yacuma	80
Villa Tunari	896,614	1%	San Carlos	0.86%	Ixiamas	75
Puerto Suarez	845,820	1%	Montero	0.85%	Charagua	72
Ixiamas	810,880	1%	Porongo	0.75%	Exaltación	67
Riberalta	807,209	1%	Yacuiba	0.64%	San Joaquín	65
Cuatro Cañadas	803,958	1%	San Javier	0.59%	Reyes	63
Reyes	740,348	1%	La Guardia	0.59%	Pailón	60
San Ignacio	724,790	1%	General Saavedra	0.58%	San Julián	56

Source: Authors' elaboration.

The map below shows the top 25 municipalities by each criterion, and the intersection between criteria. In black, we see seven municipalities that rank within the top 25 according to all three emissions criteria. All are located in the department of Santa Cruz. Almost all of the municipalities losing a high percentage of their carbon stock are also located in this department, whereas municipalities with high *per capita* emissions, are found mainly in Pando and Beni. The black municipalities are clearly the most concerning

Map 9: Municipalities with higher emissions from deforestation in Bolivia



Source: Authors' elaboration.

3.5. Sensitivity analysis

The use of average biomass as the basis for biomass loss by forest type represents a key difference from other studies. Default IPCC biomass values for forest types are closer to the 75th percentile of biomass estimates derived from the biomass map used in this study

(Santoro & Cartus, 2024). To calculate average biomass, we combined data from intact forests up to 2010, using MapBiomas data to track intact forests from 1985 to 2010. Forests classified as intact until 2010 could be assumed to be at least 25 years old but mature forest could be older but not identifiable from the available data. Given that older forests likely fall within the 75th percentile of biomass content, we conducted an alternative bookkeeping model simulation using this higher biomass estimate.

Using the 75th percentile biomass as the default assumption led to a 23% increase in net emissions from land-cover changes, while the overall composition of net emissions across forest types remained similar. However, it is also possible that deforestation and fires would favour pixels with relatively open forest, which are cheaper to clear and which burn more easily. Thus, we redo the calculations using the 25th percentile biomass value for each forest type. This assumption implies that less dense forests are deforested first and that newly regrown forests contain lower biomass density than the average. Applying this lower biomass assumption results in a 27% reduction in net emissions.

Other modifications were applied to test the sensitivity of the results. Increasing soil carbon loss to 35% over 20 years –assuming more intensive agricultural use– led to a marginal increase of just 2% in net emissions.

3.6. Results in the Context of Other Studies

3.6.1. Comparison of results with previous studies

A previous study developed by Andersen *et al.* (2016) found an estimated average annual net emission of 65 Mt CO_2 for 1990-2000 and 93 Mt CO_2 for 2000-2010. Our results for the period 2010-2023 show an annual average of 70 Mt CO_2, with peaks exceeding 98 Mt CO_2 in recent years (2021 and 2023). This indicates that pressure on forests and their respective emissions have remained at high levels over the past three decades. *Per capita* emissions were reported at 9.4 and 10.4 tCO_2/person/year for the 1990s and 2000s, respectively. Our study finds an average of 6.6 tCO_2/person/year for 2010-2023 from deforestation only, while it is about 18.9 tCO_2/person/year taking both deforestation and fires into account.

3.6.2. Comparison of anthropogenic emission results with national and international sources

The first Biennial Transparency Report (1 BTR) (APMT, 2024) presents the results of the National Greenhouse Gas Inventory for the year 2022, which accounts for anthropogenic emissions and removals generated within the Bolivian territory. The 1 BTR, report total net emissions of 46.4 $MtCO_2$ for the LULUCF sector, while our study identifies 47.0 $MtCO_2$ of anthropogenic origin estimated emissions for the same year. These are the comparable results given that the official national reports are required to report only anthropogenic emissions.

The results of this study were also compared with the estimates of the Global Carbon Atlas for the period 2010-2023, a coincidence in the order of magnitude of net CO_2 emissions associated with land use change is observed. The differences can be explained by the resolution of the data and methodological assumptions, but together both results show a general consistency in the magnitude and trend of emissions from the forest sector.

Table 14
Comparable results of tCO2 emissions with Global Carbon Budget, 2010-2023

	Net emissions - Global Carbon Atlas	Net emissions results – present study
Cumulative emissions 2010-2023	852,246,400	974,483,044
Average annual emissions 2010-2023	60,874,743	70,752,394

Source: Authors' elaboration based on Global Carbon Atlas (2023).

4. Discussion

This study aimed to quantify and present CO_2 emissions from deforestation and degradation by forest fires in Bolivia. Separate analyses were conducted, and results are presented independently. To estimate degradation emissions, we subtracted deforestation-related emissions from fire-affected areas. However, integrating both into a single final estimate presents challenges that require careful consideration.

Table 14 shows net emissions from deforestation alongside fire-related emissions, where emissions from deforested areas have been excluded from total fire emissions. Additionally, a "total emissions" category has been included by summing both components. However,

these results should be interpreted with caution, particularly regarding fire emissions. This complexity may explain why the Global Carbon Budget (GCB) reports land-use change emissions and fire emissions separately, as they are not directly comparable.

It is important to consider that:

- Degradation emissions account for biomass loss across all vegetation types, not just forests. Most burned areas consist of non-forest vegetation with very low carbon content, except in the Amazónico, Chiquitano, and Chaco Forest zones, where biomass averages ~20 tC/ha.
- Due to explanations exposed in the fire emissions from degradation results, it is very difficult to try to make an assumption of the biomass relationship between forest and non-forest vegetation to disaggregate fire emissions from forest degradation and non-forest vegetation degradation. It would require a more in-depth analysis focused specifically on that topic which goes beyond the scope and duration of the present study.
- Fire emissions reflect gross annual emissions from burning but do not account for subsequent regeneration. Unlike regrowth after deforestation –which can be tracked using land-use change and transition maps– post-fire regeneration is harder to quantify. Estimating net emissions from fires would require annual biomass maps and potentially additional data, such as fire intensity, fire duration, and other variables relevant to both the extent of degradation and post-fire regrowth rates. As shown by exploratory results presented in the fire analysis section, the annual biomass data we have, is not enough to support definitive conclusions.

With these considerations in mind, the following table provides an approximate estimate of total annual emissions from both fires and deforestation.

Table 15
Annual fluxes (tCO_2) from deforestation and degradation by fire, 2010-2022

Year	Deforestation Net emissions	Estimated emissions by degradation	Total emissions
2010	54,701,914	321,194,068	375,895,982
2011	97,409,559	90,947,327	188,356,887
2012	71,119,561	60,287,903	131,407,463
2013	42,602,309	36,514,693	79,117,002
2014	60,113,008	30,208,427	90,321,435
2015	43,029,928	61,160,012	104,189,940
2016	62,402,727	119,454,330	181,857,057
2017	64,218,445	79,566,359	143,784,803
2018	63,391,560	71,405,972	134,797,532
2019	81,536,224	245,912,314	327,448,539
2020	64,260,985	168,619,422	232,880,408
2021	98,628,832	181,667,620	280,296,452
2022	72,265,981	172,404,627	244,670,609

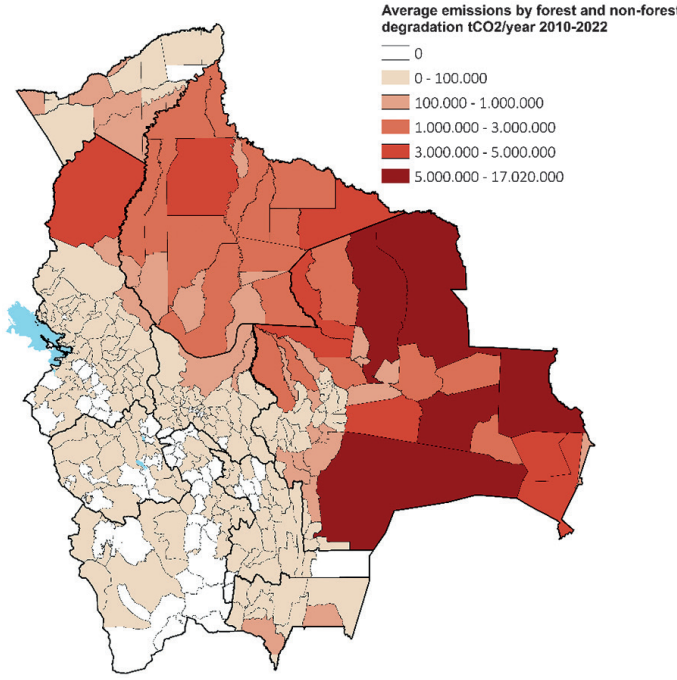
Source: Authors' elaboration.

Map 10 shows the distribution of the estimated emissions by degradation.

Although there is significant year-to-year variation, with 2010 standing out as an extreme year for forest fires, the past four years (2019-2022) have consistently recorded exceptionally high emissions from both deforestation and fire-induced forest degradation, as forest constitute a higher proportion of land cover within burned areas compared to the previous years.

While natural climate variability, including shifts in rainfall patterns and wind dynamics, will continue to drive fluctuations in deforestation and fire activity, Bolivia's forests are now more fragmented and frequently burned than ever before. As a result, they have become increasingly vulnerable to external threats, making them more susceptible to future degradation and carbon losses than in the past.

Map 10: Average emissions from degradation by fire, 2010-2022



Source: Authors' elaboration.

5. Conclusions

Deforestation rates in Bolivia remain high and continue to rise, leading to a corresponding increase in carbon emissions. The majority of emissions due to forest loss are directly attributable to anthropogenic activities, and even the smaller remaining portion cannot be discarded as influenced by human-driven factors.

The highest emissions are concentrated in the department of Santa Cruz, though recent trends show a slight geographical expansion compared to previous decades. Among the top 25 municipalities contributing the most to national emissions, most are located in Santa Cruz and Beni, with one in La Paz and another in Cochabamba.

While deforestation emissions are highly attributable to land-use change, fires affect much larger areas, and in most cases, no clear land-use change is observed following the fires.

Between 2010 and 2023, Bolivia lost over 5 million hectares of forest, leading to average annual emissions of around 70 million tons of CO_2 from deforestation. In addition, fire-related emissions from forest and non-forest vegetation degradation averaged 126 million tons of CO_2 per year. On a *per capita* basis, this translates to an annual average of approximately 6.6 tCO_2 from deforestation and 12.3 tCO_2 from fire-related degradation –emission levels that are high compared to those of other sectors and countries.

The different forest types present in Bolivia lead to variations in carbon emissions and removals. Forests such as the Amazonian, Yungas, and Chiquitano show high potential for both carbon absorption and emissions, while the Chaco forest currently stands out as a major emitter due to its large spatial extent of affected forest. This study provides guidance for prioritizing areas of focus; however, for smaller areas of interest, more detailed studies are recommended –particularly those incorporating field-based biomass measurements– for forest types with highly variable biomass content.

The estimates presented in this research represent one of the first efforts to disaggregate emissions from deforestation and forest degradation in Bolivia. However, a degree of uncertainty remains. Fire-related data, in particular, offers significant opportunities for further exploration and could be examined in greater depth in future analyses. For instance, further analysis of fire-related data –considering forest types, land cover categories, fire recurrence, and more detailed breakdowns– could enhance our understanding of fire emission dynamics. This includes explaining patterns such as the relatively low emissions from fire-related deforestation –partly due to the fact that about one-third of this deforestation occurs in the Chaco region, which has lower biomass density'.

6. Resources

An Excel workbook with all the calculations and results at the municipal level accompanies this article, as do raster maps of net carbon emissions from deforestation at the 100x100m resolution and total fire emissions at the 500x500m resolution. All files can be freely downloaded from the following folder:

https://drive.google.com/drive/u/0/folders/1BoXRaWo55GiDYfh8HUhlWp9F1KfHh-x-

Fecha de recepción: 31 de julio de 2025
Fecha de aceptación: 20 de octubre de 2025

References

1. Andersen, L., Argandoña, F., Balmford, B., Choque Sunagua, S., Groom, B., Inkinen, V., … Weinhold, D. (2023). *Why is it so difficult to measure deforestation?* https://sdsnbolivia.org/en/why-is-it-so-difficult-to-measure-deforestation/

2. Andersen, L., Argandoña, F., Calderón, D., Choque, S., Muñoz, Á., Olmos, C., & Miranda, S. (2025). *Valoración económica de los servicios ecosistémicos provistos por las áreas naturales, Áreas Protegidas y los Territorios Indígenas en Bolivia.* La Paz: SDSN Bolivia.

3. Andersen, L., Doyle, A.S., del Granado, S., Ledezma, J., Medinaceli, A., & Weinhold, D. (2016). Net Carbon Emissions from Deforestation in Bolivia during 1990-2000 and 2000-2010: Results from a Carbon Bookkeeping Model. *PLoS ONE,* 11(3). https://doi.org/https://doi.org/10.1371/journal.pone.0151241

4. Bolivia, Autoridad Plurinacional de la Madre Tierra, APMT (2020). *Tercera Comunicación Nacional del Estado Plurinacional de Bolivia.* Ministerio de Medio Ambiente y Agua.

5. ---------- (2024). Primer Informe Bienal de Trasparencia 2020-2022 del Estado Plurinacional de Bolivia. La Paz: Autoridad Plurinacional de la Madre Tierra.

6. Berenguer, E., Ferreira, J., Oliveira, L., Gardner, T.A., Aragão, L.E., De Camargo, P. B., ... Barlow, J. (2014). A large-scale field assessment of carbon stocks in human-modified tropical forests. *Glob Change Biol,* 20(12), 3713-3726. https://doi.org/https://doi.org/10.1111/gcb.12627

7. Bertschi, I., Yokelson, R.J., Ward, D.E., Babbitt, R.E., Susott, R.A., Goode, J.G., & Min Hao, W. (2003, February 15). Trace gas and particle emissions from fires in large diameter and belowground biomass fuels. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres,* 108(D13). https://doi.org/https://doi.org/10.1029/2002JD002100

8. Binte Shahid, S., Lacey, F.G., Wiedinmeyer, C., Yokelson, R.J., & Barsanti, K.C. (2024). NEIVAv1.0: Next-generation Emissions InVentory expansion of Akagi et al. (2011) version 1.0. *Geoscientific Model Development,* 17(21), 7679-7711. https://doi.org/10.5194/gmd-17-7679-2024

9. Cambridge University Press (n.d.). *Deforestation. Cambridge Dictionary.* https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/deforestation

10. Copernicus Land Monitoring Service (2023, Julio 4). *Burnt Area 2019-present (raster 300 m), global, monthly - version 3.1.* Copernicus Land Monitoring Service (CLMS). https://land.copernicus.eu/en/products/vegetation/burnt-area-v3-1-monthly-300m

11. FAO (2018). *Global Soil Organic Carbon map (GSOCmap)*. Rome: FAO.

12. ---------- (2023). *Terms and definitions FRA 2025"* Forest Resources Assessment. Working Paper N° 194. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. https://www.fao.org/3/cc4691en/cc4691en.pdf

13. FAO, & ITPS (2020). *Global Soil Organic Carbon Map V1.5: Technical Report.* Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

14. Friedlingstein, P., O'Sullivan, M., Jones, M., Andrew, R., & Bakker, D. (2023). Global Carbon Budget 2023. *Earth System Science Data,* 15(12), 5301-5369. https://doi.org/https://doi.org/10.5194/essd-15-5301-2023

15. Gasser, T., Crepin, L., Quilcaille, Y., Houghton, R.A., Ciais, P., & Obersteiner, M. (2020). Historical CO_2 emissions from land use and land cover change and their uncertainty. *Biogeosciences,* 17(15), 4075-4101. https://doi.org/https://doi.org/10.5194/bg-17-4075-2020

16. Giglio, L., Justice, C., Boschetti, L., & Roy, D. (2019). *MODIS/Terra+Aqua Burned Area Monthly L3 Global 500m SIN Grid V061.* https://doi.org/https://doi.org/10.5067/MODIS/MCD64A1.061

17. Global Carbon Budget GCB (2025). *The Global Carbon Budget: FAQs.* https://globalcarbonbudget.org/faqs/

18. *Global Carbon Atlas* (2023). https://globalcarbonatlas.org/

19. Grassi, G., House, J., Kurz, W., Cescatti, A., & Houghton, R. (2018). Reconciling global-model estimates and country reporting of anthropogenic forest CO_2 sinks. *Nature Climate Change*, 8(10), pp.914-920.

20. Hansis, E., Davis, S., & Pong, J. (2015). Relevance ofmethodological choices for accounting of land use change carbon fluxes. *Global Biogeochemical Cycles,* 29(8), 1230-1246. https://doi.org/doi:10.1002/2014GB004997

21. Houghton, R.A., & Nassikas, A.A. (2017). Global and regional fluxes of carbon from land use and land cover change 1850-2015. *Global Biogeochem Cycles,* 31(3), 456-472. https://doi.org/https://doi.org/10.1002/2016GB005546

22. Houghton, R., & Castanho, A. (2023). Annual emissions of carbon from land use, land-use change, and forestry from 1850 to 2020. *Earth System Science Data,* 15(5), 2025-2054. https://doi.org/https://doi.org/10.5194/essd-15-2025-2023

23. Houghton, R., & Hackler, J. (2001). Emissions of carbon from forestry and land-use change in tropical Asia. *Global Change Biology,* 5(4), 481-492. https://doi.org/10.1046/j.1365-2486.1999.00244.x

24. Houghton, R., Hobbie, J., Melillo, J., Moore, B., Peterson, B., Shaver, G., & Woodwell, G. (1983). Changes in the Carbon Content of Terrestrial Biota and Soils between 1860 and 1980: A Net Release of CO_2 to the Atmosphere. *Ecological Monographs,* 53(3), 235-262. https://doi.org/10.2307/1942531

25. Ibisch, P., & Merida, G. (2003). *Biodiversidad: la riqueza de Bolivia. Estado de conocimiento y conservación.* Santa Cruz de la Sierra: FAN.

26. IPCC (2005). *IPCC Good Practice Guidance for LULUCF* . Suiza: IPCC.

27. ---------- (2006). 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. In S. Eggelston, L. Buendia, K. Miwa, T. Ngara, & K. Tanabe (eds.), National Greenhouse Gas Inventories Programme, PCC/IGES.

28. ---------- (2019). *2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories* . Switzerland: IPCC.

29. ---------- (2024). *Report of the IPCC Expert Meeting on Reconciling Anthropogenic Land Use Emissions.* Ispra: IGES. https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/mtdocs/pdfiles/2407_EM_Land_Report.pdf

30. Lanly, J. (2003). *Los factores de la deforestación y la degradación de los bosques.* https://www.fao.org/4/xii/ms12a-s.htm

31. Maillard, O. (2023). Post-Fire Natural Regeneration Trends in Bolivia: 2001-2021. *Fire,* 6(1),18. https://doi.org/10.3390/fire6010018

32. MapBiomas Bolivia (2024). *ATBD Step by Step. Get to Know the Steps of the Mapbiomas Bolivia Methodology.* https://bolivia.mapbiomas.org/en/atbd-entienda-cada-etapa/

33. ---------- (2024). *Colección 2 de la serie anual de mapas de cobertura y uso del suelo de Bolivia*. https://bolivia.mapbiomas.org/

34. MMAyA (2022). *Memoria técnica: mapa de bosque 2022.* Memoria Tecnica, Ministerio de Medio Ambiente y Agua, Viceministerio de Medio Ambiente, Biodiversidad, Cambios Climáticos y de Gestión y Desarrollo Forestal. https://datos.siarh.gob.bo/biblioteca/686

35. Pan, Y., Birdsey, R.A., Fang, J., Houghton, R., Kauppi, P.E., Kurz, W.A., ... & Hayes, D. (2011). A large and persistent carbon sink in the world's forests. *Science*, 333(6045), 988-993. https://doi.org/10.1126/science.1201609

36. Phillips, O., Lewis, S., Baker, T., Chao, K., & Higuchi, N. (2008). The changing Amazon forest. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences,* 363 (1498), 1819-1827. https://doi.org/10.1098/rstb.2007.0033

37. Poulter, B., Canadell, J., Hayes, D., & Thompson, R. (2022). Balancing Greenhouse Gas Budgets: Accounting for Natural and Anthropogenic Flows of CO_2 and other Trace Gases. In B. Poulter, A. Bastos, J. Canadell, P. Ciais, D. Huntzinger, R. Houghton, & W. Kurz (eds.), *Bottom-up approaches for estimating terrestrial GHG budgets: Bookkeeping, process-based modeling, and data-driven methods* (pp. 59-85). Amsterdam: Elsevier.

38. Qin, Z., Zhu, Y., Canadell, J., Chen, M., Li, T., Mishra, U., & Yuan, W. (2024). Global spatially explicit carbon emissions from landuse change over the past six decades (1961-2020). *One Earth,* 7(5), 835-847. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.oneear.2024.04.002

39. RAISG (2024). *Manual General MapBiomas.* https://bolivia.mapbiomas.org/wp-content/uploads/sites/15/2024/07/ATBD_General_MapBiomas_Bolivia_-_Coleccion_2.pdf

40. Rowell, R.M., & LeVan Green, S.L. (2005). Thermal Properties, Combustion, and Fire Retardancy of Wood. In R.M. Rowell, & S.L. LeVan Green (eds.), *Handbook of wood chemistry and wood composites* (pp. 121-138). Boca Raton, Florida, United States: CRC Press. https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1201/b12487

41. Santoro, M., & Cartus, O. (2024). ESA Biomass Climate Change Initiative (Biomass_cci): Global datasets of forest above-ground biomass for the years 2010, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020 and 2021, v5.01. *NERC EDS Centre for Environmental Data Analysis.* https://doi.org/doi:10.5285/bf535053562141c6bb7ad831f5998d77

42. Sims, M., Gibbs, D., & Harris, N. (2024, April 4). *Greenhouse Gas Fluxes from Forests. Global Forest Review* https://gfr.wri.org/biodiversity-ecological-services-indicators/greenhouse-gas-fluxes-forests

43. Van Wees, D., van der Werf, G.R., Randerson, J., Rogers, B.M., Chen, Y., Veraverbeke, S., ... Morton, D.C. (2022). Global biomass burning fuel consumption and emissions at 500 m spatial resolution based on the Global Fire Emissions Database (GFED). *Geoscientific Model Development,* 15(22), 8411-8437. https://doi.org/10.5194/gmd-15-8411-2022

44. Verma, P., Singh, R., Singh, P., & Raghubanshi, A. (2020). *Urban Ecology. Emerging Patterns and Social-Ecological Systems.* India: Elsevier. https://doi.org/10.1016/C2018-0-05562-0

45. Viglione, G. (2023). Q&A: How scientists tackle the challenges of estimating wildfire CO_2 emissions. *Carbon Brief*. https://www.carbonbrief.org/qa-how-scientists-tackle-the-challenges-of-estimating-wildfire-co2-emissions/

46. ---------- (2023). *Wildfires*. Q&A: How scientists tackle the challenges of estimating wildfire CO2 emissions: https://www.carbonbrief.org/qa-how-scientists-tackle-the-challenges-of-estimating-wildfire-co2-emissions/

LAJED N° 44 Noviembre 2025 - Abril 2026 209 - 230
ISSN: 2074 - 4706
https://doi.org/10.35319/lajed.202544579

Movilidad laboral y desigualdades de género en Bolivia: evidencia de trayectorias mediante cadenas de Markov, 2015-2024

Labor Mobility and Gender Inequalities in Bolivia: Evidence of Trajectories using Markov Chains, 2015-2024

Wendy Katherine Aguirre Álvarez *

Resumen

El estudio analiza la movilidad laboral en Bolivia entre el cuarto trimestre de 2015 y el segundo trimestre de 2024, utilizando datos de la Encuesta Continua de Empleo. Se utilizaron procesos de cadenas de Markov para estimar las matrices de probabilidades de transición por estado (ocupado, desocupado, inactivo), categoría ocupacional e ingresos, diferenciando los resultados por sexo. Los resultados muestran alta estabilidad ocupacional en general, pero con persistentes brechas de género. Se evidencia que las mujeres presentan mayores tasas de transición hacia la inactividad, menor movilidad salarial ascendente y una concentración en empleos de baja calidad.

Palabras clave: Movilidad; cadenas de Markov: matriz de transición; estabilidad.

* Magíster en Economía Aplicada por la Universidad Andina Simón Bolívar. Cuenta con formación especializada en métodos cuantitativos, Big Data y analítica de datos. Desarrolla investigaciones de manera independiente en temas relacionados con el mercado laboral, economías populares, pobreza y otros estudios con enfoque de género.
Contacto: Wendy.aguirre.alvarez@gmail.com
ORCID: https://orcid.org/0009-0007-0212-1227

** El contenido del presente documento es de responsabilidad de la autora y no compromete la opinión de la(s) entidad(es) a la(s) que pertenece la misma.

Abstract

This study analyzes labor mobility in Bolivia between the fourth quarter of 2015 and the second quarter of 2024, using data from the Continuous Employment Survey. Markov chain processes were used to estimate transition probability matrices by status (employed, unemployed, inactive), occupational category, and income, differentiating the results by sex. The results show high overall occupational stability, but with persistent gender gaps. It is evident that women have higher rates of transition to inactivity, lower upward wage mobility, and a concentration in low-quality jobs.

Keywords: Mobility; Markov chains; transition matrix; stability.

Clasificación/Classification JEL: J22, J23, J16, J31.

1. Introducción

El análisis de la movilidad laboral constituye un elemento fundamental para comprender las dinámicas del mercado de trabajo a lo largo del tiempo. Identificar la transición de los individuos entre ocupación, desocupación e inactividad, así como entre categorías ocupacionales e ingresos, permite caracterizar de manera precisa los patrones de estabilidad, precariedad y ascenso laboral, ya que considera un estado inicial y observa el estado final del individuo. El objetivo del presente documento es analizar la movilidad laboral en Bolivia utilizando la Encuesta Continua de Empleo (ECE) a través de las cadenas de Markov. El período de estudio considera el cuarto trimestre de 2015 y el segundo trimestre de 2024, el cual a su vez es dividido en dos cohortes, con el fin de captar los cambios derivados de la pandemia en el mercado laboral nacional: la primera abarca del 4T2015 al 3T2020 y la segunda del 4T2020 al 2T2024.

Asimismo, el análisis se aborda desde diferentes perspectivas: estados laborales (ocupado, desocupado e inactivo); cambios en las categorías ocupacionales y niveles de ingresos. Un eje transversal de este análisis es la diferenciación por sexo, con el propósito de evidenciar las desigualdades de género que persisten en las trayectorias laborales.

El documento se encuentra estructurado de la siguiente manera: en la sección I se hace una revisión de los aportes empíricos relacionados a la temática, en la sección II se describen en detalle los datos con los que se realizó la investigación, y en la sección III se expone la metodología que se aplica para abordar el estudio. En la sección IV se realiza un análisis descriptivo del mercado laboral en Bolivia, en la sección V se describen los hallazgos de la investigación, y finalmente, en la sección VI se presentan las conclusiones del análisis.

2. Revisión de la literatura

El estudio de la movilidad laboral ha cobrado relevancia debido a su capacidad para revelar las dinámicas del mercado de trabajo. Para ello, el uso de cadenas de Markov se ha consolidado como una herramienta metodológica adecuada para analizar dichas transiciones, al permitir modelar probabilidades de cambio entre estados laborales a lo largo del tiempo. Diversos estudios han aplicado esta metodología en distintos contextos nacionales e internacionales, utilizando datos longitudinales o de panel, con el fin de evaluar trayectorias individuales. A continuación, se revisan algunas de las investigaciones más relevantes que han aplicado este enfoque.

Kavuma *et al.* (2015) examinan las transiciones laborales en Uganda, para lo cual distinguen entre empleo formal, informal y desempleo. Los resultados revelan una mayor probabilidad de transición del sector formal al informal. Además, se reconoce que muchas de estas transiciones pueden ser involuntarias, como resultado de despidos y no necesariamente decisiones voluntarias. En la misma línea, Bernabé y Stampini (2008) utilizan datos de panel trimestrales de 1998-1999 para analizar la movilidad entre seis situaciones laborales: inactividad, desempleo, empleo asalariado formal, empleo asalariado informal, trabajo por cuenta propia y agricultura. Los hallazgos muestran que el desempleo funciona como una estrategia de espera para personas con educación superior que buscan empleos formales, y el empleo informal actúa como amortiguador en tiempos de recesión.

Por su parte, Bosch y Maloney (2007) utilizan una metodología común aplicada a tres conjuntos de datos de panel de Argentina, Brasil y México, considerando tres estados de empleo: desempleo, empleo y fuera de la fuerza laboral. Los resultados sugieren que Argentina muestra mayor rigidez en el mercado laboral en comparación con Brasil, donde

la baja movilidad parece deberse principalmente a períodos más largos de desempleo. En el caso de México, los autores encuentran que el autoempleo informal se expande durante los periodos de recuperación económica, mientras que durante las crisis la destrucción del empleo afecta con mayor intensidad al sector informal, el cual opera como amortiguador ante el desplazamiento del empleo formal. Además, el estudio ofrece un marco interpretativo valioso para comprender la heterogeneidad del sector informal, distinguiendo entre formas de inserción voluntarias (particularmente entre trabajadores por cuenta propia) y transiciones de carácter más forzoso, como las que enfrentan los asalariados jóvenes.

Pat (2011) analiza la evolución del ingreso de la población ocupada en México entre 2000 y 2010, utilizando datos censales y estimando tasas de permanencia y movilidad salarial mediante matrices de transición. El trabajo concluye que, si bien existen espacios locales con mayor dinamismo salarial, la permanencia en niveles bajos de ingreso refleja tanto la estructura desigual del mercado laboral como las limitaciones del desarrollo económico regional. En el contexto colombiano, Venegas (2012) analiza la duración del empleo informal en Colombia. La metodología se basa en un análisis de funciones de riesgo y cadenas de Markov para examinar la dinámica de la informalidad. Las funciones de riesgo se emplean para explicar las probabilidades de salida y el tiempo de duración en el empleo informal, mientras que las cadenas de Markov se utilizan para entender el comportamiento esperado y la probabilidad estable de los estados laborales. Los resultados principales destacan que la informalidad en Colombia ha sido un fenómeno estable a lo largo del tiempo y que los jóvenes, así como las personas con mayor educación, son los que menos tiempo permanecen en la informalidad.

Un estudio relevante en el contexto boliviano es el desarrollado por Calle (2019), cuyo objetivo fue analizar los flujos de transición laboral, con énfasis en la informalidad. A través de la aplicación de cadenas de Markov, estimó matrices de probabilidad de transición entre los estados de ocupado y no ocupado, así como entre diferentes categorías ocupacionales y ramas de actividad económica. Entre los principales hallazgos se destaca que el sector informal continúa siendo un destino importante para los trabajadores desempleados, especialmente a través del trabajo por cuenta propia y cooperativas, que presentan alta permanencia. Asimismo, se observa una creciente inserción laboral en sectores como comercio y transporte, caracterizados por su elevada informalidad. Las actividades con mayores niveles de estabilidad

se encontraron en sectores como salud, educación, intermediación financiera y minería, lo cual sugiere la persistencia de desigualdades estructurales en la calidad del empleo.

Posteriormente, Calle (2024) amplió su análisis al examinar las transiciones laborales durante el período más complejo de la pandemia por COVID-19 y la fase de desconfinamiento, con el propósito de comprender los patrones y tendencias de movilidad en el mercado laboral boliviano. Los resultados evidenciaron una fuerte contracción del empleo en 2020, acompañada de un incremento significativo del desempleo, lo que refleja el impacto de las restricciones sanitarias sobre la generación de fuentes laborales. Asimismo, se observó que las personas desocupadas se encontraban en una situación más vulnerable que las inactivas; sin embargo, debido a las medidas de confinamiento, la probabilidad de pasar a la inactividad aumentó considerablemente. Este segundo estudio resulta relevante, porque permite contrastar la dinámica de las transiciones laborales en un contexto de crisis, ofreciendo evidencia sobre cómo los choques externos pueden profundizar las brechas estructurales del mercado de trabajo en Bolivia.

Estos estudios demuestran la utilidad de las cadenas de Markov para analizar la movilidad laboral desde diferentes dimensiones: tipo de empleo, ingreso, duración y estructura sectorial. No obstante, la mayoría de ellos carece de un enfoque sistemático que incorpore el análisis de género, a pesar de que las desigualdades laborales afectan de manera diferenciada a hombres y mujeres.

3. Datos

Para abordar el análisis de la movilidad laboral se considera la Encuesta Continua de Empleo (ECE) del cuarto trimestre de 2015 (4T2015) al segundo trimestre de 2024 (2T2024). Esta encuesta, diseñada y ejecutada por el Instituto Nacional de Estadística (INE), utiliza un diseño de tipo panel rotativo, en el cual los hogares seleccionados son entrevistados durante cuatro trimestres consecutivos y posteriormente son retirados de la muestra. Esta característica metodológica permite realizar un seguimiento trimestral de los mismos individuos, posibilitando así la estimación de transiciones en el tiempo t y en el tiempo $t+1$.

Con el objetivo de estudiar la dinámica de la movilidad laboral desde diferentes aristas, se aplican dos enfoques complementarios. El primero consiste en identificar al individuo como

unidad de análisis, mientras que el segundo se orienta al reconocimiento y clasificación de sus trayectorias laborales que se analizarán. Respecto al primer enfoque, se delimita la población de estudio considerando únicamente a la población en edad de trabajar (PET)[1] del área urbana. Esta población se divide en población económicamente inactiva (PEI)[2] y población económicamente activa (PEA)[3]. A su vez, la PEA se subdivide en población ocupada (O)[4] y población desocupada (D)[5].

El segundo enfoque se refiere al análisis de las trayectorias laborales vistas desde tres aspectos: estados laborales, categorías ocupacionales[6] e ingresos. Esto implica el seguimiento de las transiciones, por un lado, de los estados laborales, tales como de ocupado (O) a desocupado (D), de ocupado (O) a inactivo (I), de inactivo (I) a ocupado (O), entre otras combinaciones posibles, y por otro lado, de las categorías ocupacionales e ingresos, que siguen la misma lógica.

A fin de capturar la evolución de estas trayectorias, se ha segmentado el periodo de estudio en dos cohortes temporales: la primera comprende el periodo entre el 4T2015 y el 3T2020, y la segunda abarca desde el 4T2020 hasta el 2T2024. El criterio adoptado para esta división fue la pandemia, debido a los cambios que hubo en las condiciones y estructura laboral del país, los cuales son expuestos en la siguiente sección.

1 La PET es aquella parte de la población que tiene 14 años o más de edad, y cuenta con las condiciones y capacidad para trabajar.

2 La PEI es aquella población que se encuentra en las condiciones de ejercer un trabajo, 14 años o más de edad, pero no se encuentran disponibles durante la semana de referencia o no efectuaron gestiones de búsqueda para establecer un trabajo.

3 La PEA corresponde a aquellas personas de 14 años o más de edad que en la semana que fueron encuestadas declararon: a) que trabajaron al menos una hora en la semana de referencia, b) que por razones circunstanciales no trabajaron, pero cuentan con una fuente laboral; c) que no trabajaron, pero buscaron trabajo durante las últimas cuatro semanas además de estar disponibles para trabajar. La PEA es el conjunto de personas ocupadas y desocupadas.

4 La población ocupada forma parte de la PET que trabajó más de una hora en la semana de referencia.

5 La población desocupada forma parte de la PET que: no tienen trabajo, están disponibles para trabajar y lo buscan activamente; es decir, en la semana que fueron encuestadas declararon que no trabajaron ni una hora en la semana de referencia, a pesar de que realizaron acciones de búsqueda de un empleo o intentaron ejercer una actividad por su cuenta, durante las últimas cuatro semanas.

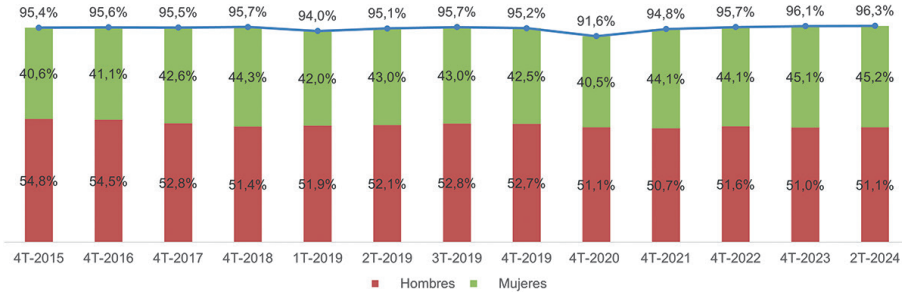
6 Las categorías ocupacionales son: obrero/empleado, Trabajador/a por cuenta propia, empleador/a o socio/a que no recibe salario, cooperativista de producción, trabajador/a familiar sin remuneración, aprendiz o persona en formación sin remuneración y empleada/o del hogar.

4. Hechos estilizados

El comportamiento del mercado laboral en Bolivia ha mostrado una evolución diferenciada entre los periodos 2025-2020 y 2020-2024. El gráfico 1 muestra que la tasa de ocupación en el área urbana se mantuvo estable, fluctuando alrededor del 95%, con una caída durante la gestión 2020, cuando descendió a 91,6% en el contexto de la pandemia. Posteriormente, el mercado laboral mostró signos de recuperación, alcanzando un 96,3% en 2024.

En el periodo anterior a la pandemia se observa una diferencia en promedio de 11 pp. entre hombres y mujeres. A partir del año 2020, esta brecha se fue reduciendo. Sin embargo, a pesar de que las mujeres incrementan su participación, pasando de representar el 40,6% de la población ocupada en 2015 al 45,2% en 2024, los hombres continúan concentrando una mayor proporción del empleo.

Gráfico 1: Tasa de ocupación del área urbana, 2015-2024 (en porcentajes)



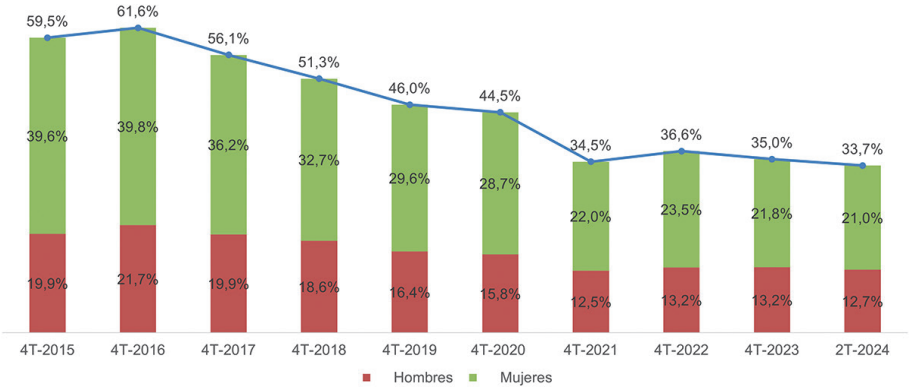
Fuente: Elaboración propia en base a la ECE.

Desde la perspectiva del índice de carga económica[7], se observa en el gráfico 2 que éste disminuyó de 59,5 al 33,7%, indicando una mayor incorporación de personas al trabajo, reduciendo significativamente la cantidad de personas dependientes por cada 100 trabajadores activos. La pandemia en 2020 interrumpió bruscamente esa tendencia, provocando una reconfiguración temporal del empleo y una caída en la participación femenina, aunque el índice continuó reduciéndose por el aumento de la inactividad. Desde 2021 en adelante, el proceso de reactivación económica y reinserción laboral permitió restablecer la trayectoria descendente del índice, alcanzando en 2024 el nivel más bajo en el período analizado (33,7%).

7 Relación entre la población en edad inactiva y la económicamente activa.

Esta caída fue más pronunciada entre las mujeres, cuyo índice bajó de 39,6 a 20,2%, mientras que los hombres pasaron de 19,9 a 12,2%. Esta tendencia sugiere una mayor incorporación de la población al mercado laboral, especialmente femenina, lo que ha reducido la presión sobre la población ocupada.

Gráfico 2: Índice de carga económica del área urbana, 2015-2024 (en porcentajes)



Fuente: Elaboración propia en base a la ECE.

Este comportamiento pone de manifiesto tanto la vulnerabilidad del empleo urbano ante choques externos como la capacidad de adaptación del mercado laboral boliviano, en el cual la mayor participación femenina emerge como un elemento clave de la recuperación post-pandemia. Sin embargo, a pesar de los avances en la participación femenina en el mercado laboral, persisten desigualdades en las condiciones de inserción laboral respecto a los hombres. Es decir que su ingreso en el mercado muestra mayores niveles de precariedad.

En el cuadro 1 se observa que, a pesar de que el trabajo por cuenta propia continúa siendo la categoría predominante (42,73% en 2024), el porcentaje de mujeres como obreras/empleadas se ha mantenido relativamente bajo y en niveles inferiores a los de los hombres, alcanzando un 32,55%. Además, una proporción importante de mujeres se desempeña como familiar auxiliar o aprendiz sin remuneración (16,48%) y como trabajadora del hogar (5,54%), segmentos asociados a menores niveles de protección social, bajos ingresos y alta vulnerabilidad. Esta distribución ocupacional pone de manifiesto que, aunque las mujeres han logrado aumentar su participación en el mercado laboral tras la crisis sanitaria de 2020,

continúan enfrentando importantes barreras estructurales que limitan su acceso a empleos formales y de mejor calidad.

Cuadro 1
Distribución porcentual de la población de 14 años o más de edad en la ocupación principal según sexo y categoría en el empleo, 2015-2024 (en miles de personas y porcentajes)

Categoría en el empleo	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	jul-24
Hombres	**1.740**	**1.815**	**1.855**	**1.916**	**2.055**	**2.106**	**2.312**	**2.323**	**2.371**	**2.448**
Obrero/ empleado (1)	38,38%	42,88%	44,41%	47,78´%	45,67%	40,7%	42,71%	41,43%	43,14%	43,18%
Trabajador por cuenta propia	51,72%	45,21%	41,45%	37,37%	39,61%	42,95%	39,51%	40,79%	40,2%	40,13%
Empleador o socio que no recibe salario	5,53%	7,58%	7,83%	7,58%	6,17%	5,25%	5,48%	6,11%	6,33%	5,64%
Familiar auxiliar o aprendiz sin remuneración	3,76%	4,05%	5,78	6,83%	7,75%	10,46%	11,61%	11,16%	9,83%	10,54%
Cooperativista de producción	0,52%*	0,24%*	0,14*%	0,37*%	0,70*%	0,43*%	0,53*%	0,33*%	0,28*%	0,35*%
Trabajador del hogar	0,10%*	0,04%*	0,39*%	0,07*%	0,10*%	0,20*%	0,18*%	0,18*%	0,22*%	0,16*%
Mujeres	**1.299**	**1.359**	**1.504**	**1.630**	**1.737**	**1.746**	**2.023**	**2.062**	**2.189**	**2.267**
Obrera/ empleada (1)	37,1%	34,46%	34,44%	36,09%	32,78%	29,44%	28,74%	31,26%	31,42%	32,55%
Trabajadora por cuenta propia	43,02%	44,05%	42,6%	42,95%	44,89%	47,98%	46,71%	45,77%	44,75%	42,73%
Empleador o socio que no recibe salario	2,54%	2,38%	3,27%	3,27%	2,69%	2,17%	2,4%	2,75%	2,35%	2,68%
Familiar auxiliar o aprendiz sin remuneración	11,89%	14,18%	14,8%	12,86%	15,21%	15,99%	18,01%	15,91%	15,82%	16,48%
Cooperativista de producción	-	-	0,02%*	0,03%*	-	0,01%*	0,01%*	-	0,06%*	0,02%*
Trabajadora del hogar	5,45%	4,93%	4,88%	4,8%	4,43%	4,4%	4,13%	4,3%	5,61%	5,54%
Total	**3.040**	**3.174**	**3.359**	**3.545**	**3.792**	**3.852**	**4.334**	**4.385**	**4.560**	**4.715**

Fuente: Extraído del Instituto Nacional de Estadística (INE).
(1) Incluye: socio o empleador que sí recibe remuneración.
(*) Coeficiente de variación superior a 20%, empleado solo de forma referencial.

La información expuesta hace notar que hubo una mayor participación de las mujeres en el mercado laboral, sin embargo, aquello no refleja que las condiciones sean iguales o mejores que las de los hombres.

5. Metodología

Para estimar las transiciones laborales, se recurre al uso de cadenas de Markov como instrumento metodológico central, el cual ha sido empleado ampliamente en la literatura económica para analizar procesos dinámicos asociados al empleo, debido a su capacidad para modelar la evolución de un sistema en función de su estado anterior inmediato (Pat, 2011). Conceptualmente, una cadena de Markov es un proceso estocástico discreto, en el cual la probabilidad de que un individuo se encuentre en un estado en el tiempo t+1 depende únicamente del estado en el que se encontraba en el tiempo t, y no de la secuencia completa de estados previos. Esta propiedad, conocida como propiedad de Markov, permite simplificar el análisis de trayectorias complejas reduciendo la dependencia temporal al estado inmediatamente anterior. En términos formales, si se define X_t como la variable que representa el estado ocupacional de un individuo en el período t, el proceso cumple la propiedad markoviana si:

$$P(X_{t+1} = j \mid X_t = i\ ,\ X_{t-1} = x_{t-1}, \ldots, X_0 = x_0\ ) = P(X_{t+1} = j \mid X_t = i\ ) \qquad (1)$$

donde i y j son estados posibles del sistema. A diferencia de otros indicadores de movilidad, como el índice de inmovilidad o el coeficiente Q de Joule, las cadenas de Markov no requieren asumir independencia estadística entre los estados de origen y destino, permitiendo trabajar directamente con distribuciones empíricas observadas. Esto otorga mayor robustez a los resultados y evita sesgos derivados de la estructura marginal de las tablas de contingencia.

En el presente estudio, el espacio de estados se ha definido en tres categorías mutuamente excluyentes: ocupado (O), desocupado (D) e inactivo (I). Estas categorías permiten caracterizar de manera integral la posición laboral de los individuos en cada trimestre. A partir de la información de panel de la ECE, es posible construir matrices de transición que cuantifican la probabilidad condicional de pasar de un estado i en el trimestre t a un estado j en el trimestre t+1. Una matriz de transición típica para este caso puede representarse de la siguiente forma:

$$P = \begin{bmatrix} P_{OO} & P_{OD} & P_{OI} \\ P_{DO} & P_{DD} & P_{DI} \\ P_{IO} & P_{ID} & P_{II} \end{bmatrix} \tag{2}$$

donde P_{ij} denota la probabilidad de transición del estado *i* al estado *j*. La diagonal principal de la matriz refleja los casos de inmovilidad (es decir, cuando los individuos permanecen en el mismo estado entre dos periodos consecutivos), mientras que los valores fuera de la diagonal indican los flujos de movilidad laboral. Esta misma lógica se aplica para el análisis de transición entre categorías ocupacionales e ingresos.

El uso de cadenas de Markov es adecuado para encuestas con estructura de panel rotativo, como es el caso de la ECE, que permite observar a los mismos individuos durante cuatro trimestres consecutivos, lo cual posibilita la estimación confiable de transiciones trimestrales, permitiendo identificar patrones diferenciales de movilidad según sexo, categoría ocupacional e ingreso. Asimismo, el modelo se apoya en el supuesto de transición estable, el cual plantea que las probabilidades de transición entre estados tienden a mantenerse constantes en el tiempo, reflejando un patrón estructural relativamente estable en las dinámicas laborales. Este supuesto es complementario a la homogeneidad temporal, que establece que la probabilidad de pasar de un estado a otro depende solo del estado actual y no del momento específico en el tiempo. Ambos supuestos permiten estimar una matriz de transición representativa de cada período, siempre que las condiciones del mercado laboral no presenten cambios abruptos.

Considerando los cambios estructurales descritos en la Sección III, a raíz de la pandemia de la COVID-19 sobre el mercado laboral boliviano, se vio pertinente dividir el análisis en dos cohortes temporales: el primero entre 4T2015 y el 3T2020, y el segundo entre 4T2020 y el 2T2024. Esta segmentación permite capturar las rupturas estructurales en las dinámicas de transición laboral, evitando que las matrices de transición promedio oculten comportamientos heterogéneos entre etapas claramente diferenciadas.

Desde la perspectiva de cadenas de Markov, la estimación separada de matrices antes y después del evento crítico permite mantener la validez del supuesto de homogeneidad temporal y transición estable dentro de cada subperíodo, el cual permite garantizar la

consistencia de las probabilidades de transición. Sin embargo, ante eventos disruptivos como la pandemia, estos supuestos pueden verse afectados, lo que justifica la necesidad de estimar matrices independientes para los períodos previo y posterior. Esta comparación no solo permite identificar los cambios coyunturales inducidos por la pandemia, sino también evaluar si dichos cambios dieron lugar a un nuevo patrón de movilidad laboral en la etapa de recuperación.

6. Resultados

El análisis de la movilidad laboral en Bolivia abarca el periodo 2015-2024. Para ello, se realiza dos cohortes diferenciadas por el impacto de la pandemia: la primera incluye el 4T 2015 hasta 3T 2020 y la segunda comprende el 4T 2020 hasta 2T 2024. A continuación, se exponen los resultados de la transición por estado, categoría ocupacional e ingresos, que a su vez se encuentran diferenciados por sexo.

6.1. Transición por estado

En el cuadro 2 se observa la transición laboral durante la primera cohorte. El 86,5% de los individuos ocupados mantuvieron su empleo, mientras que un 2,8% transitaron hacia la desocupación y un 10,7% hacia la inactividad. Este alto nivel de retención en el empleo sugiere un mercado laboral relativamente estable en la etapa pre-pandémica. Al desagregar por sexo se evidencian diferencias importantes, los hombres presentaron una mayor estabilidad (90% permanecieron ocupados) en comparación con las mujeres (82,1%), quienes mostraron un mayor flujo hacia la inactividad (15,4 frente a 6,9% en hombres). Desde la desocupación, el 56,1% de los hombres logró reincorporarse al empleo, frente a un 37,5% de las mujeres, acentuándose así las dificultades de la mujer para reinsertarse en el mercado laboral. El análisis de los movimientos desde la inactividad muestra comportamientos similares entre hombres y mujeres: el 18,4% de los hombres inactivos lograron integrarse a la ocupación frente al 18,8% de las mujeres. Sin embargo, la proporción que permaneció inactiva sigue siendo elevada en ambos casos (78,6% para hombres y 78,3% para mujeres), lo cual sugiere la existencia de barreras persistentes para la reactivación laboral, especialmente relevantes en el caso femenino, dado el mayor flujo previo hacia la inactividad.

Cuadro 2
Matriz de transición por estado, 2015-2020 (en porcentajes)

4T 2015 - 3T 2020	O	D	I
General			
O	**86,50**	2,80	10,70
D	46,80	**20,10**	33,10
I	18,70	2,90	**78,40**
Hombres			
O	**90,00**	3,10	6,90
D	56,10	**20,50**	23,40
I	18,40	3,00	**78,60**
Mujeres			
O	**82,10**	2,50	15,40
D	37,50	**19,60**	42,90
I	18,80	2,90	**78,30**

Fuente: Elaboración propia en base a la ECE.

En la segunda cohorte, ya en el contexto post-pandemia, la estabilidad ocupacional general aumentó al 90%, reduciéndose las transiciones hacia la desocupación (2,4%) y la inactividad (7,6%), tal como se muestra en el cuadro 3. La desagregación por sexo revela nuevamente diferencias sustantivas. Entre los hombres, la permanencia en el empleo alcanza el 92,5%, reafirmando su posición de mayor estabilidad laboral. Solo el 2,5% de los hombres ocupados pasaron a la desocupación, y un 5,1% hacia la inactividad. En contraste, entre las mujeres ocupadas, el 87,4% se mantuvieron empleadas, mientras que el 2,3% transitaron al desempleo y un 10,3% a la inactividad. Aunque la estabilidad en el empleo femenino mejoró respecto a la cohorte anterior, el riesgo de transición de desocupadas hacia la inactividad sigue siendo considerablemente más alto (33,33%) en comparación con los hombres (19,20%). El análisis de las transiciones desde la inactividad indica que el 22,7% de los hombres inactivos lograron acceder a un empleo, en comparación con el 23,5% de las mujeres, lo que sugiere una ligera mejoría en la reactivación laboral femenina en esta cohorte. Sin embargo, el porcentaje que permaneció en la inactividad sigue siendo alto para ambos sexos (73,7% en hombres y 72,7% en mujeres), lo que denota persistentes barreras estructurales para el acceso al mercado de trabajo.

Cuadro 3
Matriz de transición por estado, 2020-2024 (en porcentajes)

4T 2020 - 2T 2024	O	D	I
General			
O	**90,00**	2,40	7,60
D	49,90	**23,00**	27,10
I	23,20	3,70	**73,10**
Hombres			
O	**92,50**	2,50	5,10
D	58,50	**22,20**	19,20
I	22,70	3,60	**73,70**
Mujeres			
O	**87,40**	2,30	10,30
D	43,10	**23,60**	33,30
I	23,50	3,80	**72,70**

Fuente: Elaboración propia en base a la ECE.

En ambos períodos, el tránsito hacia la inactividad fue más pronunciado entre las mujeres, lo que refleja una estructura laboral que continúa penalizando su inserción y permanencia en el mercado laboral.

6.2. Transición por categoría ocupacional

En el cuadro 4 se observa que la mayoría de la población tiende a permanecer en su estado inicial. A nivel general, las/os trabajadores ocupados como obreros o empleados mantuvieron en un 77,2% su situación, mientras que los trabajadores por cuenta propia conservaron su condición en un 72,1%. Estos dos grupos son los que registran mayor estabilidad ocupacional en el período de referencia.

Al analizar las transiciones por sexo, se observa que las trayectorias de las mujeres muestran mayor inestabilidad debido a que la probabilidad de que permanezcan en su ocupación inicial es inferior respecto a la de los hombres, excepto en ocupaciones como trabajadoras del hogar, la cual alcanzó 59,2%, notablemente superior al porcentaje observado entre los hombres (46,7%). Esta diferencia refleja una segregación ocupacional femenina, concentrada en sectores de baja protección laboral y alta vulnerabilidad. En el caso de los empleadores,

cooperativistas y trabajadores familiares no remunerados, se observa que los hombres tienden a mantener de forma más consistente su categoría que las mujeres. Por ejemplo, los hombres cooperativistas tienen una permanencia del 60,1%, mientras que las mujeres cooperativistas se mantienen en esa condición en un 33,3%, lo que sugiere mayores dificultades para sostener emprendimientos productivos entre las mujeres.

Las transiciones hacia el desempleo son otro aspecto relevante: el 7,9% de los hombres y el 8,9% de las mujeres ocupadas transitaron hacia la desocupación, indicando una ligera mayor vulnerabilidad femenina al desempleo. De manera general, las mujeres presentan trayectorias laborales más frágiles, con mayores probabilidades de cambios entre categorías, especialmente hacia situaciones de menor calidad ocupacional o desempleo.

Durante el periodo posterior a la pandemia, se observa una leve mejora en la estabilidad de las trayectorias laborales en Bolivia, aunque persisten brechas de género significativas. En aspectos generales, las/os obreros o empleados registraron una tasa de permanencia del 79,1%, mientras que los trabajadores por cuenta propia mostraron una mayor estabilidad, alcanzando el 75,7%, superior a la observada en la primera cohorte (cuadro 5).

Los hombres obreros/empleados mantuvieron su condición en un 79,0%, prácticamente igual al 79,2% de las mujeres, mostrando una estabilidad laboral similar en esta categoría. Sin embargo, entre los trabajadores por cuenta propia las mujeres presentan una tasa de permanencia levemente superior (75,6%) respecto a los hombres (75,8%), lo que indica que, en este periodo, las mujeres lograron consolidar su actividad por cuenta propia de manera comparable a los hombres.

Respecto a las ocupaciones de menor formalidad, como el empleo del hogar y el trabajo familiar no remunerado, se observa que las mujeres continúan presentando mayores niveles de permanencia en condiciones de baja calidad laboral. En particular, la probabilidad de que las trabajadoras del hogar permanecieran en esta situación fue de 63,3%, mientras que en el caso de los hombres el porcentaje fue de 48,7%, reflejando que las trayectorias femeninas siguen más vinculadas a formas de empleo precario. Las transiciones hacia el desempleo disminuyeron respecto a la primera cohorte, mostrando una ligera reducción en la vulnerabilidad femenina, aunque la brecha persiste. Además, el movimiento desde categorías de empleo precario hacia mejores condiciones sigue siendo más limitado para las mujeres.

Cuadro 4
Matriz de transición por categoría ocupacional, 2015-2020 (en porcentajes)

4T 2015 - 3T 2020	Obrero, empl.	Trab. por cuenta propia	Empl. o socio/a que no recibe salario	Coop. de prod.	Trab. Fam. sin remun.	Aprendiz o persona en for. sin remun.	Emp. del hogar	Desempleado
General								
Obrero, empl.	**77,20**	8,80	1,20	0,10	1,20	0,00	0,50	11,00
Trab. por cuenta propia	8,10	**72,10**	3,90	0,10	2,60	0,00	0,60	12,70
Empl. o socio/a que no recibe salario	9,70	35,20	**45,90**	0,20	2,10	0,00	0,10	6,80
Coop. de prod.	10,00	19,90	4,40	**59,70**	0,60	0,00	0,00	5,50
Trab. Fam. sin remuneración	5,60	13,00	1,20	0,00	**49,60**	0,10	0,40	30,10
Aprendiz o persona en for. sin remun.	14,60	7,30	0,50	0,00	10,70	**19,40**	1,00	46,60
Emp. del hogar	8,20	10,60	0,20	0,00	1,20	0,00	**58,80**	20,90
Desempleado	6,20	8,80	0,50	0,00	4,70	0,10	0,70	**79,00**
Hombres								
Obrero, empl.	**77,00**	11,00	1,70	0,10	1,00	0,00	0,10	9,10
Trab. por cuenta propia	11,30	**72,70**	5,40	0,20	1,80	0,00	0,10	8,60
Empl. o socio/a que no recibe salario	11,10	34,70	**47,20**	0,30	1,30	0,00	0,00	5,40
Coop. de prod.	10,10	19,70	4,40	**60,10**	0,60	0,00	0,00	5,00
Trab. Fam. sin remuneración	8,90	14,10	1,50	0,00	**42,40**	0,10	0,00	32,90
Aprendiz o persona en for. sin remun.	17,50	10,00	1,30	0,00	8,80	**23,80**	0,00	38,80
Emp. del hogar	17,30	18,80	1,50	0,00	1,00	0,00	**46,70**	14,70
Desempleado	8,40	8,60	0,70	0,10	4,80	0,10	0,00	**77,30**
Mujeres								
Obrero, empl.	**77,60**	5,40	0,50	0,00	1,40	0,00	1,10	13,90
Trab. por cuenta propia	4,30	**71,30**	2,00	0,00	3,40	0,00	1,30	17,70
Empl. o socio/a que no recibe salario	5,50	36,80	**41,60**	0,10	4,50	0,10	0,20	11,30
Coop. de prod.	0,00	33,30	0,00	**33,30**	0,00	0,00	0,00	33,30
Trab. Fam. sin remuneración	4,00	12,40	1,00	0,00	**53,30**	0,10	0,60	28,60
Aprendiz o persona en for. sin remun.	12,70	5,60	0,00	0,00	11,90	**16,70**	1,60	51,60
Emp. del hogar	7,90	10,40	0,20	0,00	1,20	0,00	**59,20**	21,10
Desempleado	4,90	8,90	0,30	0,00	4,60	0,10	1,10	**80,00**

Fuente: Elaboración propia en base a la ECE.

Cuadro 5
Matriz de transición por categoría ocupacional, 2020-2024 (en porcentajes)

4T 2020 - 2T 2024	Obrero, empl.	Trab. por cuenta propia	Empl. o socio/a que no recibe salario	Coop. de prod.	Trab. fam. sin remun.	Aprendiz o persona en for. sin remun.	Emp. del hogar	Desempleado
General								
Obrero, empl.	**79,10**	8,60	1,20	0,10	1,90	0,30	0,50	8,40
Trab. por cuenta propia	7,60	**75,70**	3,30	0,10	3,10	0,20	0,80	9,20
Empl. o socio/a que no recibe salario	9,90	35,20	**47,30**	0,20	2,50	0,20	0,10	4,70
Coop. de prod.	11,60	6,90	2,30	**78,00**	0,40	0,00	0,00	0,80
Trab. Fam. sin remuneración	6,60	12,80	1,00	0,00	**61,10**	0,50	0,40	17,60
Aprendiz o persona en for. sin remun.	16,80	10,70	0,80	0,00	6,40	**32,50**	0,20	32,50
Emp. del hogar	7,70	12,90	0,30	0,00	1,70	0,20	**62,80**	14,50
Desempleado	7,70	10,40	0,40	0,00	6,60	0,60	0,90	**73,40**
Hombres								
Obrero, empl.	**79,00**	10,20	1,60	0,20	1,80	0,20	0,10	7,00
Trab. por cuenta propia	10,70	**75,80**	4,80	0,10	2,60	0,10	0,10	5,80
Empl. o socio/a que no recibe salario	11,60	34,20	**48,30**	0,30	1,80	0,10	0,00	3,70
Coop. de prod.	11,80	6,70	2,40	**78,20**	0,40	0,00	0,00	0,60
Trab. Fam. sin remuneración	9,20	12,90	1,00	0,00	**58,00**	0,40	0,00	18,50
Aprendiz o persona en for. sin remun.	18,20	8,40	1,50	0,00	6,60	**29,20**	0,00	36,10
Emp. del hogar	20,70	16,00	0,70	0,00	2,00	0,00	**48,70**	12,00
Desempleado	10,30	8,90	0,60	0,00	7,70	0,70	0,10	**71,80**
Mujeres								
Obrero, empl.	**79,20**	6,20	0,50	0,00	2,00	0,40	1,10	10,50
Trab. por cuenta propia	4,90	**75,60**	2,00	0,00	3,50	0,20	1,50	12,30
Empl. o socio/a que no recibe salario	5,60	37,70	**44,70**	0,00	4,20	0,30	0,40	7,20
Coop. de prod.	0,00	22,20	0,00	**66,70**	0,00	0,00	0,00	11,10
Trab. Fam. sin remuneración	4,80	12,80	1,00	0,00	**63,20**	0,60	0,70	17,00
Aprendiz o persona en for. sin remun.	16,00	12,10	0,40	0,00	6,30	**34,40**	0,30	30,30
Emp. del hogar	7,30	12,80	0,30	0,00	1,70	0,20	**63,30**	14,60
Desempleado	6,20	11,30	0,30	0,00	5,90	0,60	1,30	**74,40**

Fuente: Elaboración propia en base a la ECE.

A pesar de que se aprecia una mejora general en la estabilidad ocupacional tras la pandemia, las mujeres siguen mostrando trayectorias laborales más frágiles, con mayores probabilidades de permanecer en sectores informales y enfrentar riesgos más elevados de desempleo en comparación con los hombres.

6.3. Transición por ingreso

Para abordar la dinámica de ingresos laborales se trabajó únicamente con la población ocupada. La matriz de transición salarial del primer período se presenta en el cuadro 6, el cual expone la movilidad de la población entre tres diferentes estados salariales. A nivel nacional, el 70,4% de los trabajadores que percibían ingresos menores o iguales a Bs. 2.500 se mantuvieron en esta categoría en el trimestre siguiente, mientras que el 25,1% ascendieron al tramo entre Bs. 2.501 y Bs. 5.000, y apenas el 4,5% lograron superar los Bs. 5.000. Esta estructura evidencia una limitada movilidad ascendente para los trabajadores de menores ingresos. Para aquellos que tenían ingresos superiores, las probabilidades de transición a ingresos inferiores fue alta.

Al desagregar por sexo, se observan diferencias importantes. Entre los hombres, el 59,1% de aquellos con ingresos bajos permanecieron en el mismo tramo, y el 34,8% mejoraron a la categoría intermedia. En cambio, entre las mujeres, la persistencia en el tramo más bajo alcanzó un 80,5%, mostrando una mayor dificultad para ascender salarialmente. Además, solo el 16,4% de las mujeres logró ubicarse en el tramo de Bs. 2.501 a Bs. 5.000, y apenas el 3,1% superó los Bs. 5.000.

Entre quienes ya percibían ingresos superiores a Bs. 5.000, lograron mantener su posición el 52,1% en hombres y 55,3% en mujeres. Sin embargo, se observa que descendieron en un elevado porcentaje a una escala inferior.

Respecto al segundo período, se observa una persistencia elevada en los tramos bajos de ingreso, con una ligera disminución en la movilidad ascendente respecto al periodo pre-pandémico (cuadro 7). En aspectos globales, el 75,7.% de los trabajadores que inicialmente percibían un salario menor o igual a Bs. 2.500 permanecieron en esta categoría, mientras que el 21,3% ascendieron al tramo de entre Bs. 2.501 y Bs. 5.000, y solo el 2,9% lograron ubicarse en el tramo de mayores ingresos. Estos resultados reflejan una leve disminución en la movilidad salarial respecto a la primera cohorte.

Cuadro 6
Matriz de transición por ingreso, 2015- 2020 (en porcentajes)

4T 2015 - 3T 2020	Menor o igual a Bs. 2.500	Entre Bs. 2.501 y 5.000	Mayor a Bs. 5.000
General			
Menor o igual a Bs. 2.500	**70,40**	25,10	4,50
Entre Bs. 2.501 y 5.000	25,20	**61,80**	13,10
Mayor a Bs. 5.000	12,50	34,40	**53,10**
Hombres			
Menor o igual a Bs. 2.500	**59,10**	34,80	6,10
Entre Bs. 2.501 y 5.000	23,30	**63,70**	13,10
Mayor a Bs. 5.000	11,70	36,20	**52,10**
Mujeres			
Menor o igual a Bs. 2.500	**80,50**	16,40	3,10
Entre Bs. 2.501 y 5.000	30,00	**56,90**	13,10
Mayor a Bs. 5.000	14,10	30,60	**55,30**

Fuente: Elaboración propia en base a la ECE.

Las diferencias entre hombres y mujeres se acentúan en este período. El 63,9% de los hombres que estaban en el tramo más bajo permanecieron allí, mientras que un 32,0% mejoraron su posición salarial y un 4,1% accedieron a ingresos superiores a Bs. 5.000. En cambio, entre las mujeres, el 84% permaneció en el tramo de menores ingresos, apenas el 13,9% ascendió a ingresos intermedios y solo el 2,1% logró superar los Bs. 5.000. Estas cifras evidencian que, tras la pandemia, las mujeres enfrentaron mayores obstáculos para mejorar sus ingresos, profundizando la rigidez salarial observada en el primer período.

En el tramo intermedio de ingresos (Bs. 2.501 a Bs. 5.000), el 67,1% de los hombres sostuvo su posición en este rango, en las mujeres la cifra descendió a 58,8%, lo que sugiere una mayor volatilidad salarial femenina incluso entre quienes lograron mejorar sus ingresos. Entre aquellos con ingresos superiores a Bs. 5.000, la estabilidad salarial registró el 51,7% en general, 50,9% en hombres y 53,1% en mujeres. Esta situación, al igual que en el primer período, muestra una movilidad hacia una escala salarial inferior.

Cuadro 7
Matriz de transición por ingreso, 2020-2024 (en porcentajes)

4T 2020 - 2T 2024	Menor o igual a Bs. 2.500	Entre Bs. 2.501 y 5.000	Mayor a Bs. 5.000
General			
Menor o igual a Bs. 2.500	**75,70**	21,30	2,90
Entre Bs. 2.501 y 5.000	25,20	**64,50**	10,30
Mayor a Bs. 5.000	11,70	36,70	**51,70**
Hombres			
Menor o igual a Bs. 2.500	**63,90**	32,00	4,10
Entre Bs. 2.501 y 5.000	22,60	**67,10**	10,40
Mayor a Bs. 5.000	10,40	38,80	**50,90**
Mujeres			
Menor o igual a Bs. 2.500	**84,00**	13,90	2,10
Entre Bs. 2.501 y 5.000	31,00	**58,80**	10,20
Mayor a Bs. 5.000	14,10	32,80	**53,10**

Fuente Elaboración propia en base a la ECE.

Comparando ambas cohortes, se observa que la movilidad salarial fue limitada en ambos periodos, y se redujo aún más tras la pandemia, particularmente para las mujeres. Mientras que los hombres mejoraron ligeramente su capacidad de ascenso salarial en el segundo período, las mujeres enfrentaron una mayor permanencia en los tramos bajos y menores probabilidades de movilidad ascendente.

7. Conclusiones

El presente documento analiza las transiciones laborales entre estado (ocupado-desocupado-inactivo), categoría ocupacional e ingresos durante el periodo 2015-2024, utilizando la Encuesta Continua de Empleo. Asimismo, se realizó una segmentación en dos cohortes, separadas por el impacto de la pandemia: 4T 2015-3T 2020 y 4T 2020-2T 2024. La metodología de cadenas de Markov permitió analizar la movilidad laboral de los individuos bajo cualquier característica, generando matrices de transición en función a la probabilidad calculada a partir del estado anterior.

Los resultados indican una alta estabilidad del estado ocupacional en ambos periodos, con un leve incremento en la permanencia en el empleo tras la pandemia. Sin embargo,

esta estabilidad no fue homogénea entre hombres y mujeres. Las mujeres presentaron una mayor propensión a transitar hacia la inactividad y enfrentaron mayores dificultades de reincorporación al empleo desde situaciones de desocupación, tanto antes como después de la pandemia, aunque se observó una ligera mejora en las tasas de reactivación laboral femenina en la segunda cohorte.

El análisis por categoría ocupacional confirmó que, si bien hombres y mujeres mostraron tasas de permanencia similares en empleos formales como obreros o empleados, las mujeres continuaron concentrándose en ocupaciones de baja calidad, como trabajo del hogar o empleo no remunerado. Esta concentración refleja una segregación ocupacional que limita las oportunidades de movilidad ascendente y formalización para las mujeres. Aunque la estabilidad laboral general mejoró tras la pandemia, las trayectorias femeninas permanecieron más vinculadas a empleos informales y precarios.

Respecto a la transición por niveles de ingreso, se identificó una fuerte persistencia en los tramos salariales bajos, especialmente entre las mujeres. La rigidez salarial fue más pronunciada en la segunda cohorte; a pesar de que tanto hombres como mujeres enfrentaron obstáculos para mejorar sus ingresos, las mujeres mostraron tasas menores de ascenso salarial, consolidando un patrón persistente de desigualdad económica. Este fenómeno se manifiesta tanto en la permanencia elevada en tramos bajos como en la menor capacidad de sostener posiciones de ingreso intermedio o alto.

En aspectos generales, los hallazgos evidencian que, a pesar de ciertos avances en la participación laboral femenina, persisten desigualdades de género estructurales en el mercado laboral boliviano. Estos resultados muestran la necesidad de fortalecer políticas públicas orientadas a la promoción del empleo femenino de calidad, mediante programas de formalización laboral, conciliación trabajo-familia y políticas salariales equitativas, que permitan mejorar la inserción y permanencia de las mujeres en sectores más dinámicos y protegidos del mercado laboral.

Fecha de recepción: 10 de julio de 2025
Fecha de aceptación: 27 de octubre de 2025

Referencias

1. Calle, A. (2019). *Análisis dinámico del desempleo en Bolivia mediante la Encuesta Continua de Empleo*. Banco Central de Bolivia, Documento de trabajo N° 09/2019.
2. ---------- A. (2024). Labor market transitions in Bolivia during the Covid-19 pandemic. *Latin American Journal of Central Banking*, 5(2), 100118.
3. Bosch, M. y Maloney, W. (2007). Comparative Analysis of Labor Market Dynamics Using Markov Processes: An Application to Informality. Institute of Labor Economics, IZA, Discussion Paper N° 3038, September.
4. Beccaria, L. (2001). *Movilidad laboral e inestabilidad de ingresos en Argentina*. Asociación Argentina de Especialistas en Estudios del trabajo.
5. Bernabé, S. y Stampini M. (2009). Labour mobility during transition: Evidence from Georgia. *Economics of Transition and Institutional Change*, 17(2), 377-409
6. Cerrutti, M. (2000). Determinantes de la participación intermitente de las mujeres en el mercado de trabajo del área metropolitana de Buenos Aires. *Desarrollo Económico*, 39(156), 619-638.
7. Kavuma Namirembe, S., Morrissey O. y Upward, R. (2015). *Worker Flows and the Impact of Labour Transitions on Earnings in Uganda.* Credit Research Paper N° 15/01, Centre for Research in Economic Development and International Trade, University of Nottingham.
8. Pat Morales, J.A. (2011). Movilidad salarial de la población ocupada en los municipios del estado de Quintana Roo, una aplicación de la metodología de matrices de transición y cadenas de Markov para el periodo 2000-2010. *Portal, Revista de investigaciones en ciencias sociales, económicas y administrativas*
9. Rodríguez, J. y Rodríguez G. (2012). Movilidad en los mercados laborales del Perú: 2007-2011. En: Garavito, C. y Muñoz, I. (eds.). *Empleo y protección social* (pp. 239-270). Perú: Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú.
10. Urquidi, M., Valencia, H. y Durand, G. (2021). Brecha de ingresos laborales por género en Bolivia. Un análisis de su evolución en el periodo 1993 a 2018. *Revista de análisis económico*, 36(2), 95-124.
11. Venegas, B. (2012). *Dinámica del empleo informal en Colombia: una aproximación desde cadenas de Markov y funciones de riesgo. Primer trimestre de 2010.* https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/9103

Artículo de discusión

LAJED N° 44 Noviembre 2025 - Abril 2026 233 - 257
ISSN: 2074 - 4706
https://doi.org/10.35319/lajed.202544561

Tendencias y buenas prácticas de economía circular como herramienta de competitividad turística: una revisión bibliométrica

Trends and good practices of circular economy as a tool for tourism competitiveness: a bibliometric review

*Sandro Felipe Acosta Mesa**
*Rafael Reinier Alcober Álvarez***
*Mercedes del Carmen Franco Rodríguez****
*Jorge Félix Quintana Cala*****

Resumen

La adopción del modelo de economía circular se ha vuelto una estrategia clave para impulsar la innovación, la eficiencia y la sostenibilidad como vías para elevar la competitividad. Aunque en los últimos años esta temática ha cobrado especial relevancia, se ha señalado que el sector turístico en Cuba es uno de los que ha incorporado menos prácticas sostenibles, generándose

* Licenciado en Turismo, Facultad de Turismo, Universidad de La Habana, Cuba.
Contacto: sandrofelipeacostamesa@gmail.com
ORCID: 0000-0002-4170-7892

** Máster en Gestión Turística, Facultad de Turismo, Universidad de La Habana, Cuba.
Contacto: rafaelreinier96@gmail.com
ORCID: 0000-0001-9077-9916

*** Doctora en Ciencias Económicas, Facultad de Turismo, Universidad de La Habana, Cuba.
Contacto: mercedes.franco@ftur.uh.cu
ORCID: 0000-0001-5029-165X

**** Auxiliar Técnico de la Docencia en Turismo. Facultad de Turismo, Universidad de La Habana. Cuba.
Contacto: jorgefelixquintanacala@gmail.com
ORCID: 0009-0000-0750-4170

algunos avances en materia de transformar la gestión de la actividad para alinearse con las tendencias de la demanda internacional. En este escenario surge esta investigación, con el objetivo de analizar el estado de la producción científica sobre tendencias y buenas prácticas de economía circular y su empleo como herramienta de competitividad turística desde 2018 a 2024. Se utilizó la metodología de revisión PRISMA para la selección de artículos en las bases de datos Scopus y Dimensions. Se utilizaron los siguientes métodos: analítico sintético, revisión bibliográfica y estadística descriptiva. Además, se emplearon softwares como R-Studio y VOSviewer. Los hallazgos resaltan un incremento en el número de publicaciones a partir de 2020 que pone de manifiesto la creciente tendencia de las investigaciones. Países como España, Grecia, Italia y Australia resultaron líderes en la generación de investigaciones de calidad en este campo.

Palabras clave: Economía circular; competitividad; turismo; sostenibilidad; innovación.

Abstract

The adoption of the circular economy model has become a key strategy to promote innovation, efficiency, and sustainability as a way to increase competitiveness. Although this topic has gained particular relevance in recent years, it has been noted that the tourism sector in Cuba is one of those that has incorporated the fewest sustainable practices, with some progress being made in transforming the management of the activity to align with international demand trends. In this context, this research study aims to analyze the state of scientific production on trends and best practices in the circular economy and its use as a tool for tourism competitiveness from 2018 to 2024. The PRISMA review methodology was used to select articles from the Scopus and Dimensions databases. The following methods were used: synthetic analysis, bibliographic review, and descriptive statistics. In addition, software such as R-Studio and VOSviewer were employed. The findings highlight an increase in the number of publications since 2020, which demonstrates the growing trend in research. Countries such as Spain, Greece, Italy, and Australia have emerged as leaders in generating quality research in this field.

Keywords: Circular economy: Competitiveness; Tourism; Sustainability; Innovation.

Clasificación/Classification JEL: Q56; L83; Q57; F64, C88.

1. Introducción

El turismo ocupa un lugar importante en la expansión y la evolución de los países, ya que genera empleos, protege bienes patrimoniales, contribuye al aumento de infraestructuras, mejora los servicios, apoya los negocios locales y promueve la cooperación internacional (Thommandru *et al.*, 2023). Según Lemos Gomes *et al.* (2018), este sector tiene un lugar destacado en la agenda política y es visto como estratégico para alcanzar el desarrollo sostenible de los territorios.

En los últimos años se ha dado un cambio sustancial en los gustos y preferencias de los consumidores, de forma que cada vez son más quienes optan por unas experiencias que procuran determinados niveles de sostenibilidad (Newsome, 2020). Este comportamiento se debe principalmente a las nuevas generaciones, que presentan mayor sensibilidad sobre temas sociales y ambientales.

En un contexto cada vez más competitivo, los países intentan aumentar el flujo turístico, buscando mejorar constantemente su rendimiento y sostener su ventaja competitiva (López-Gamero *et al.*, 2022). Para ello, aplican estrategias y políticas para mejorar la competitividad de sus destinos turísticos, apoyándose en modelos más sostenibles.

Los esfuerzos para avanzar hacia estos modelos más sostenibles se manifiestan con la promoción del concepto de desarrollo sostenible, promovido a raíz de los reportes significativos de Roma en la década de 1970. A pesar de que se reconocieron impactos negativos sobre el medio ambiente producto de las economías socialistas, el desarrollo sostenible se ha promocionado de manera explícita, aunque a menudo sin un compromiso genuino con la transformación económica (Gaztelumendi *et al.*, 2019).

Actualmente, la sociedad ha adoptado una mentalidad de "usar y tirar". El acceso a los productos es ágil y rápido; no existe un planteamiento sobre los orígenes de un producto, su precio real o los efectos que tiene en la naturaleza. La existencia de productos en gran cantidad ha debilitado el interés público por el desarrollo de los procesos de producción y la utilización de los recursos, pasando por alto el impacto humano, económico y del medio natural que requiere la confección de los productos consumidos.

No obstante, la creciente conciencia acerca de la necesidad de un cambio en el modelo económico actual que evite sobrepasar los límites ambientales ha impulsado el surgimiento de múltiples iniciativas que permiten encontrar respuestas a los desafíos de la sostenibilidad. Una propuesta emergente en las agendas internacionales es la economía circular, la cual apuesta por convertir el modelo lineal actual en uno circular donde los residuos se convierten en recursos de otros procesos (Vatansever *et al.*, 2021). La economía circular se presenta como una herramienta útil para encontrar nuevos espacios de negocio, pues permite a las empresas diferenciarse en un mercado cada vez más competitivo (Arruda *et al.*, 2021).

La temática ha cobrado especial protagonismo en los últimos años, no solo en el ámbito turístico, sino también en el ámbito empresarial, la comunidad científica y todos los especialistas e investigadores dirigidos hacia el sector. En el panorama internacional, los estudios se centran en Europa y versan sobre la gestión de residuos y la eficiencia energética (Maines *et al.*, 2021). Algunas iniciativas en el mundo (como la del Biohotel Organic Suites) se destacan por su carácter innovador en sostenibilidad (Sánchez *et al.*, 2023). No obstante, diversos autores insisten en la importancia de continuar con investigaciones regionales y propugnan una mayor colaboración entre el sector hotelero y las administraciones públicas para poder impulsar un turismo sostenible en su plenitud (Aldana *et al.*, 2023; Berrú y Grabielli, 2020).

En el contexto cubano, la adopción de estrategias sostenibles y la transición hacia modelos de economía circular, incluyendo el estudio de sus vínculos con la innovación, han ganado relevancia (Imbernó y Souto, 2023). Paralelamente, se ha fortalecido el interés por promover prácticas sostenibles y consolidar estos modelos económicos (Ginarte, 2023; Gómez, 2023).

El sector turístico, en particular, se ha convertido en un área clave para estas iniciativas. Un ejemplo es el proyecto ECOVALOR, lanzado en 2018 con el apoyo del Centro Nacional de Áreas Protegidas, el Global Environment Facility (GEF) y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), que integró criterios económicos para evaluar los servicios ecosistémicos en el turismo y fomentar su manejo sostenible.

Aunque el interés global por la economía circular ha crecido significativamente, su aplicación en el sector turístico cubano sigue siendo incipiente. Los estudios actuales destacan la importancia de la sostenibilidad, pero carecen de un modelo conceptual que

integre los principios circulares con las dinámicas operativas, estructuras organizacionales y particularidades culturales de las entidades turísticas. Autores como Rosato *et al.* (2021) señalan al turismo como uno de los sectores en los que se han implementado menos prácticas sostenibles.

En este orden de ideas, es fundamental que organizaciones, universidades, docentes y formuladores de políticas públicas se involucren en la investigación y divulgación de estos temas, con la finalidad de impulsar y generar conocimiento científico que permita identificar tendencias y buenas prácticas, las cuales puedan servir como referencia para su implementación en el sector turístico cubano, fortaleciendo así su competitividad. Una herramienta útil para este fin es la bibliometría, la cual puede aplicarse con dicho propósito.

La presente investigación surge partir de ello, con el objetivo de analizar el estado de la producción científica sobre tendencias y buenas prácticas de economía circular y su empleo como herramienta de competitividad turística desde 2018 a 2024.

2. Metodología

Para el desarrollo de la investigación se empleó una metodología basada en la declaración PRISMA, Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses, propuesta por Page *et al.* (2021). Según los planteamientos de Hernández-Sampieri *et al.* (2014), la investigación adoptó un enfoque mixto, combinando análisis cualitativos y cuantitativos para dar cumplimiento al objetivo propuesto.

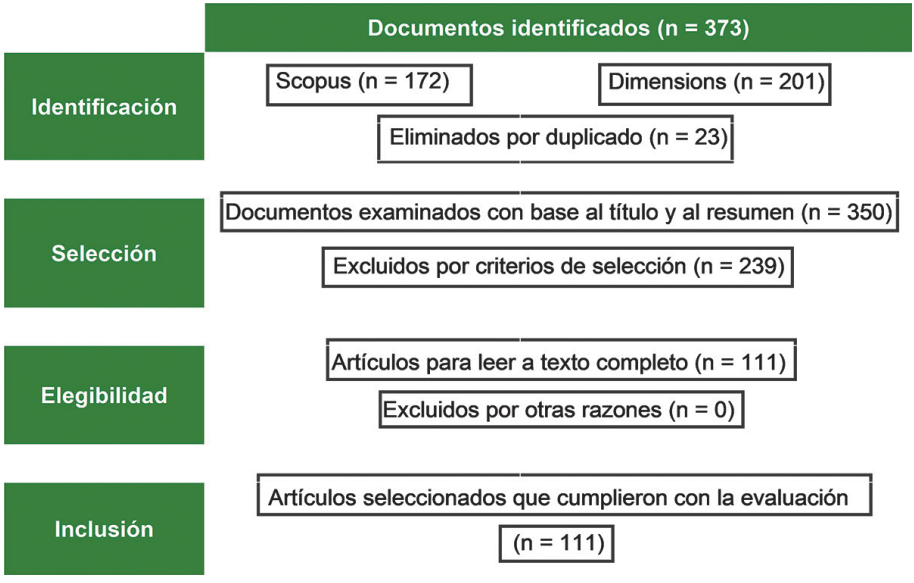
Se realizó un análisis cuantitativo para dar una visión general de la producción científica, teniendo en cuenta indicadores bibliométricos como el año y fuente de publicación, el lugar de publicación, los métodos e instrumentos que se utilizaron y la relevancia de los artículos según el número de citas. El análisis cualitativo, por su parte, se enfocó en el contenido de las publicaciones, especialmente en cómo se ha abordado la relación entre la economía circular y la competitividad turística en la literatura especializada, así como en los factores identificados en estudios empíricos que permiten a las organizaciones alcanzar una ventaja competitiva a través de esta relación.

La búsqueda se realizó en las bases de datos Scopus y Dimensions, las cuales fueron elegidas por su alto impacto en el ámbito académico y por brindar herramientas de búsqueda avanzada. Se utilizó la ecuación booleana: "circular economy" AND "tourism" AND ("trends" OR "applications" OR "implementation" OR "adoption" OR "best practices" OR "good practices" OR "importance" OR "competitiveness"). Se aplicaron los siguientes criterios de inclusión para el proceso de selección de los documentos:

1) artículos publicados en revistas científicas.
2) artículos de acceso abierto.
3) artículos publicados en el periodo 2018-2024.
4) artículos en idioma inglés.
5) artículos con las palabras claves: turismo, economía circular y competitividad.

El gráfico 1 muestra el proceso de selección de los artículos, de acuerdo con las directrices de la declaración PRISMA.

Gráfico 1: Selección de artículos para el estudio



Fuente: Elaboración propia a partir de Page *et al.* (2021).

En una primera etapa se identificaron 373 publicaciones (artículos, tesis, conferencias, capítulos de libro) en las bases de datos seleccionadas, de los cuales 23 fueron eliminadas debido a que estaban duplicadas en las bases de datos. Posteriormente, durante la selección, al revisar los títulos y resúmenes, se excluyeron 239 publicaciones que no coincidían con los criterios de inclusión y las variables de la investigación. En la etapa de elegibilidad se revisaron 111 investigaciones, las cuales resultaron idóneas para el análisis bibliométrico, ya que cumplían con las preguntas de investigación y los criterios de inclusión y rigor científico.

Se aplicó el método analítico-sintético para revisar la literatura y la documentación especializada. Asimismo, se llevó a cabo una revisión bibliográfica y documental para identificar diversos antecedentes, marcos conceptuales, teóricos y metodológicos, así como los indicadores bibliométricos de evaluación. La utilización de métodos estadístico-matemáticos, como la estadística descriptiva y los análisis univariado y bivariado, permitió comprender las tendencias y la evolución de los estudios, identificar las principales áreas de desarrollo investigativo, así como reconocer a los autores y estudios de mayor impacto científico, y otros aspectos relevantes.

Para realizar el análisis bibliométrico, se utilizó el software R Studio, empleando el paquete bibliometrix con la función mergeDbSources para unificar las bases de datos de Scopus y Dimensions en un combined dataframe, el cual fue exportado en formato Excel y sin elementos duplicados (acción expresada de forma matemática: DUS = {CDF}) para el análisis y visualización de los datos en la aplicación de Biblioshiny. Asimismo, la contribución del software VOSviewer se dio por el mapa bibliométrico obtenido, en el que se hace un análisis de coocurrencia y se determinan los conceptos claves de la temática tratada y, además se empleó el software Scimago Graphica para la elaboración de gráficos.

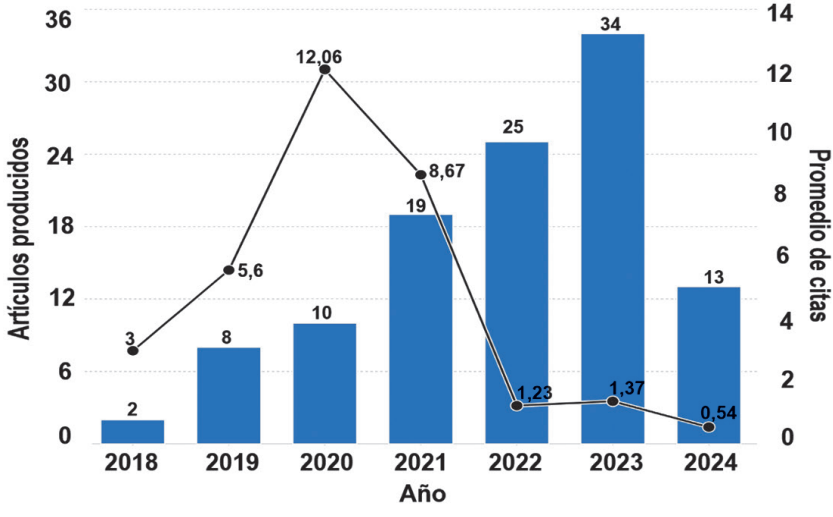
3. Resultados y discusión

3.1. Análisis cuantitativo de la producción científica sobre la economía circular como herramienta de competitividad turística

Se examinaron 111 artículos publicados en 86 revistas, elaborados por 385 autores de 217 instituciones de 23 países. En cuanto al año de publicación, el gráfico 2 refleja el número de

artículos publicados anualmente desde 2018 hasta 2024 y el promedio de citas acumulado, evidenciando un aumento en la cantidad de publicaciones, aunque se observa una leve disminución en 2024 (año con menor promedio de citas, 0,54). Sin embargo, esta cifra sigue siendo superior a la de los años previos a 2020 (año con mayor promedio de citas, 12,06), lo que indica una tendencia en aumento en las investigaciones relacionadas con la temática.

Gráfico 2: Producción anual de artículos y promedio de citas por año

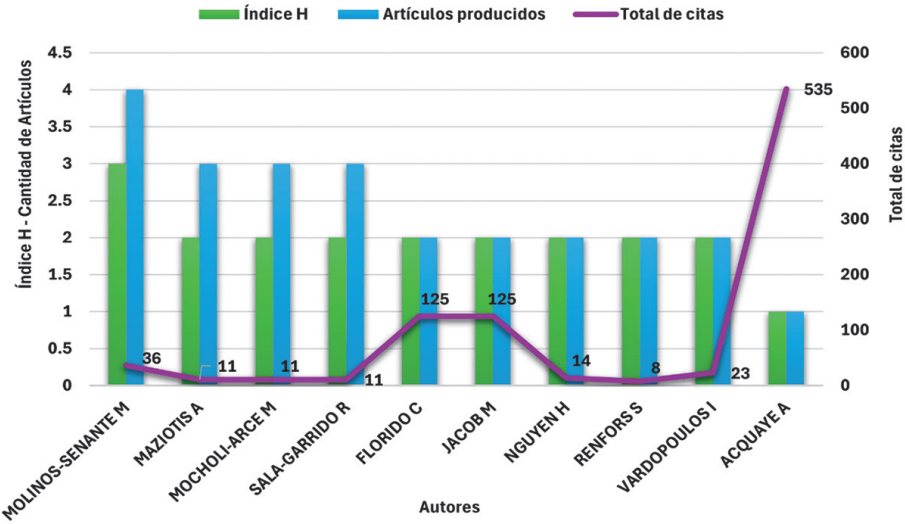


Fuente: Elaboración propia en Scimago Graphica.

En cuanto a los autores, 385 investigadores publicaron al menos un artículo sobre este tema. El gráfico 3 evidencia la variabilidad en la productividad y el impacto entre estos.

Entre los autores con mayor producción científica sobresale Molinos-Senante M. con el índice H más alto (3), lo que indica una buena productividad y un impacto notable, con 36 citas en sus 4 artículos. En contraste, C. Florido y M. Jacob tienen 125 citas, pero su índice H es más bajo (2), lo que sugiere que, aunque tienen algunos artículos muy citados, han publicado solo 2 artículos cada uno.

Gráfico 3: Relación de artículos, citas e índice H de los autores



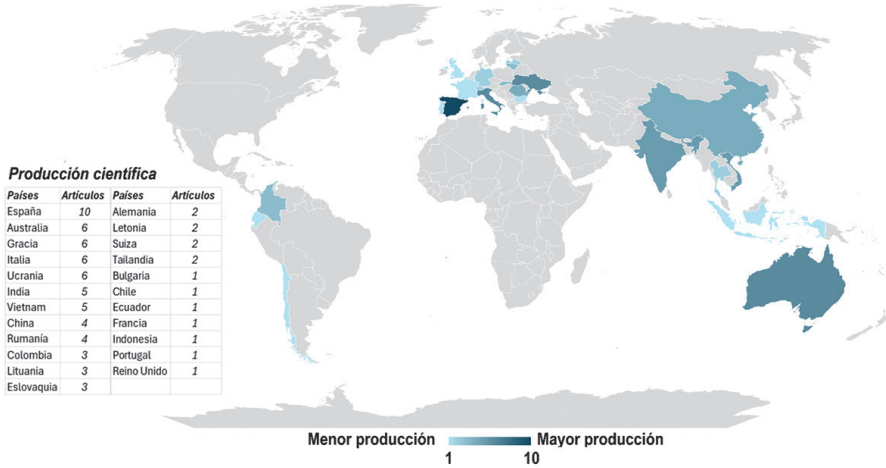
Fuente: elaboración propia en Microsoft Excel.

Otros autores, como A. Maziotis, M. Mocholi-Arce, R. Sala-Garrido, H. Nguyen y I. Vardopoulos tienen un índice H de 2, lo que manifiesta una producción y un impacto moderados, aunque el número de citas no es el mismo. En el caso de A. Acquaye, tiene un índice H de 1, sin embargo, cuenta con un total de 535 citas con únicamente un artículo, lo cual pone de manifiesto el impacto que éste ha tenido en la comunidad científica. El estudio se titula "Un análisis crítico de los impactos de la COVID-19 en la economía global y los ecosistemas y las oportunidades para las estrategias de economía circular", y analiza los impactos económicos y sociales de la pandemia de COVID-19 y cómo el virus afectó a la globalización y a los circuitos de abastecimiento a raíz de la paralización de las trayectorias de intercambio. Se lanza una crítica al modelo económico lineal actual y se propone una transición urgente hacia el modelo de economía circular, lo cual permitirá alcanzar efectivamente un desarrollo sustentable y resiliente (Ibn-Mohammed *et al.*, 2020).

La definición de estos autores con altos índices H y mayor número de citas es una herramienta que facilita en los estudios bibliométricos la identificación de aquellos artículos y autores que no deben excluirse en el caso de los estudios de economía circular.

En relación con los países de los autores mencionados, investigadores de 23 naciones diferentes publicaron al menos un artículo, como indica el gráfico 4. La producción en torno a la economía circular como herramienta para la competitividad del sector turístico es más prominente en España (10 artículos) seguida por Australia, Grecia, Italia y Ucrania, cada uno con 6 artículos, mientras que la India, Vietnam, China, Rumanía y otros países, como Colombia y Lituania han hecho aportes limitados, reflejando diferentes niveles de interés y actividad en este campo (entre 3 y 5 artículos).

Gráfico 4: Producción científica por países



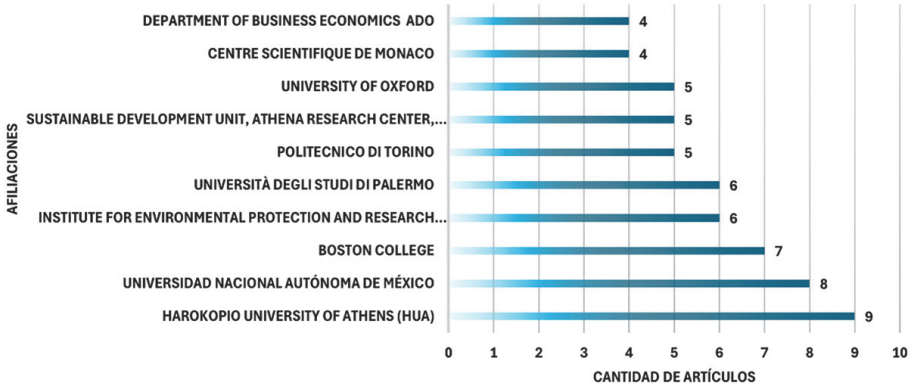
Producción científica

Países	*Artículos*	*Países*	*Artículos*
España	*10*	Alemania	*2*
Australia	*6*	Letonia	*2*
Gracia	*6*	Suiza	*2*
Italia	*6*	Tailandia	*2*
Ucrania	*6*	Bulgaria	*1*
India	*5*	Chile	*1*
Vietnam	*5*	Ecuador	*1*
China	*4*	Francia	*1*
Rumanía	*4*	Indonesia	*1*
Colombia	*3*	Portugal	*1*
Lituania	*3*	Reino Unido	*1*
Eslovaquia	*3*		

Fuente: Elaboración propia en R-Studio.

Con respecto a las afiliaciones institucionales, el gráfico 5 indica a la Harokopio University of Atenas (HUA) como la institución con más publicaciones en la investigación sobre economía circular y competitividad turística. El resto de las instituciones relevantes son la Universidad Nacional Autónoma de México, la Universidad de Boston, el Instituto de Protección e Investigación Ambiental (ISPRA) y la Università Degli Studi di Palermo.

Gráfico 5: Afiliaciones más relevantes



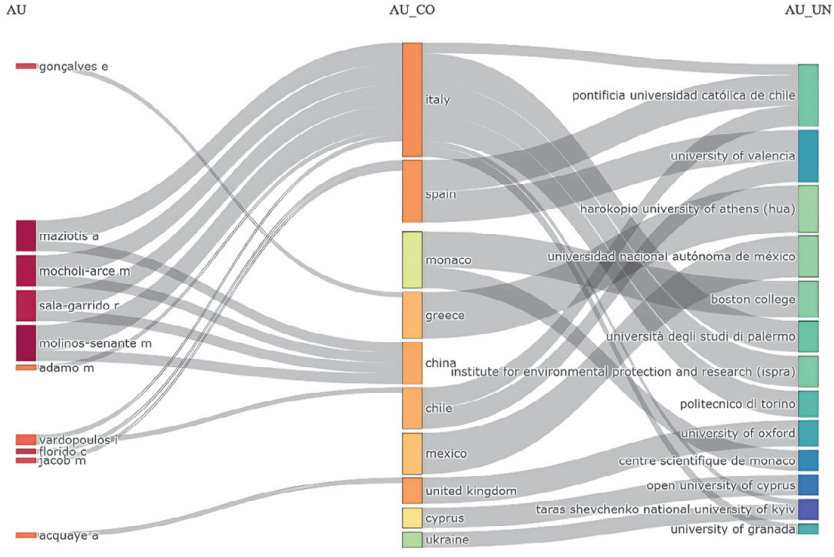
Fuente: Elaboración propia en Microsoft Excel.

Las investigaciones sobre esta temática están respaldadas por una red internacional de colaboración, como se aprecia en el gráfico 6. Italia y España se presentan como países importantes, en virtud de una conexión relevante con varias instituciones de prestigio, como la Universidad de Valencia o la Pontificia Universidad Católica de Chile. También se notan colaboraciones entre España y Chile, así como entre Italia y naciones como Ucrania y China. Todo ello se asocia a redes académicas y programas de movilidad que favorecen la cooperación internacional, aprovechando las capacidades científicas y tecnológicas propias de cada país, además de los recursos y el financiamiento que favorecen la investigación en este campo.

A pesar de las colaboraciones entre autores, hay países como México, Mónaco, Chipre y Ucrania que sobresalen en investigaciones relacionadas con el tema, aunque no cuenten con investigadores prominentes en ese campo. Italia es el país que tiene la mayor cantidad de investigadores dedicados a esta temática.

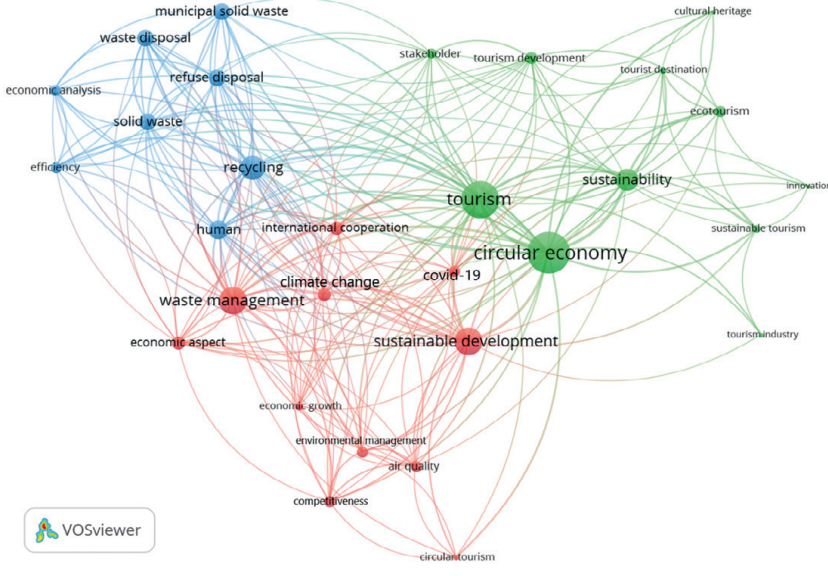
El análisis temático de las relaciones entre las palabras clave más significativas en la literatura empleó 30 términos distintos, los cuales fueron organizados en clústeres, como se muestra en el gráfico 7. Dado que estos clústeres no se solapan en VOSviewer, cada término pertenece únicamente a uno. De este modo, se identificaron tres grupos pequeños entre 2018 y 2024, en los que cada término ha sido vinculado a un clúster específico, diferenciados por colores y líneas (rojo, verde y azul).

Gráfico 6: Relación entre autores, países e instituciones destacadas



Fuente: Elaboración propia en R-Studio.

Gráfico 7: Relaciones entre los términos más relevantes en la literatura



Fuente: Elaboración propia en VOSviewer.

El clúster verde, compuesto por los términos "circular economy", "tourism", "sustainable tourism", "innovation", "sustainability", "ecotourism", "tourist destination", "tourist industry", "cultural heritage", "tourism development" y "stakeholder", se refiere a la interrelación entre prácticas turísticas responsables, innovación y sostenibilidad. Este grupo trata la forma en que la economía circular se integra en el desarrollo y gestión de destinos turísticos, participando las diferentes partes implicadas en el proceso.

El clúster rojo articula una red de interdependencias que definen la sostenibilidad en el sector turístico. Términos como "cooperación internacional", "cambio climático", "gestión de residuos", "COVID-19", "desarrollo sostenible", "aspecto económico", "crecimiento económico", "gestión ambiental", "calidad del aire", "competitividad" y "turismo circular" reflejan la obligación de equilibrar el crecimiento económico del sector de los viajes con una gestión ambiental responsable, especialmente en el contexto de la crisis derivada de la pandemia.

Por su parte, el clúster azul analiza desde una perspectiva económica y operativa la gestión de residuos sólidos. Términos como "análisis económico", "eficiencia", "reciclaje", "eliminación de residuos" y "residuos sólidos municipales" enmarcan la evaluación cuantitativa de los sistemas de gestión de residuos, dándole mayor predominio al estudio de las alternativas para el reciclaje y la disposición de los residuos, teniendo en cuenta su impacto en la salud de las personas y el bienestar de las poblaciones.

Estos resultados demuestran una base sólida para avanzar en la comprensión de la producción científica sobre la economía circular en el turismo, permitiendo identificar no solo patrones cuantificables, sino también implicaciones más amplias desde una perspectiva analítica

3.2. Análisis cualitativo de la producción científica sobre la economía circular como herramienta de competitividad turística

En esta sección se presenta un análisis cualitativo del corpus de investigación, con el fin de elaborar una visión holística del nexo existente entre la economía circular y la competitividad en el turismo. El análisis de los marcos teóricos y la evidencia empírica existente permite discernir entre las corrientes de pensamiento, los pilares conceptuales comunes y los aspectos clave que la literatura postula para abordar la transición hacia un sector turístico sostenible.

La economía circular se establece como un componente esencial para el turismo, ya que influye significativamente en la transición de las organizaciones y su competitividad en un contexto turbulento como el presente. La literatura resalta la economía circular desde un punto de vista corporativo, vinculando la implementación de prácticas sostenibles con la optimización de recursos y la disminución de desechos en busca de la eficiencia en las operaciones (Geissdoerfer *et al.*, 2017; Xu *et al.*, 2022).

Las organizaciones que implementan prácticas sostenibles, que incrementan la eficacia en la utilización de recursos y disminuyen la producción de desechos, consiguen una posición más favorable en el sector turístico. Estudios recientes indican que la conexión entre la economía circular y las habilidades organizativas, a través de una gestión eficiente de recursos, es esencial para potenciar la competitividad de las empresas en este sector (Bittner *et al.*, 2024). Además, la implicación de los empleados en iniciativas sustentables fomenta la innovación y la eficiencia, lo cual contribuye de forma significativa a la ventaja competitiva (Kwarteng *et al.*, 2021).

Aunque es vital reconocer el papel importante de la actividad turística en la generación de riqueza y trabajo a nivel mundial, también es cierto que aporta diversos problemas medioambientales. Es esencial minimizar los efectos adversos vinculados a las prácticas turísticas, por lo que es fundamental establecer prácticas de economía circular en este sector para promover cambios que contribuyan a lograr un ambiente más consistente con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (Cornejo-Ortega y Chávez Dagostino, 2020). Desde esta perspectiva, la atención hacia el modelo circular ha potenciado su importancia en el ámbito turístico, incluyendo áreas políticas, empresariales y académicas en el presente.

Las dimensiones destacadas en los marcos teóricos estudiados subrayan la importancia de implementar estrategias de transformación en la administración del turismo. Así pues, resulta importante entender cómo estas ideas pueden llevarse a la praxis, propiciando la implementación de las políticas gubernamentales y modelos de acciones de negocio que se desarrollan en los diversos contextos turísticos.

3.2.1. Tendencias y buenas prácticas de economía circular en el sector turístico

La transición hacia la economía circular en la actividad turística se ha impuesto como una vía esencial para minimizar impactos ambientales, maximizar los recursos disponibles y ser más

competitivos. Aplicar correctamente sus principios es sinónimo de prácticas innovadoras y de la puesta en marcha de estrategias institucionales que dan cuenta de su implementación dentro del turismo y, de este modo, se presenta también como una herramienta para alcanzar un mayor nivel de sostenibilidad.

Las prácticas más comunes incluyen el diseño de productos turísticos en función del ciclo de vida de los recursos, la minimización de residuos, la reutilización y la regeneración de los eco-sistemas deteriorados. Todas ellas son acciones que evidencian una nueva lógica que busca cerrar ciclos de consumo y maximizar el valor de los recursos, desvinculando así el impacto medioambiental que genera el crecimiento económico.

Múltiples investigaciones recientes dejan en evidencia cómo estas prácticas están comenzando a enriquecer las estrategias de las empresas y las políticas públicas del sector. Cassano *et al.* (2023) señalan que, aunque la economía circular ocupa un lugar relevante en la literatura académica, aún existe una brecha importante respecto a su práctica a nivel de las organizaciones empresariales, sobre todo en relación a la posibilidad de contar con herramientas prácticas para medir el grado de circularidad implementado.

En esta línea, Renfors (2023) enuncia que la mayoría de los estudios sobre economía circular en el turismo se centran en el nivel micro, especialmente en los hoteles. Propone que se debería analizar también a niveles meso y macro, que consideren las dinámicas regionales, sociales y culturales de este fenómeno.

Las políticas y prácticas ambientales promovidas por instituciones públicas, como los "Paquetes de economía circular" de la Unión Europea, son vistas como uno de los factores más importantes que impulsan el cambio hacia la economía circular en el turismo (Vargas-Sánchez, 2020). En este escenario, se han identificado diversas experiencias y modelos de negocio que pueden ayudar a transformar la economía y al turismo en este proceso disruptivo (Strippoli *et al.*, 2024):

- **Cadena de aprovisionamiento circular**. En este modelo de negocio, algunas de las firmas generan materiales que son altamente renovables, reciclables o de componente biodegradable, susceptibles de ser reutilizados en consecutivos ciclos de vida, para reducir costes y mejorar la predictibilidad del control de esos materiales.

- **Modelo de recuperación y reciclado**. Se trata de procesos de producción y consumo en los que todos los elementos empleados se revisan ante la posibilidad de encontrarles usos alternativos.
- **Modelo de extensión del ciclo de vida de los productos**. Se busca la forma en la que los fabricantes recapturan artículos parcialmente rotos o que ya no necesitan los consumidores, y alargar sus vidas mediante reparaciones, actualizaciones, re-fabricación o re-marketing.
- **Modelo de plataformas compartidas**. Apoyándose en el uso de plataformas digitales, este modelo está orientado a desarrollar nuevas relaciones y oportunidades de negocio entre clientes, empresas y microemprendedores, quienes pueden alquilar los activos, usarlos de modo compartido, cambiarlos mediante trueques, etc.
- **Modelo de servitización de productos**. La idea básica es que fabricantes y distribuidores compartan el coste total de la propiedad de éstos (por ejemplo, nuevos sistemas de iluminación en restaurantes, oficinas o comercios).

La economía colaborativa, por su parte, ha generado un cambio en áreas importantes del turismo, como el transporte, el alojamiento y la restauración. Su inclusión en el modelo circular ayuda a usar menos recursos al aprovechar capacidades que no están en uso, mejorando el acceso a productos y servicios. Sin embargo, como advierten Sørensen y Bærenholdt (2020), la economía circular en el turismo no solo se trata de soluciones técnicas o de negocios. También es muy importante cómo se comporta el turista y su papel en crear experiencias sostenibles, aspectos que son clave en el proceso.

La implementación efectiva de la economía circular en el turismo también depende del entorno institucional. Iniciativas globales como la *Global Tourism Plastics Initiative* y la "Hoja de ruta para la reducción del desperdicio de alimentos" (ONU Turismo, 2024) han introducido compromisos voluntarios por parte de empresas y gobiernos orientados a la reducción de residuos, especialmente plásticos y alimentos, dos de los problemas más persistentes del sector. Estas acciones están alineadas con los Objetivos de Desarrollo Sostenible, particularmente el objetivo 12, sobre producción y consumo responsables, y muestran cómo la economía circular puede actuar como puente entre el desarrollo económico y la sostenibilidad ambiental.

A nivel local, sobresale el proyecto CIRC-HOTEL de Cataluña, donde un grupo piloto de alojamientos turísticos ha trabajado en la propuesta de acciones concretas para reducir el

uso de materiales, mejorar el consumo de energía y rediseñar los procesos internos según los criterios circulares. Asimismo, en la Comunidad Valenciana, el caso del proyecto InnoEcoTur ha permitido trabajar en la cooperación entre hoteles y restaurantes para mejorar la gestión de residuos y la eficiencia energética y del agua (De Miguel-Molina *et al.*, 2022).

No obstante, no todas las vivencias resultan igual de exitosas. El estudio de Cornejo-Ortega y Dagostino (2020), realizado en Puerto Vallarta, revela que, a pesar de que se está incrementando la conciencia acerca de la importancia de avanzar hacia la economía circular, aún existen obstáculos significativos, como la carencia de saberes especializados, la resistencia al cambio en los procesos de producción y la falta de estímulos financieros evidentes para las pequeñas empresas de la industria.

Estos obstáculos resaltan la importancia de fomentar habilidades institucionales y de establecer mecanismos de respaldo, especialmente enfocados en la adopción del modelo circular. Además, demuestran que el cambio hacia un turismo más circular no será automático y uniforme, sino que se basará en la participación de todos los actores sociales, en la colaboración entre sectores y en la adecuación de las soluciones al entorno. Tal como sugieren de Angelis *et al.* (2025), avanzar hacia un ecosistema turístico circular exigirá un nuevo enfoque de la generación de valor, desde una lógica territorial e inclusiva que aprecie la interrelación de los participantes, los espacios y los flujos de conocimiento.

En síntesis, las prácticas de economía circular en el turismo forman un ecosistema estratégico en crecimiento que vincula tecnología y adaptación en las instituciones y en la cultura. Su creciente adopción por parte de los destinos y las empresas ofrece beneficios para el medio ambiente y hace crecer la resiliencia del sector. La economía circular, lejos de ser una alternativa marginal, se consolida como eje central en las estrategias de sostenibilidad y competitividad del turismo en el siglo XXI.

Recomendaciones para la aplicación de la economía circular en el sector turístico cubano

- Impulsar una hoja de ruta para el desarrollo de la economía circular (turismo circular) en el sector turístico.
- Articular un ecosistema que promueva el turismo circular, en el que participen administraciones públicas, el sector privado e instituciones comprometidas con la transición hacia la economía circular.

- Realizar un análisis de impacto sistémico de cada subsector del turismo.
- Incluir conceptos de economía circular en la contratación pública.
- Proveer de infraestructura y logística inversa (reverse logistics).
- Maximizar el uso de los actuales canales de cooperación.
- Comunicar al empresariado las oportunidades económicas de la economía circular.
- Impulsar la educación y la sensibilización sobre la economía circular, para favorecer un consumo más responsable en el sector turístico.
- Potenciar que los destinos cuenten con estrategias y herramientas de desarrollo turístico sostenible e inteligente de largo plazo y que integren a todos los agentes en su elaboración y ejecución posterior.
- Crear un hub o portal de conocimiento que permita visualizar las prácticas circulares en el sector turístico cubano.

3.2.2. Factores determinantes de la economía circular como herramienta para la consecución de la competitividad turística

La revisión de la literatura hizo evidente la existencia de un conjunto de variables derivadas del análisis de las tendencias y buenas prácticas en economía circular presentes en distintos contextos turísticos. A partir de este punto, se hace necesario identificar los factores que permiten, en términos de estructura y operatividad, que la economía circular se consolide como un instrumento de competitividad en el turismo.

Estos factores permiten entender el por qué y el en qué condiciones este modelo económico puede ser efectivamente adaptado por destinos y empresas turísticas. En otras palabras, si las experiencias circulares marcan el camino, los factores habilitadores son los cimientos que hacen visible y sostenible dicha transformación.

Uno de los factores de mayor relevancia es la adopción de nuevos modelos de negocio, como son los sistemas producto-servicio (PSS, por su abreviatura en inglés) que proporcionan experiencias turísticas completas conforme a principios circulares. Su modelo de negocio pasa del hecho de poseer a hacer uso de un producto, de modo que se fomenta la eficiencia en los recursos, se disminuye el residuo y se da respuesta a la demanda creciente de un turismo sostenible y a medida (Cassano *et al.*, 2023).

Otro aspecto fundamental es todo lo relacionado con la aplicación del eco-diseño, que se traduce en una planificación consciente de todos los productos, servicios y espacios turísticos que se conciben, con el objetivo de reducir el impacto ambiental a lo largo de todo su ciclo de vida. El eco-diseño no solo es reducción de residuos o uso de materiales sostenibles, es de igual manera una estrategia para la diferenciación de la competencia directa (Cerdá y Khalilova, 2016; Strippoli *et al.,* 2024).

En relación con ello, la reducción y reutilización de recursos se ha convertido en un aspecto importante en el turismo circular, por el cual muchas empresas apuestan por la eficiente gestión de la energía, la recuperación de los residuos, la reutilización de aguas grises y la eliminación de los plásticos de un solo uso. Algunas cadenas hoteleras han introducido sistemas de control en tiempo real para mejorar el consumo de energía y el abastecimiento sostenible. Estas prácticas son positivas para el medio ambiente, pero también son rentables y beneficiosas para la reputación empresarial gracias a un consumidor concienciado y exigente.

La percepción que tiene el consumidor turístico sobre el medio ambiente se erige igualmente como un factor determinante, toda vez que es un elemento cuya participación es necesaria para hacer posible el turismo circular. Los turistas que deciden ir a destinos sostenibles, los que practican un turismo responsable a su llegada al destino, o bien los turistas que escogen aquellos servicios turísticos que tienen bajo impacto ambiental, incentivan la demanda en el ámbito de los modelos circulares. De acuerdo con Sørensen y Bærenholdt (2020), las actividades de los turistas pueden catalizar o poner en riesgo la labor desarrollada en el sector, poniendo de manifiesto la necesidad de desarrollar estrategias comunicativas que logren cotas de comportamiento proambiental en el destino de viaje.

El marco normativo adquiere relevancia en el estímulo de la economía circular en turismo. Normativas claras, incentivos y estándares en prácticas sostenibles favorecen su adopción por la mayoría de las empresas. La "Guía para la aplicación de la economía circular en el sector turístico de España", propuesta por SEGITUR (2022), pone de manifiesto cómo la aplicación de estos principios ha de realizarse en la práctica a partir de herramientas metodológicas desde lo público en los destinos sostenibles y en las empresas. Al mismo tiempo, también organismos como ONU Turismo reclaman políticas públicas para articular la economía circular que estén en consonancia con los objetivos climáticos y de desarrollo sostenible. Por todo ello, la regulación no ha de ser solo control, sino motor de transformación.

De modo similar, tal y como ocurre con las normas, la educación y la capacitación son recursos necesarios para la transición a la circularidad. Disímiles estudios argumentan que una de las principales barreras inherentes a la implementación de prácticas circulares es la falta de formación y el conocimiento acerca de cuestiones técnicas de las empresas del sector. Ejemplos de iniciativas en este sentido son las propuestas por el Ministerio de Ambiente y Energía de Costa Rica (2023), en la intención de lograr capacidades locales mediante formación continua, la realización de talleres de buenas prácticas y la realización de asesorías técnicas adaptadas a la realidad del sector.

Además, se debe considerar el papel estratégico que ocupa el liderazgo en la organización turística, porque la actitud de los tomadores de decisiones con respecto a priorizar la sostenibilidad (aunque implique reestructurar procesos, invertir en nuevas tecnologías o redirigir modelos de negocio) es un aspecto crucial para el éxito. Las empresas con actitudes de liderazgo que apuestan por un compromiso a largo plazo son más proclives a incorporar principios circulares y a asegurarse una mayor proporción de adhesión por parte de los trabajadores y clientes.

La economía circular en el sector turístico no es un principio que de forma automática se instaurará gracias a la inercia de las políticas o a las tendencias del mercado. Su principal favorecedor en cuanto a ser una herramienta de competitividad dependerá de un conjunto de factores que se interrelacionan entre sí: innovación en modelos de negocio, eco-diseño, eficiencia en recursos, participación del consumidor, regulación inteligente, formación constante y liderazgo activo. La articulación de estos factores en el sector conforma un sustrato para que el turismo pueda traspasar las fronteras a un modelo más circular, resiliente y competitivo. Así, más que una tendencia, la circularidad se revela como una condición necesaria para el futuro del turismo.

A diferencia de otras revisiones que han estudiado la economía circular en el turismo desde enfoques parciales o reducidos, la revisión que se presenta es exhaustiva, se combina el análisis cuantitativo de la producción científica y la revisión cualitativa de marcos conceptuales, modelos de negocio y factores aplicados exclusivamente al turismo. Por ejemplo, investigaciones como la de Vargas-Sánchez (2020), desarrollan una caracterización general del campo desde el punto de vista de la bibliometría y de la temática, pero sin que se haga una búsqueda de factores que se han de tener en cuenta en la articulación de la economía circular con la competitividad en el

turismo. De igual manera, estudios como el de Cassano *et al.* (2023) ilustran vistas panorámicas sobre la literatura y sobre las buenas prácticas, pero de tipo descriptivo, careciendo, en este caso, de la sistematización de los determinantes de la competitividad.

En contraste, este trabajo aporta un estudio que no solo actúa sistematizando el actual estado del conocimiento, sino que plantea una lectura que articula cómo la economía circular puede constituirse en una herramienta estratégica para el incremento de la competitividad turística. Este aporte resulta interesante en el contexto iberoamericano, en el que los estudios conducentes a un conocimiento más integral sobre tal relación resultan ser todavía escasos. De esta forma, permite tanto ampliar las bases conceptuales del área como ofrecer lineamientos para la creación de políticas, prácticas de negocio y estrategias territoriales para la transición circular.

4. Conclusiones

El análisis de los artículos seleccionados entre 2018 y 2024 refleja un aumento significativo en el número de publicaciones desde el año 2020. Así, se nota la tendencia ascendente de las investigaciones enfocadas en este asunto, y naciones como España, Grecia, Italia y Australia se posicionan entre las más destacadas en la generación de investigación de alta calidad en este campo. La economía circular no sólo es una alternativa que permite una reducción de la huella ambiental que deja la actividad turística, sino que es, además, un motor de la innovación y la competitividad. La adopción de la circularidad significa un cambio de mentalidad de todos los agentes implicados en la actividad turística, desde las empresas hasta los turistas, para conseguir un sistema turístico más sostenible y resiliente. La puesta en marcha de los modelos de negocio innovadores, a través del eco-diseño y la respuesta a la demanda de los consumidores por prácticas más sostenibles, permite a las empresas turísticas incrementar la rentabilidad y a la vez hacer un uso sostenible de los recursos medioambientales. La integración de estos factores es clave para avanzar hacia un modelo turístico más responsable y competitivo.

Fecha de recepción: 1 de abril de 2025
Fecha de aceptación: 10 de julio de 2025

Referencias

1. Aldana Rodríguez, E., Sánchez Valdés, A., Vargas Martínez, E.E. y Guadarrama Tavira, E. (2023). Incorporación de la economía circular al concepto de sustentabilidad y sus implicaciones en la industria turística en México. *Revista Rosa dos Ventos - Turismo e Hospitalidade, 15*(2). https://sou.ucs.br/etc/revistas/index.php/rosadosventos/article/view/11692

2. Arruda, E.H., Melatto, R.A., Levy, W. y Conti, D. de M. (2021). Circular economy: a brief literature review (2015-2020). *Sustainable Operations and Computers*, (*2)*, 79-86.https://doi.org/10.1016/j.susoc.2021.05.001

3. Berrú Potozén, M.O. y Grabielli Velasquez, F. (2020). *La economía circular como parte de la sostenibilidad en el sector hotelero y su posible aplicación en el Perú* [Trabajo de Grado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas].https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/654053

4. Bittner, N., Bakker, N. y Long, T.B. (2024). Circular economy and the hospitality industry: a comparison of the Netherlands and Indonesia. *Journal of Cleaner Production*, (444), 141253. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.141253

5. Cassano, R., Gennari, F. y Rinaldi, F. (2023). Circular Economy in the Tourism Sector: An Overview of Tourism Enterprises and Tourist Behavior. En V. Bevanda (ed.), International Scientific-Business Conference – LIMEN *Vol 9. Conference Proceedings* (pp. 261-267). Association of Economists and Managers of the Balkans. https://doi.org/10.31410/limen.2023.261

6. Cerdá, E. y Khalilova, A. (2016). Economía circular. *Economía industrial,* 401, 11-20. https://produccioncientifica.ucm.es/documentos/5d399a3c2999520684462ba2

7. Cornejo-Ortega, J.L. y Chávez Dagostino, R.M. (2020). The tourism sector in Puerto Vallarta: an approximation from the circular economy. *Sustainability, 12*(11), 4442. https://doi.org/10.3390/su12114442

8. Costa Rica. Ministerio de Ambiente y Energía (2023). *Estrategia nacional de economía circular de Costa Rica*. https://minae.go.cr/organizacion/vicegestionestrategica/SEPLASA/Documentos/Estrategia%20National%20Economia%20Circular.pdf

9. De Angelis, R., Reynolds, L., Koenig-Lewis, N. y Bosangit, C. (2025). Conceptualising circular tourism: Taking a place-based eco-system perspective. *Journal of Circular Economy, 3(1)*. https://doi.org/10.55845/tvuz5672

10. De-Miguel-Molina, M., Sánchez-Planelles, J., Trujillo-Adriá, Y. y Silva Cárdenas, B. (2022). A model to explore circular economy activities in hotels and restaurants. In *Proceedings of the 4th International Conference Business Meets Technology*. https://doi.org/10.4995/bmt2022.2022.15459

11. Gaztelumendi, I., Tarí, A. y Mora, D. (2019). Informe sobre economía circular aplicada al turismo. *SEGITTUR Turismo e Innovación, Verne*. https://www.mintur.gob.es/Publicaciones/Publicacionesperiodicas/EconomiaIndustrial/RevistaEconomiaIndustrial/418/PRIMERA%20CR%C3%8DTICA.pdf

12. Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N.M.P. y Hultink, E.J. (2017). The Circular Economy. A new Sustainability Paradigm? *Journal of Cleaner Production*, 143, 757-768. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.048

13. Ginarte López, S. (2023). *Propuesta de requisitos para la aplicación de la economía circular en la restauración turística del destino La Habana* [Trabajo de Diploma en opción al título de Licenciado en Turismo]. Universidad de La Habana, Facultad de Turismo.

14. Gobierno de España, Ministerio de Industria, Comercio y Turismo (2022). *Guía práctica para la aplicación de la economía circular en el sector turístico en España*. https://www.segittur.es/wp-content/uploads/2022/05/Guia_Economia_Circular_sector_turismo.pdf

15. Gómez, J.A. (2023). *Innovación y economía circular en Cuba. Una mirada desde la empresa estatal* [Trabajo de Diploma en opción al título de Licenciado en Economía]. Universidad de La Habana, Facultad de Economía.

16. Hernández-Sampieri, R., Fernández-Collado, C. y Baptista-Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6.ª ed.). https://apiperiodico.jalisco.gob.mx/api/sites/periodicooficial.jalisco.gob.mx/files/metodologia_de_la_investigacion_-_roberto_hernandez_sampieri.pdf

17. Ibn-Mohammed, T., Mustapha, K., Godsell, J., Adamu, Z., Babatunde, K., Akintade, D., Acquaye, A., Fujii, H., Ndiaye, M., Yamoah, F. y Koh, S. (2020). A critical analysis of the impacts of COVID-19 on the global economy and ecosystems and opportunities for circular economy strategies. *Resources Conservation and Recycling*, 164, 105169. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105169

18. Imbernó Díaz, A.L. y Souto Anido, L. (2023). Innovación y economía circular, un binomio perfecto. *Economía y Desarrollo*, 167(2). http://scielo.sld.cu/pdf/eyd/v167n2/0252-8584-eyd-167-02-e7.pdf

19. Kwarteng, A., Simpson, S. y Boateng, C. (2021). The effects of circular economy initiative implementation on business performance: The moderating role of organizational culture. *Social Responsibility Journal*, 18(7), 1311-1341. https://doi.org/10.1108/SRJ-01-2021-0045

20. Lemos Gomes, E., Moscardi, E.H., Alves Pinto, M.J. y Nakatani, M. S. (2018). Las relaciones entre la información turística y las tecnologías de la información y la comunicación: análisis de publicaciones científicas en revistas latinoamericanas. *Estudios y perspectivas en turismo*, *27*(3), 569-587. http://www.scielo.org.ar/pdf/eypt/v27n3/v27n3a05.pdf

21. López-Gamero, M.D., Pereira-Moliner, J., Molina-Azorín, J.F., Tarí, J.J. y Pertusa-Ortega, E.M. (2022). Sosteniblidad y desempeño en la industria hotelera: el papel mediador de las ventajas competitivas. *Cuadernos de Turismo*, 49, 105-130. https://doi.org/10.6018/turismo.521811

22. Maines da Silva, P., Maines da Silva, L. y Soares Echeveste, S. (2021). Circular economy in tourism and hospitality: analysis of scientific production on the theme. *European Journal of Tourism, Hospitality and Recreation, 11*(1), 45-53. https://doi.org/10.2478/ejthr-2021-0005

23. Newsome, D. (2020). The collapse of tourism and its impact on wildlife tourism destinations. *Journal of Tourism Futures,* 7(3), 295-302. https://doi.org/10.1108/JTF-04-2020-0053

24. ONU Turismo (2024). *Integrar los principios de la economía circular en el sector turístico*. https://www.unwto.org/es/desarrollo-sostenible/economia-circular

25. Page, M.J., McKenzie, J.E., Bossuyt, P.M., Boutron, I., Hoffmann, T.C., Mulrow, C.D., Shamseer, L., Tetzlaff, J.M., Akl, E.A., Brennan, S.E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J.M., Hróbjartsson, A., Lalu, M.M., Li, T., Loder, E.W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., … Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372(71). https://doi.org/10.1136/bmj.n71

26. Renfors, S.-M. (2023). Circular economy in tourism: a system-level approach. *Proceedings of the 6th International Conference on Tourism Research, (6)1*. https://doi.org/10.34190/ictr.6.1.1171

27. Rosato, P.F., Caputo, A., Valente, D. y Pizzi, S. (2021). 2030 Agenda and sustainable business models in tourism: A bibliometric analysis. *Ecological Indicators*, 121, 106978. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106978

28. Sánchez Pérez, M.A., Vergel Cantillo, I. y Pérez Contreras, R. (2023). Las prácticas de economía circular en el sector hotelero: un cambio de paradigma. *REICE: Revista Electrónica de Investigación en Ciencias Económicas, 11*(22), 153-169. https://doi.org/10.5377/reice.v11i22.17360

29. Strippoli, R., Gallucci, T. e Ingrao, C. (2024). Economía circular y desarrollo sostenible en el sector turístico: una visión general de las estrategias verdaderamente efectivas y sus beneficios. *Heliyon*, 10(17), e36801. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e36801

30. Sørensen, F. y Bærenholdt, J.O. (2020). Tourist practices in the circular economy. *Annals of Tourism Research*, 85, 103027. https://doi.org/10.1016/j.annals.2020.103027

31. Thommandru, A., Espinoza-Maguiña, M., Ramirez-Asis, E., Ray, S., Naved, M. y Guzman-Avalos, M. (2023). Role of tourism and hospitality business in economic development. *Materials Today: Proceedings, 80*, 2901-2904. https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.07.059

32. Vargas-Sánchez, A. (2020). Oportunidades y desafíos de la economía circular para la industria turística. 106-124. https://doi.org/10.4018/978-1-7998-5116-5.ch006

33. Vatansever, K., Akarsu, H. y Kazançoğlu, Y. (2021). *Evaluation of transition barriers to circular economy: A case from the tourism industry. International Journal of Mathematical Engineering and Management Sciences*, 6(3), 824-846

34. Xu, A., Wang, C., Tang, D. y Ye, W. (2022). Tourism circular economy: Identification and measurement of tourism industry ecologization. *Ecological Indicators*, 144, 109476. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.109476

Universidad Católica Boliviana "San Pablo"
Carrera de Economía UCB Sede La Paz
Instituto de Investigaciones Socio-Económicas (IISEC)
Revista Latinoamericana de Desarrollo Económico (LAJED)

Política editorial

1. Sobre la revista

La Revista Latinoamericana de Desarrollo Económico (LAJED, por sus siglas en inglés) fue presentada por primera vez en septiembre de 2003, por el Instituto de Investigaciones Socio-Económicas de la Universidad Católica Boliviana "San Pablo", como iniciativa de un grupo de expertos preocupados por la difusión de investigación e información relevantes que apoyen las políticas públicas y al sector académico.

Se generan dos números por año, los mismos que son publicados en mayo y noviembre. Existen publicaciones no periódicas correspondientes a números especiales, cuyos artículos obedecen a la necesidad de información y/o análisis actualizado y a la coyuntura nacional y regional en un momento determinado del tiempo.

La revista tiene la misión de investigar la realidad económica y social de Bolivia y de la región latinoamericana, con el objetivo de generar debate en la sociedad civil y aportar criterios técnicos a los diversos hacedores de políticas públicas. Está dirigida a académicos en ciencias del desarrollo, hacedores de política pública y sociedad civil.

Asimismo, la revista tiene la visión de convertirse en una de las mejores revistas en Economía entre la comunidad académica-científica de Latinoamérica en general y Bolivia en particular.

Los trabajos que se publican son originales y de rigor académico-científico, los cuales cubren una amplia gama de tópicos socio-económicos; trabajos principalmente de naturaleza teórica y aplicada centrados en problemas estructurales y coyunturales de América Latina y el mundo. Las principales líneas de investigación que son abordadas en la revista son:

1. Desarrollo social y económico.
2. Justicia social, desigualdades y pobreza.
3. Macroeconomía y microeconomía.
4. Políticas públicas e institucionalidad.
5. Análisis ambiental, desarrollo sostenible y energías.
6. Seguridad y soberanía alimentaria.
7. Relaciones internacionales y comercio.
8. Historia y pensamiento económico.
9. Cohesión social y crecimiento inclusivo.
10. Economía de la innovación, emprendedurismo y micro-financiamiento inclusivo.

La revista cuenta con el registro ISSN, y los artículos publicados son elaborados de acuerdo al sistema de clasificación del Journal Economic Literature (JEL), por lo cual obedecen a los estándares de calidad ISO690. La Revista LAJED está indexada a Latindex, Repec-Ideas, SciELO Bolivia, e incluida en Google Scholar

2. Políticas de sección

2.1. Artículos científicos

Estos artículos siguen cánones científicos para la producción del conocimiento a través de una pregunta de investigación clara. Se contempla una introducción que ofrezca al lector el contexto, el marco para ordenar y entender la información que se presenta en el cuerpo del artículo. Además, se incluye una revisión de literatura actualizada y organizada que permita guiar la respuesta a la pregunta de investigación. Asimismo, la metodología debe ser pertinente con respecto a los objetivos. La sección de resultados presenta los hallazgos más importantes, relacionando observaciones propias con estudios de interés, señalando aportaciones y limitaciones. La discusión de los resultados debe ser clara, concisa y contrastada con otros estudios. Las conclusiones presentan la hipótesis, el resumen del articulo y otras ideas que refuercen el principal aporte del artículo. Asimismo, esta sección también incluye revisiones sistemáticas de la literatura y el análisis de los avances y desafíos metodológicos en Economía.

2.2. Artículos de discusión

Son textos exploratorios sobre temas importantes en la agenda pública nacional o internacional. Estos no plantean una pregunta de investigación para su análisis sistemático y, por lo general, son descriptivos. Se pueden incluir en esta sección análisis críticos de libros, análisis de coyuntura y el análisis descriptivo de un fenómeno socioeconómico.

3. Directrices para los autores

3.1. Envíos

El registro y el inicio de sesión son necesarios para enviar elementos en línea y para comprobar el estado de los envíos recientes. Ir a iniciar sesión a una cuenta existente o registrar una nueva cuenta. Como alternativa también puede enviar su artículo y el compromiso de buenas prácticas al siguiente correo electrónico: lajed@ucb.edu.bo con el asunto: ENVIOS – REVISTA LAJED N° (número correspondiente).

La Revista Latinoamericana de Desarrollo Económico (LAJED por su sigla en inglés) recibe artículos originales (inglés o español) en cualquiera de sus secciones que no hayan sido publicados y que no estén siendo considerados por otras revistas científicas. Se espera que tengan excelente nivel de redacción, claridad en la exposición de las ideas y que su aporte sea relevante en el debate académico y el desarrollo en general del país, la región y el mundo.

La revista recibe artículos en un periodo de tres meses para conformar el número correspondiente a las dos publicaciones por año. Luego de recibido el artículo, en los siguientes 15 días el equipo editorial comunica si el artículo pasa al proceso de revisión por pares o si es rechazado. Solo los artículos que se considera que tienen altas posibilidades de ser publicados son enviados para revisión por pares. Los tiempos del proceso editorial están estimados entre 15 y 17 semanas (4 meses aproximadamente).

3.2. Lista de comprobación para la preparación de envíos

Como parte del proceso de envío, los autores/as están obligados a comprobar que su envío cumpla todos los elementos que se muestran a continuación. Se devolverán a los autores/as aquellos envíos que no cumplan estas directrices.

- El envío no ha sido publicado previamente ni se ha sometido a consideración por ninguna otra revista (o se ha proporcionado una explicación al respecto en los comentarios al editor/a).
- El archivo de envío está en formato LibreOffice, Word o LaTeX.
- Siempre que sea posible, se proporcionan direcciones URL verificables para las referencias.
- El texto tiene interlineado de 1.5 y 12 puntos de tamaño de fuente; texto a una sola columna, se utiliza cursiva en lugar de subrayado (excepto en las direcciones URL); y todas las ilustraciones, figuras y cuadros se encuentran colocados en los lugares del texto apropiados, en vez de al final.
- Se adjunta el compromiso de buenas prácticas debidamente firmado.

3.3. Preparación del manuscrito

Actualmente se implementa un modelo de formato flexible en la etapa inicial. Es decir, el primer envío no necesariamente debe cumplir con requisitos rígidos sobre: tipo de letra, margen y formateo de tablas y gráficos. Sin embargo, es obligatorio que la estructura de los artículos siga las directrices de las políticas de sección de la revista, así como también el uso de citas y referencias en formato APA séptima edición. Sólo a partir de la aprobación para publicación, los artículos se deberán ajustar a los requisitos formales de estilo de la revista LAJED.

Asimismo, este primer envío debe cumplir con los siguientes requisitos en la primera página: i) el título del documento (en español e inglés), ii) el(los) nombre(s) del o los autores acompañado(s) de un asterisco llamando a pie de página, el cual contenga información acerca de su afiliación académica (título, institución (universidad), código ORCID y dirección de correo electrónico de contacto), iii) un resumen de no más de 150 palabras en ambos idiomas (en español e inglés), iv) el o los código/s del Journal of Economic Literature (JEL) y v) las palabras clave en ambos idiomas (español e inglés). En el pie de página, se deben especificar las fuentes de financiamiento de la investigación (si es el caso), y/o si forma de parte de un proyecto más amplio.

3.4. Consideraciones generales

Todos los autores que deseen remitir un documento para su publicación en la Revista LAJED deben tomar en cuenta las siguientes especificaciones:

1. Las ideas, opiniones y conceptos emitidos en los manuscritos son de responsabilidad exclusiva del(os) autor(es), por lo que no necesariamente reflejan las opiniones del editor y/o de la revista LAJED.
2. El envío del manuscrito a la revista LAJED implica que los autores acceden a que, en caso de que su artículo sea aceptado para publicación, la Universidad Católica Boliviana pase a tener los derechos de autor para su divulgación, tanto en formato impreso como electrónico.
3. Es permitida la reproducción total o parcial de los artículos de la revista, siempre y cuando la fuente completa sea citada explícitamente.
4. Los documentos remitidos para su publicación en la revista deben ser originales e inéditos y no podrán encontrarse en proceso de evaluación en ningún otro medio ni haber sido publicados previamente.
5. Previa evaluación, se acepta la publicación de artículos de discusión o difusión del conocimiento, los que no deberán exceder el 20 por ciento del total de publicaciones de la revista.
6. Los documentos de investigación serán evaluados de forma anónima por especialistas en la materia, atendiendo a aspectos como calidad del artículo, originalidad, relevancia, metodología y literatura de sustento.
7. Si el artículo es recibido hasta enero del año en curso, será publicado en el número correspondiente al mes de mayo siguiente; si es recibido hasta julio, la publicación entrará en el número de noviembre, siempre y cuando la lista de espera de artículos no exceda el máximo de documentos para dicho número. De existir excedentes de artículos aceptados para un determinado número, los mismos pasarán automáticamente a considerarse en un siguiente número de haber sido aceptado el artículo y con la previa aprobación del autor.
8. La revista LAJED no paga, ni cobra comisión por publicar artículos, cualquier envío de los artículos es gratuito.

9. El comité editorial de la revista se reserva el derecho de publicar artículos que estén escritos en idiomas diferentes al español o inglés, dependiendo la rigurosidad y pertinencia de los mismos.
10. Las fuentes de financiamiento de la investigación y/o la pertenencia a un proyecto más amplio (si es el caso), deberán ser especificadas en un pie de página en el documento.
11. El autor deberá contar con un número de identificación ORCID, el cual deberá ser especificado al editor o en el momento de enviar su artículo. Los autores que no cuenten con el identificador personal ORCID deben registrarse en http://orcid.org para completar este dato.
12. El compromiso de buenas prácticas deberá ser llenado y firmado obligatoriamente, y enviado junto con el artículo.
13. Los interesados en enviar un documento deben tener conocimiento de la declaración de ética de la revista.

3.5. Requisitos formales del manuscrito

Los autores cuyos manuscritos han sido aceptados para su publicación deben enviar la versión electrónica de su trabajo adhiriendo a las siguientes indicaciones:

Generales

- El trabajo debe estar escrito en hoja tamaño carta con margen normal y letra Times New Roman tamaño 12 e interlineado 1.5 preferentemente en formato Word. Si el trabajo fue escrito en LaTeX, se debe enviar el archivo PDF y la versión en Word utilizando el conversor Pandoc u otro conversor. Quienes envíen en este último formato deberán además adjuntar los archivos auxiliares.
- Los cuadros y gráficos que se usen deberán añadirse también en un archivo Microsoft Excel para efectos de edición.
- Todas las páginas deben numerarse consecutivamente. Los títulos y subtítulos deben numerarse con números arábigos y en negritas (Ej.: 1. ó 2.1 ó 2.1.1). Ambos, títulos y subtítulos deben situarse a mano izquierda acorde al margen de la página.

- La extensión del documento será de 35 páginas como máximo, incluidos: referencias bibliográficas, anexos, cuadros/tablas, figuras/gráficos y fotografías.
- Los pies de página serán enumerados consecutivamente acorde al texto, como superíndices y en números arábigos. Los mismos deben estar en letra Times New Roman tamaño 10, interlineado sencillo y justificado.
- Las fórmulas que estén procesadas en el editor de ecuaciones de Microsoft Word o LaTeX, deben estar enumeradas consecutivamente de acuerdo al texto como: (1), (2), etc., a mano derecha conforme al margen de la página.
- Ambos, el separador decimal y el separador de miles deben ser correspondientes al idioma del artículo.
- En una hoja separada debe incluirse una biografía corta de cada uno de los autores de 50-100 palabras (incluyendo sus grados académicos más relevantes y cargos actuales). En ella también se debe incluir: nacionalidad, afiliación institucional, código ORCID, correo electrónico y teléfono.

Primera página

- El título del documento (en español e inglés) y el(los) nombre(s) del o los autor(es) acompañado(s) de un asterisco llamando a pie de página, el cual contenga información acerca de su afiliación (título, cargo, afiliación institucional y código ORCID).
- Un resumen de no más de 150 palabras en ambos idiomas (en español e inglés).
- Códigos de clasificación temática del Journal of Economic Literature (hasta 5 códigos pueden ser adjuntados al documento) y las palabras clave en ambos idiomas (español e inglés).
- En el pie de página, se deben especificar las fuentes de financiamiento de la investigación (si es el caso), y/o si forma parte de un proyecto más amplio.

Citas en el texto

La citación se realizará de acuerdo con el manual actualizado de las normas APA (American Psychological Association). Las figuras/gráficos, fotografías y cuadros/tablas deberán seguir las normas APA y estar en alta definición para una mejor edición de éstos. Cuando se cita más

de un trabajo, ordenar primero cronológicamente y, dentro de cada año, por orden alfabético. Ejemplo: Hamilton (1988), Heckman (1988) y Amemiya (1989).

Referencias

Se debe verificar con cuidado que todas las citas colocadas en el texto aparezcan en la lista de referencias. En la lista solo deben aparecer las referencias que fueron utilizadas en el texto principal del trabajo, en las tablas o en los gráficos. Esto implica que no deben aparecer otras referencias, aunque el autor las haya consultado durante la preparación del artículo. Las referencias deberán seguir la normativa APA 7ma edición y se deberán numerar consecutivamente con números arábigos al lado izquierdo acorde al margen de la página y en orden alfabético.

4. Proceso de revisión y dictamen

La Revista Latinoamericana de Desarrollo Económico (LAJED) es una revista arbitrada por pares bajo la modalidad "doble ciego"; los artículos son revisados por evaluadores externos posterior a la evaluación del Comité Editorial Interno. Como norma general, el proceso de revisión externa es acompañado por la Academia Boliviana de Ciencias Económicas (ABCE) a partir del número 13, y por la Sociedad de Economistas de Bolivia a partir del número 32, como instancias independientes, con el objetivo de dotar de mayor imparcialidad y calidad técnica a los artículos presentados y evitar cualquier conflicto de intereses por parte de los autores, los evaluadores y la institución, en referencia a aspectos generalmente de tipo económico, institucional o personal.

El proceso de revisión por pares comprende dos fases: el arbitraje interno y externo; la primera tiene una duración aproximada de tres semanas y la segunda comprende más de un mes. Una vez concluida cada una de estas fases se envían notas formales a los autores con el dictamen correspondiente: i) aceptado sin modificaciones, ii) aceptado con modificaciones, o iii) rechazado. Para que un artículo sea aceptado o aceptado con modificaciones deberá con veredictos favorables en ambas fases del proceso de revisión. En caso de existir controversias en los veredictos de los árbitros, el Comité Editorial Interno tomará la decisión final sobre la aceptación o rechazo del documento en cuestión.

5. Para el consejo editorial internacional

Los artículos de la revista LAJED deben ser sometidos a la evaluación de profesionales especializados en el tema objeto de cada artículo. Todos los evaluadores dispondrán de una planilla en la que se registran todos los aspectos que a criterio del Comité Editorial deben cumplir de forma general los artículos para su publicación en la revista. El evaluador calificará el grado de cumplimiento de estas condiciones y emitirá al final una opinión sobre la calidad del artículo por escrito.

Algunos aspectos que el evaluador deberá tomar en cuenta son:

1. Originalidad e innovación del artículo.
2. Pertinencia del artículo en relación con la coyuntura actual.
3. Claridad del texto, incluso para no expertos en el tema (debe incluir dentro la evaluación la ortografía y la redacción, con el fin de mejorar la calidad del artículo).
4. Rigor científico y conclusiones fundamentadas.
5. Todo comentario, objeción o crítica debe ser formulada claramente y por escrito.
6. La decisión final del árbitro, aceptando o rechazando el artículo, debe ser sustentada con los argumentos respectivos de manera escrita.
7. El evaluador debe tener presente que otros evaluadores del mismo artículo pueden tener diferentes puntos de vista, y que el editor tomará la decisión de publicarlo con base en informes con diferentes recomendaciones. Por lo tanto, es de gran utilidad para el editor la explicación de las causas de la decisión propuesta por el examinador.

Bolivian Catholic University "San Pablo"
Economics Degree UCB La Paz campus
Institute of Socio-Economic Research
Latin-American Journal of Economic Development (LAJED)

Editorial Policy

1. About the journal

The Latin American Journal of Economic Development (LAJED) was first presented in September 2003, by the Institute of Socio-Economic Research of the Bolivian Catholic University "San Pablo", as an initiative of a group of experts concerned with the dissemination of relevant research and information to support public policies and the academic sector.

Two issues are published every year, in May and November. There are non-periodical publications corresponding to special issues, whose articles respond to the need for updated information and/or analysis and to the national and regional situation at a given moment in time.

The journal's mission is to investigate the economic and social reality of Bolivia and the Latin American region, with the aim of generating debate in civil society and providing technical criteria to the various public policy makers. It is aimed at academics in development sciences, public policy makers and civil society.

Likewise, the journal has the vision of becoming one of the best journals in Economics among the academic-scientific community of Latin America in general and Bolivia in particular.

The papers published are original and of academic-scientific rigor, covering a wide range of socio-economic topics; works mainly of a theoretical and applied nature focused on structural and conjunctural problems of Latin America and the world.

The main lines of research that are addressed in the journal are:

1. Social and economic development.
2. Social justice, inequalities and poverty.
3. Macroeconomics and microeconomics.
4. Public policies and institutionalism.
5. Environmental analysis, sustainable development and energy.
6. Food security and sovereignty.
7. International relations and trade.
8. History and economic thought.
9. Social cohesion and inclusive growth.
10. Innovation economics, entrepreneurship and inclusive micro-finance.

The journal is ISSN registered, and the articles published are elaborated according to the Journal Economic Literature (JEL) classification system, thus complying with ISO690 quality standards. LAJED is indexed in Latindex, Repec-Ideas, SciELO Bolivia, and included in Google Scholar.

2. Section policies

2.1. Scientific articles

These articles follow scientific canons for the production of knowledge through a clear research question. An introduction is contemplated to provide the reader with the context, the framework to order and understand the information presented in the body of the article. In addition, an updated and organized literature review is included to guide the answer to the research question. Likewise, the methodology should be pertinent with respect to the objectives. The results section presents the most important findings, relating own observations with studies of interest, pointing out contributions and limitations. The discussion of the results should be clear, concise and contrasted with other studies. The conclusions present the hypothesis, the summary of the article and other ideas that reinforce the main contribution

of the article. This section also includes systematic reviews of the literature and analysis of methodological advances and challenges in economics.

2.2. Discussion articles

These are exploratory texts on important topics on the national or international public agenda. They do not pose a research question for systematic analysis and are usually descriptive. This section may include critical analysis of books, analysis of current events and descriptive analysis of a socioeconomic phenomenon.

3. Guidelines for authors

3.1. Submissions

Registration and login are required to submit items online and to check the status of recent submissions. Go to login to an existing account or register a new account. Alternatively, you can also send your article and best practice commitment to the following e-mail address: lajed@ucb.edu.bo with the subject line: SUBMISSIONS-LAJED JOURNAL N° (corresponding number).

The Latin American Journal of Economic Development (LAJED) welcomes original articles (English or Spanish) in any of its sections that have not been published and are not being considered by other scientific journals. They are expected to have an excellent level of writing, clarity in the exposition of ideas and that their contribution is relevant to the academic debate and the general development of the country, the region and the world.

The journal receives articles in a period of three months to conform the number correspondding to the two publications per year. After receiving the article, the editorial team communicates within 15 days whether the article goes through the peer review process or if it is rejected. Only articles that are considered to have a high chance of being published are sent for peer review. The editorial process times are estimated between 15 and 17 weeks (4 months approximately).

3.2. Checklist for the preparation of submissions

As part of the submission process, authors are required to check that their submission meets all of the elements shown below. Submissions that do not meet these guidelines will be returned to authors.

- The submission has not been previously published or submitted for consideration by any other journal (or an explanation has been provided in comments to the editor).
- The submission file is in LibreOffice, Word, or LaTeX format.
- Verifiable URLs for references are provided whenever possible.
- Text is 1.5 spaced and 12-point font size; single column text; italics are used instead of underlining (except in URLs); and all illustrations, figures, and tables are placed in appropriate places in the text, rather than at the end.
- The duly signed good practice commitment is attached.

3.3. Preparation of the manuscript

A flexible formatting model is currently implemented at the initial stage. That is, the first submission need not necessarily comply with rigid requirements on: typeface, margin, and formatting of tables and graphs. However, it is mandatory that the structure of the articles follow the guidelines of the journal's section policies, as well as the use of citations and references in APA seventh edition format. Only after approval for publication, articles must conform to the formal style requirements of the LAJED journal.

Also, this first submission must comply with the following requirements on the first page: (i) the title of the paper (in Spanish and English), (ii) the name(s) of the author(s) accompanied by an asterisk calling at the bottom of the page, which contains information about their academic affiliation (title, institution (university), ORCID code and contact e-mail address), (iii) an abstract of no more than 150 words in both languages (in Spanish and English), (iv) the Journal of Economic Literature (JEL) code(s) and (v) keywords in both languages (Spanish and English). In the footnote, the sources of funding for the research (if applicable) should be specified, and/or if it is part of a larger project.

3.4. General considerations

All authors who wish to submit a document for publication in the LAJED Journal must take into account the following specifications:

1. The ideas, opinions and concepts expressed in the manuscripts are the sole responsibility of the author(s), and therefore do not necessarily reflect the opinions of the editor and/or the LAJED journal.
2. The submission of the manuscript to LAJED journal implies that the authors agree that, in case their article is accepted for publication, the Universidad Católica Boliviana will have the copyright for its dissemination, both in printed and electronic format.
3. Total or partial reproduction of articles in the journal is permitted, as long as the complete source is explicitly cited.
4. Papers submitted for publication in the journal must be original and unpublished and may not be in the process of evaluation in any other medium or have been previously published.
5. After evaluation, the publication of articles for discussion or dissemination of knowledge is accepted, which should not exceed 20 percent of the total number of publications of the journal.
6. Research papers will be evaluated anonymously by specialists in the field, taking into account aspects such as article quality, originality, relevance, methodology and supporting literature.
7. If the article is received by January of the current year, it will be published in the issue corresponding to the following May; if it is received by July, it will be published in the November issue, as long as the waiting list of articles does not exceed the maximum number of papers for that issue. If there are surplus articles accepted for a given issue, they will automatically be considered for the following issue if the article has been accepted and with the prior approval of the author.
8. LAJED does not pay or charge commission for publishing articles, any submission of articles is free of charge.

9. The editorial committee of the journal reserves the right to publish articles written in languages other than Spanish or English, depending on the rigor and relevance of the articles.
10. The sources of funding for the research and/or membership in a broader project (if applicable) should be specified in a footnote in the document.
11. The author must have an ORCID identification number, which must be specified to the editor or at the time of submitting the article. Authors who do not have an ORCID personal identifier should register at http://orcid.org to complete this information.
12. The commitment to good practices must be filled out and signed, and sent with the article.
13. Those interested in submitting a paper should be aware of the journal's ethics statement.

3.5. Formal requirements of the manuscript

Authors whose manuscripts have been accepted for publication should send the electronic version of their work adhering to the following indications:

General

- The paper should be written on letter size paper with normal margin and Times New Roman font size 12 and 1.5 line spacing, preferably in Word format. If the paper was written in LaTeX, the PDF file and the Word version should be sent using the Pandoc converter or another converter. Those submitting in the latter format should also attach the auxiliary files.
- Tables and graphs used should also be added in a Microsoft Excel file for editing purposes.
- All pages should be numbered consecutively. Titles and subtitles should be numbered in bold Arabic numerals (e.g., 1. or 2.1 or 2.1.1). Both titles and subtitles should be placed on the left-hand side according to the margin of the page.
- The length of the document shall be 35 pages maximum, including: bibliographical references, annexes, tables/tables, figures/graphs and photographs.

- Footnotes should be numbered consecutively according to the text, as superscripts and in Arabic numerals. They should be in Times New Roman font size 10, single spaced and justified.
- Formulas that are processed in the equation editor of Microsoft Word or LaTeX should be numbered consecutively according to the text as: (1), (2), etc., on the right-hand side according to the page margin.
- Both the decimal separator and the thousands separator should correspond to the language of the article.
- A short biography of each of the authors of 50-100 words (including their most relevant academic degrees and current positions) should be included on a separate sheet. It should also include: nationality, institutional affiliation, ORCID code, e-mail and telephone.

First page

- The title of the document (in English and Spanish) and the name(s) of the author(s) accompanied by an asterisk in the footer, which contains information about their affiliation (title, position, institutional affiliation and ORCID code).
- An abstract of no more than 150 words in both languages (English and Spanish).
- Journal of Economic Literature subject classification codes (up to 5 codes can be attached to the document) and keywords in both languages (Spanish and English).
- In the footer, the sources of funding for the research (if applicable), and/or if it is part of a larger project, should be specified.

In-text citations

Citation will be in accordance with the updated APA (American Psychological Association) guidelines manual. Figures/graphs, photographs and tables should follow APA standards and be in high definition for better editing. When more than one work is cited, order first chronologically and, within each year, in alphabetical order; example: Hamilton (1988), Heckman (1988) and Amemiya (1989).

References

Care should be taken to ensure that all citations placed in the text appear in the reference list. Only references that were used in the main text of the paper, in the tables or in the graphs should appear in the list. This implies that other references should not appear, even if the author has consulted them during the preparation of the article. References should follow the APA 7th edition and should be numbered consecutively with Arabic numerals on the left side according to the page margin and in alphabetical order.

4. Review and opinion process

The Latin American Journal of Economic Development (LAJED) is a double-blind peer-reviewed journal; articles are reviewed by external reviewers after evaluation by the Internal Editorial Committee. As a general rule, the external review process is accompanied by the Bolivian Academy of Economic Sciences (ABCE) as of issue 13, and by the Bolivian Society of Economists as of issue 32, as independent instances, with the objective of providing greater impartiality and technical quality to the articles submitted and avoiding any conflict of interest on the part of the authors, the evaluators and the institution, in reference to aspects generally of an economic, institutional or personal nature.

The peer review process comprises two phases: internal and external arbitration; the first lasts approximately three weeks and the second lasts more than a month. Once each of these phases is completed, formal notes are sent to the authors with the corresponding opinion: i) accepted without modifications, ii) accepted with modifications, or iii) rejected. For an article to be accepted or accepted with modifications, it must have favorable verdicts in both phases of the review process. In case of controversy in the referees' verdicts, the Internal Editorial Committee will make the final decision on the acceptance or rejection of the document in question.

5. For the international editorial board

LAJED articles must be submitted to the evaluation of professionals specialized in the subject matter of each article. All the evaluators will have a form in which all the aspects that, in the Editorial Board's opinion, the articles must generally comply with in order to be published

in the journal will be registered. The evaluator will rate the degree of compliance with these conditions and will issue an opinion on the quality of the article in writing at the end.

Some aspects that the evaluator should take into account are:

1. Originality and innovation of the article.
2. Relevance of the article in relation to the current situation.
3. Clarity of the text, even for non-experts in the subject (spelling and writing should be included in the evaluation, in order to improve the quality of the article).
4. Scientific rigor and well-founded conclusions.
5. All comments, objections or criticisms should be clearly formulated and in writing.
6. The final decision of the referee, accepting or rejecting the article, must be supported with the respective arguments in writing.
7. The referee should keep in mind that other referees of the same article may have different points of view, and that the editor will make the decision to publish it based on reports with different recommendations. Therefore, it is very useful for the editor to explain the reasons for the decision proposed by the reviewer.

ISSN: 2074 - 4706

Página web:
http://lajed.ucb.edu.bo

Universidad Católica Boliviana San Pablo