

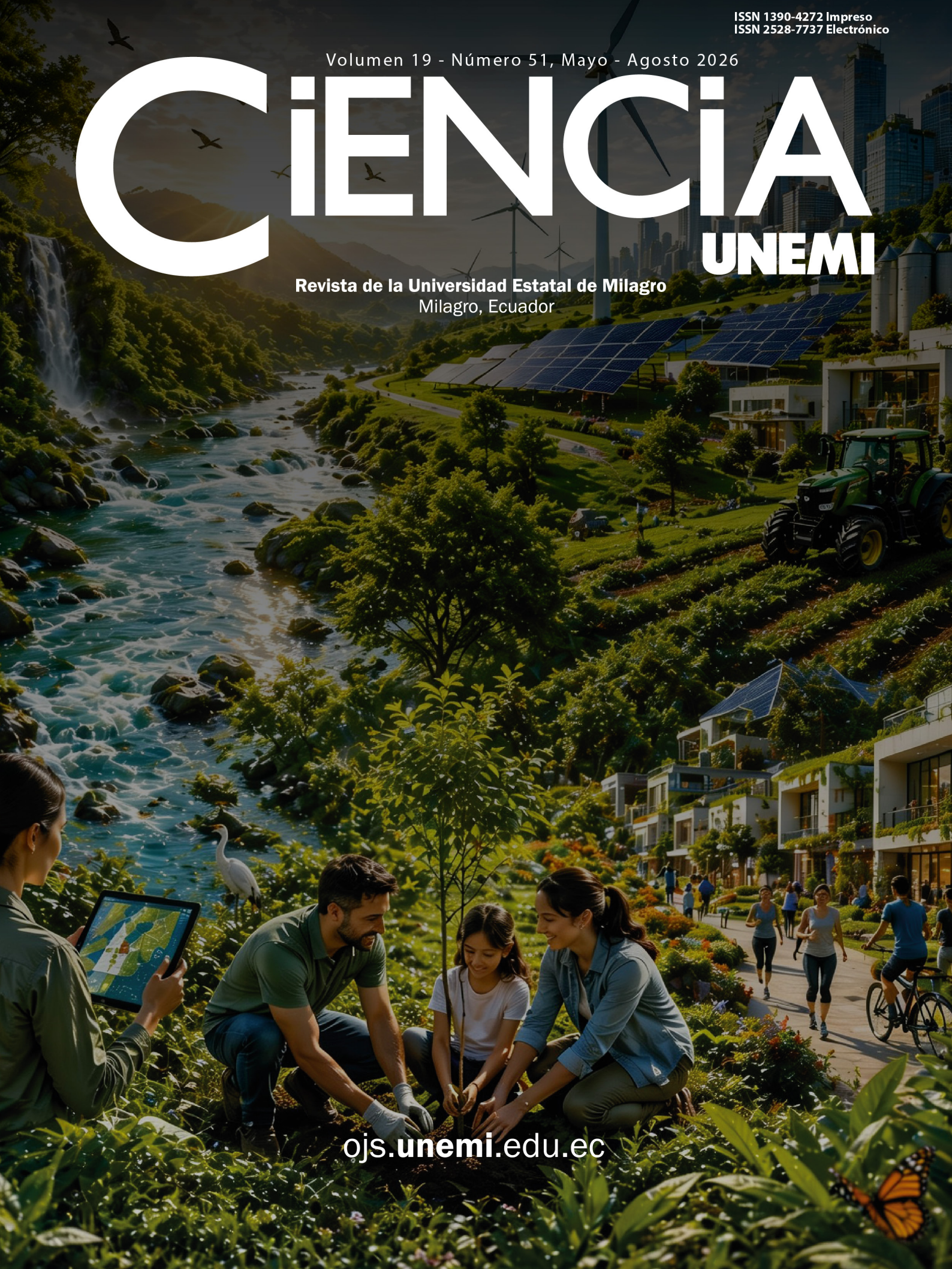
Volumen 19 - Número 51, Mayo - Agosto 2026

CIENCIA

UNEMI

Revista de la Universidad Estatal de Milagro
Milagro, Ecuador

ojs.unemi.edu.ec



CiENCIA UNEMI

UNEMI
UNIVERSIDAD ESTATAL DE MILAGRO

Centro de **Recursos para el
Aprendizaje y la Investigación**
Editorial Universitaria

Lcdo. Fernando Pacheco Olea, Ph.D
Editor Ciencia UNEMI

Ing. María Angela Bermeo Fuentes, MSc.
Gestor Técnico

Quincuagésimo primer Número

ISSN 1390-4272 Impreso

ISSN 2528-7737 Electrónico

Indexada en: Redalyc, ESCI (Emerging Sources
Citation Index) WoS, Latindex, Folio 19258

Dialnet, Código 23546

REDIB, CREI-OEI, Research Bib, OAJI

Actualidad Iberoamericana, MIAR, ERIHPLUS, BASE,
DOAJ, EBSCO, Google Scholar.

Mayo - Agosto, 2026

Milagro – Ecuador

Portada:

La imagen representa la armonía entre la naturaleza y el desarrollo humano. En ella se integran paisajes naturales con tecnología sostenible, como energías renovables y espacios urbanos organizados, un grupo de personas planta un árbol, simbolizando la conciencia ambiental, la educación y el trabajo en equipo. En conjunto, la escena transmite un mensaje de sostenibilidad, innovación y compromiso con un futuro más responsable y equilibrado.



La revista Ciencia UNEMI es una revista científica indizada y arbitrada, de publicación cuatrimestral. Dirigida a la población universitaria, que difunde los trabajos de investigación científica y reflexiones teóricas relacionadas con las áreas: Industrial; Tecnología, Informática y Comunicación; Administración y Gerencia; y Educación y Cultura. Se autoriza la reproducción total o parcial de los artículos, siempre y cuando se cite su procedencia. Las opiniones de los autores son de su exclusiva responsabilidad y la revista no se solidariza con doctrinas, ideas o pensamientos expresados en ellos.

Solicitudes, comentarios y sugerencias favor dirigirse a:

Universidad Estatal de Milagro,

Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación, Revista Ciencia UNEMI.

km 1.5, vía Milagro a Parroquia Virgen de Fátima.

O comunicarse por + 593 04 2715081 Ext. 3210.

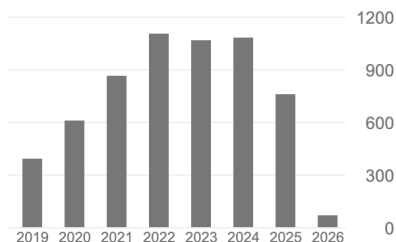
Dirección electrónica: editorial@unemi.edu.ec

Revista Ciencia UNEMI

Lcdo. Victor Enrique Zea Raffo, Mgtr
Arte y Diagramación

Citas Google Scholar

	Total	Desde 2021
Citas	6574	4963
Índice h	43	37
Índice i10	109	91



Contenido

Vol. 19, N° 51, Mayo-Agosto 2026 ISSN 1390-4272 Impreso ISSN 2528-7737 Digital

Editorial	00
Mitigación del Cadmio en cultivo de cacao (<i>Theobroma cacao L.</i>) mediante el uso de enmiendas orgánicas y químicas en suelos tropicales en invernadero Edgar Patricio Cedeño Coll; Sady Javier García Bendezú; Manuel Danilo Carrillo Zenteno; Wuellins Dennis Durango Cabanilla; Luis Humberto Vásquez Cortez; Fernando Javier Cobos Mora	01
Predicción de Ansiedad y Depresión en Estudiantes Universitarios mediante un Modelo Matemático de Alta Precisión Juan Pablo Morales Corozo; Mero Salazar Darwin Eloy; Héctor Zumbado Hernández; Iter Patricio Varela Ceballos	15
Impact of the cantonal risk management system on governance and natural risk reduction in Babahoyo, Ecuador Carlos Fabián Ramírez; Fabián Rivera; Luis Villacís; Gloria Iñiguez	26
Análisis multivariante de comunidades planctónicas con relación a variables ambientales en sistemas piscícolas amazónicos ecuatorianos Leo Rodríguez Badillo; Mayra Alejandra Espinosa Chico; Kelly Katherine Rivera Freire; Daniel Israel Cisneros Silva	41
Impactos ambientales de la avifauna en los parques urbanos "La Madre" y "El Espigón" de Manta, Ecuador Ricardo Castillo-Ruperti; Alexandra Yar; Keira Romero; Juan Macías-Demera	52
Utilización de quitosano (<i>Litopenaeus vannamei</i>) y almidón (<i>Zea mays</i>) como coagulante en aguas residuales domésticas Luis Guevara-Vinza; Gabriela Andrade-Dicao; Jaime Naranjo-Moran; Diego Muñoz-Naranjo	65
Relación entre crecimiento vegetativo y producción de maní (<i>Arachis hypogaea L.</i>) en la Amazonía ecuatoriana Marco Vizuete-Montero; Carlos Carpio-Quillay; Jennifer Vargas-Bereche; Liseth Grefa-Alvarado; Carlos García-Vargas; Martha Calle-Urgiles	72
Optimización de condiciones de operación de las materias primas de la elaboración de jabón prieto Natalia Maricela Palacios Castro; Pedro David Vega Cedeño; Wilmer Ponce Saltos; Ricardo José Baquerizo-Crespo; Yunet Gómez-Salcedo; Medardo Zambrano-Arcenales; Jorge Washington Tumbaco Vera; José Francisco Díaz Izurieta	81
Exploring occupational well-being of primary school teachers in educational quality Mozhdeh Asadi Ghahnavieh; Amin Baratian	93
Neurobiología de las habilidades interpersonales en adolescentes: Revisión sistemática María Vanessa Triviño Burbano; Viviana Michelle Moreno Flor; Nicole Valeska Arias Chávez; María Karolina Calderón Veliz; Jordy Alexander Mejía Rodas; Jeremy William Molina Salvatierra	102
Liderazgo docente en contextos rurales multigrado: estudio de caso en Luz de América Pablo José Gutiérrez Quezada; Mónica Patricia Quezada Astudillo	111
Brecha de percepción en carga de trámites y calidad del servicio municipal en Loja, 2024-2025 Pablo José Gutiérrez Quezada; Mónica Patricia Quezada Astudillo	121
Medición de eficiencia en la gestión administrativa de cursos en el Centro de Capacitación Yasuní Alexis Javier Sánchez Pozo	134
Las universidades de Manabí en el ranking nacional de instituciones de educación superior en Ecuador Argenis de Jesús Montilla Pacheco; Humboldt Adán de la Torre Burgos; Gustavo Xavier Álvaro Silva	145
¿Es sostenible el régimen ecuatoriano de tributación de dividendos bajo estándares OCDE? Análisis comparativo 2010-2025 Marlon Manyá-Orellana; Juan Mario-Dapena; Fabián Vilema-Escudero	155
Normas de Publicación.	169

Content

Vol. 19, Nº 51, May-August 2026 ISSN 1390-4272 Printed ISSN 2528-7737 Electronic

Editorial	00
Cadmium Mitigation in Cocoa (<i>Theobroma cacao</i> L.) Using Organic and Chemical Amendments in Tropical Soils under Greenhouse Conditions Edgar Patricio Cedeño Coll; Sady Javier García Bendezú; Manuel Danilo Carrillo Zenteno; Wuellins Dennis Durango Cabanilla; Luis Humberto Vásquez Cortez; Fernando Javier Cobos Mora	01
Prediction of Anxiety and Depression in University Students Using a High-Precision Mathematical Model Juan Pablo Morales Corozo; Mero Salazar Darwin Eloy; Héctor Zumbado Hernández; Iter Patricio Varela Ceballos	15
Impacto del sistema cantonal de gestión de riesgos en la gobernanza y la reducción de riesgos naturales en Babahoyo, Ecuador Carlos Fabián Ramírez; Fabián Rivera; Luis Villacís; Gloria Iñiguez	26
Multivariate analysis of planktonic communities in relation to environmental variables in Ecuadorian Amazonian fish farming systems Leo Rodríguez Badillo; Mayra Alejandra Espinosa Chico; Kelly Katherine Rivera Freire; Daniel Israel Cisneros Silva	41
Environmental impacts of urban avifauna in the parks “La Madre” and “El Espigón” in Manta, Ecuador Ricardo Castillo-Rupert; Alexandra Yar; Keira Romero; Juan Macías-Demera	52
Use of chitosan (<i>Litopenaeus vannamei</i>) and starch (<i>Zea mays</i>) as a coagulant in domestic wastewater Luis Guevara-Vinza; Gabriela Andrade-Dicao; Jaime Naranjo-Moran; Diego Muñoz-Naranjo	65
Relationship between vegetative growth and production of peanut (<i>Arachis hypogaea</i> L.) in the Ecuadorian Amazon Marco Vizuete-Montero; Carlos Carpio-Quillay; Jennifer Vargas-Bereche; Liseth Grefa-Alvarado; Carlos García-Vargas; Martha Calle-Urgiles	72
Optimization of operating conditions for raw materials in the production of black soap Natalia Maricela Palacios Castro; Pedro David Vega Cedeño; Wilmer Ponce Saltos; Ricardo José Baquerizo-Crespo; Yunet Gómez-Salcedo; Medardo Zambrano-Arcenales; Jorge Washington Tumbaco Vera; José Francisco Díaz Izurieta	81
Explorando el bienestar ocupacional de los docentes de primaria en la calidad educativa Mozhdeh Asadi Ghahnavieh; Amin Baratian	93
Neurobiology of interpersonal skills in adolescents: Systematic review María Vanessa Triviño Burbano; Viviana Michelle Moreno Flor; Nicole Valeska Arias Chávez; María Karolina Calderón Veliz; Jordy Alexander Mejía Rodas; Jeremy William Molina Salvatierra	102
Teacher Leadership in Multigrade Rural Contexts: A Case Study in Luz de América Gladys Correa-Mogro; Rhut Ontaneda-Avellán	111
Perception gap regarding administrative burden and the quality of municipal services in Loja, 2024-2025 Pablo José Gutiérrez Quezada; Mónica Patricia Quezada Astudillo	121
Measurement of efficiency in the administrative management of courses at the Yasuní Training Center Alexis Javier Sánchez Pozo	134
The universities of Manabí in the national ranking of higher education institutions in Ecuador Argenis de Jesús Montilla Pacheco; Humboldt Adán de la Torre Burgos; Gustavo Xavier Álvaro Silva	145
Is the Ecuadorian Dividend Taxation Regime Sustainable under OECD Standards? A Comparative Analysis (2010–2025) Marlon Manyá-Orellana; Juan Mario-Dapena; Fabián Vilema-Escudero	155
Guidelines for Publishing	169

Comité Editorial

Dr. Antonio Rodríguez Antalejo

Doctor en Medicina y Cirugía
Universidad de Complutense de
Madrid
antonio.artalejo@vet.ucm.es
Madrid, España

Dr. Antonio Roldán-Ponce

PhD in Sociology
Universidad San Francisco de
Quito
a.roldan-ponce@fh.dresen.eu
Quito, Ecuador

Dra. Cheryl Martens

PhD in Sociology
Universidad San Francisco de
Quito
cmartens@usfq.edu.ec
Quito, Ecuador

Dr. Ernesto Vivares

PhD in Politics (International
Political Economy)
University of Birmingham
Birmingham, Inglaterra

Dr. José Galindo Duarte

PhD en Ciencias de la información
y computación
jagalindo@us.es
Universidad de Sevilla, España

Comité Científico Internacional

Dr. Joaquín Prats Cuevas

Doctor en Filosofía y Letras
Universidad de Barcelona
jprats@ub.edu
Barcelona, España

Dra. Carina Rey Martín

Doctora en Filología
Española
Universidad de
Barcelona
carina.rey@ub.edu
Barcelona, España

Msc. Josmel Pacheco Mendoza

Master en Gestión de la
Información y el Conocimiento
Universidad San Ignacio de
Loyola
josmel@gmail.com
Lima, Perú

Dra. Verónica Arancibia Moya

Doctor en Ciencias Exactas con
mención en Química
Pontificia Católica Universidad de
Chile
darancim@uc.cl
Santiago de Chile, Chile

Dra. Luisa Calvo Hernández

Doctor en Ciencias. Sección
Químicas
Universidad Autónoma de Madrid
luisa.calvo@uam.es
Madrid, España

De la investigación aplicada a la transformación de los territorios

En el contexto actual, marcado por desigualdades territoriales persistentes y crecientes desafíos socioambientales, la investigación científica está llamada a asumir un rol más activo y comprometido. Ya no resulta suficiente generar conocimiento desde una lógica exclusivamente teórica; hoy, la ciencia debe proyectarse como un instrumento capaz de incidir de manera concreta en la transformación de los territorios. En este sentido, la investigación aplicada adquiere un valor estratégico, al articular el conocimiento académico con las realidades locales y contribuir a la construcción de soluciones pertinentes, sostenibles y contextualizadas.

Asumir una perspectiva de impacto territorial implica reconocer que la producción científica debe dialogar con las necesidades de la sociedad, aportar a la mejora de la calidad de vida y fortalecer las capacidades institucionales y comunitarias. Este enfoque demanda una ciencia rigurosa, pero también orientada a la acción, capaz de responder a problemáticas específicas con propuestas viables y medibles. De esta manera, el conocimiento deja de concebirse como un fin en sí mismo y se posiciona como un motor para el desarrollo, la innovación y la reducción de brechas.

En el caso latinoamericano, donde confluyen desafíos estructurales vinculados a la sostenibilidad, la gestión de recursos y la gobernanza, esta orientación resulta especialmente relevante. La generación de evidencia científica contextualizada permite sustentar decisiones más informadas, optimizar intervenciones y fortalecer los procesos de planificación. En este marco, la articulación entre academia, sector público y sociedad civil no es opcional, sino necesaria para asegurar que el conocimiento producido trascienda el ámbito académico y se traduzca en impacto real.

La presente edición de *Ciencia UNEMI* se alinea con esta visión al reunir investigaciones que evidencian una clara vocación de aplicabilidad y pertinencia social. Los trabajos publicados no solo aportan al debate académico, sino que reflejan el potencial de la investigación para incidir en problemáticas territoriales diversas, consolidando el vínculo entre ciencia y sociedad. Con ello, la revista avanza en su posicionamiento como un espacio orientado a la producción y difusión de conocimiento con impacto, en coherencia con estándares internacionales de calidad.

Desde esta perspectiva, impulsar una ciencia con impacto territorial no constituye únicamente una aspiración, sino una exigencia del contexto actual. Fortalecer investigaciones que integren rigor metodológico, pertinencia y capacidad de transformación es fundamental para consolidar el papel de la academia como actor clave en la construcción de sociedades más sostenibles, equitativas y resilientes.

Ph. D. Fernando Pacheco Olea

Editor Ciencia UNEMI

Universidad Estatal de Milagro

Mitigación del Cadmio en cultivo de cacao (*Theobroma cacao L.*) mediante el uso de enmiendas orgánicas y químicas en suelos tropicales en invernadero

Edgar Patricio Cedeño-Coll¹; Sady Javier García-Bendezú²;
Manuel Danilo Carrillo-Zenteno³; Wuellins Dennis Durango-Cabanilla⁴;
Luis Humberto Vásquez-Cortez⁵; Fernando Javier Cobos-Mora⁶

Resumen

La acumulación de cadmio (Cd) en plantas de cacao representa una limitante crítica para la sostenibilidad productiva y la comercialización internacional del grano, lo que ha impulsado la búsqueda de estrategias agronómicas orientadas a reducir su biodisponibilidad en el suelo. Objetivo. Evaluar el efecto de enmiendas orgánicas y minerales sobre la acumulación y transferencia de Cd en plantas de cacao (*Theobroma cacao L.*) bajo condiciones controladas de invernadero. Materiales y métodos. El estudio se desarrolló durante 153 días en el invernadero de la Estación Experimental Tropical Pichilingue (INIAP, Ecuador), utilizando suelo proveniente de una plantación cacaotera del cantón Santa Rosa, provincia de El Oro. Se empleó un diseño completamente al azar con ocho tratamientos y cuatro repeticiones, que incluyeron zeolita, lombricompost, carbonato de calcio, carbón activado, carbón vegetal, torta de filtro de caña de azúcar, microorganismos y un testigo absoluto. Se evaluaron variables de crecimiento, pH del suelo, concentración y contenido de Cd en tejidos, así como la tasa de transferencia del metal. Resultados. Las enmiendas no generaron efectos significativos sobre las variables morfológicas ni sobre el pH del suelo; sin embargo, se observaron diferencias significativas en la dinámica del Cd. Los tratamientos con materiales carbonosos, especialmente el carbón activado, mostraron una mayor eficiencia en la reducción del contenido de Cd en la parte aérea y en la disminución de su transferencia desde la raíz, en comparación con el tratamiento testigo. Conclusiones. El uso de enmiendas, particularmente materiales carbonosos, constituye una estrategia eficaz para reducir la acumulación y movilidad del Cd en plantas de cacao bajo condiciones de invernadero. Estos resultados evidencian su potencial como herramienta de manejo para mitigar la contaminación por Cd en sistemas cacaoteros; no obstante, se requiere su validación en condiciones de campo y durante ciclos productivos completos.

Palabras clave: bioinmovilización de metales, carbón activado, contaminación del suelo, enmiendas edáficas, metales pesados.

Cadmium Mitigation in Cocoa (*Theobroma cacao L.*) Using Organic and Chemical Amendments in Tropical Soils under Greenhouse Conditions

Abstract

Cadmium (Cd) accumulation in cocoa plants represents a critical constraint for production sustainability and international market access, driving the need for agronomic strategies aimed at reducing its bioavailability in soils. Objective. To evaluate the effect of organic and mineral amendments on Cd accumulation and translocation in cocoa plants (*Theobroma cacao L.*) under controlled greenhouse conditions. Materials and methods. The study was conducted over a 153-day period in the greenhouse of the Tropical Experimental Station Pichilingue (INIAP, Ecuador), using soil collected from a cocoa plantation in Santa Rosa canton, El Oro Province. A completely randomized design with eight treatments and four replicates was applied, including zeolite, vermicompost, calcium carbonate, activated carbon, charcoal, sugarcane filter cake, microorganisms, and an untreated control. Plant growth variables, soil pH, Cd concentration and content in plant tissues, as well as Cd transfer from roots to shoots, were evaluated. Results. The amendments did not significantly affect plant growth variables or soil pH; however, significant differences were observed in Cd dynamics. Treatments involving carbon-based materials, particularly activated carbon, showed greater effectiveness in reducing Cd content in the aerial parts and limiting its transfer from roots, compared to the control treatment. Conclusions. The application of soil amendments, especially carbon-based materials, represents an effective strategy to reduce Cd accumulation and mobility in cocoa plants under greenhouse conditions. These findings highlight their potential as a management tool to mitigate Cd contamination in cocoa production systems; however, further validation under field conditions and across full production cycles is required.

Keywords: metal bioimmobilization, activated carbon, soil contamination, soil amendments, heavy metals.

Recibido: 25 de diciembre 2025

Aceptado: 07 de abril 2026

¹ Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú; pcedeno16@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-7607-4191>

² Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú; sjgarciab@lamolina.edu.pe; <https://orcid.org/0000-0002-2498-3940>

³ Departamento de Manejo de Suelos y Aguas, Estación Experimental Tropical Pichilingue, Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Quevedo, Ecuador; manuel.carrillo@iniap.gob.ec; <https://orcid.org/0000-0001-7062-8248>

⁴ Departamento de Manejo de Suelos y Aguas, Estación Experimental Tropical Pichilingue, Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Quevedo, Ecuador; wuellins.durango@iniap.gob.ec; <https://orcid.org/0000-0002-4683-5316>

⁵ Universidad Técnica de Babahoyo, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Carrera de Agroindustria, Babahoyo, Los Ríos, Ecuador; Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria, Universidad Nacional de Cuyo, ICAI-Conicet, San Rafael 5600, Mendoza, Argentina; lvazquezc@utb.edu.ec; <https://orcid.org/0000-0003-1850-0217>

⁶ Universidad Técnica de Babahoyo, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Carrera de Agroindustria, Babahoyo, Los Ríos, Ecuador; fcobos@utb.edu.ec; <https://orcid.org/0000-0001-8462-9022>

I. INTRODUCCIÓN

El cacao (*Theobroma cacao L.*), especie arbórea perenne de la familia *Malvaceae* ampliamente cultivada en regiones tropicales, constituye un cultivo estratégico para la seguridad alimentaria y la economía en múltiples países, especialmente en América Latina donde Ecuador destaca como uno de los principales productores tradicionales (Vera et al., 2024). La importancia socioeconómica del cacao se refleja en la dependencia de millones de pequeños productores cuya subsistencia y acceso a mercados internacionales dependen de la calidad y seguridad del producto (Vera et al., 2023). Sin embargo, la presencia de metales pesados como el cadmio (Cd) en suelos y granos de cacao ha emergido como un problema crítico, especialmente por las estrictas regulaciones impuestas por mercados como la Unión Europea respecto a límites máximos de Cd en productos de cacao (Vásquez et al., 2024).

El cadmio es un metal pesado no esencial para los organismos vivos y asociado con efectos tóxicos en humanos y ecosistemas; su acumulación en alimentos representa un riesgo para la salud, dado que puede bioacumularse en tejidos y persistir en la cadena alimentaria (Vásquez et al., 2022). El cacao y sus productos derivados, debido a prácticas agrícolas y características edáficas de algunos suelos tropicales, pueden presentar elevadas concentraciones de Cd que superan límites permisibles establecidos por regulaciones internacionales, lo que pone en riesgo la comercialización en mercados exigentes (Salazar et al., 2025).

En Ecuador y otras regiones de América Latina, estudios nacionales a gran escala han evidenciado que la acumulación de Cd en granos de cacao está fuertemente relacionada con las características del suelo y factores agronómicos. Una encuesta a nivel país demostró que aproximadamente el 45 % de las muestras de granos de cacao excedían el umbral de $0,60 \text{ mg kg}^{-1}$ de Cd, subrayando zonas hotspot donde los niveles son particularmente altos y ponen en cuestión la aptitud comercial del producto en contextos regulados por estándares estrictos de Cd en alimentos (Intriago et al., 2023).

Además, investigaciones realizadas en suelos y tejidos vegetales de sistemas cacaoteros han

corroborado que existe correlación significativa entre las concentraciones de Cd en suelos agrícolas y las acumulaciones en granos de cacao, lo que indica la necesidad de estrategias de gestión de suelo orientadas a disminuir la disponibilidad de Cd para la planta (Chavez et al., 2015).

Frente a esta problemática, la aplicación de enmiendas orgánicas y minerales ha sido propuesta como una alternativa potencial para reducir la movilidad y absorción de Cd por las plantas, mediante mecanismos de inmovilización, adsorción o modificación de propiedades fisicoquímicas del suelo. No obstante, la eficacia comparativa de dichas enmiendas en condiciones controladas, particularmente en suelos tropicales contaminados, requiere evaluación experimental sistemática.

El objetivo de la presente investigación fue determinar el efecto de aplicaciones de enmiendas orgánicas y minerales sobre la acumulación de cadmio en plantas de cacao (*Theobroma cacao L.*) cultivadas en invernadero, en un suelo de una plantación cacaotera de la Asociación Río Negro, parroquia La Victoria, cantón Santa Rosa, Ecuador.

II. METODOLOGÍA

Área de estudio y origen del suelo (Etapas 1).

La investigación se desarrolló en dos etapas. La primera correspondió a la recolección del suelo en una plantación cacaotera perteneciente a la Asociación Río Negro, ubicada en la parroquia La Victoria, cantón Santa Rosa, provincia de El Oro, Ecuador ($3^{\circ}23'52.56'' \text{ S}$; $79^{\circ}50'42.37'' \text{ O}$), a una altitud aproximada de 8 m s. n. m. La zona presenta un clima tropical húmedo, con temperatura media anual de 27°C , temperatura máxima de 34°C y mínima de 21°C , precipitación anual de 1246,4 mm y humedad relativa promedio de 86,1 %. En esta provincia, el cacao constituye el segundo cultivo perenne de mayor importancia económica después del banano, con una superficie estimada de 19 457 ha, de las cuales aproximadamente 10 648 ha corresponden al clon CCN-51 (*Theobroma cacao L.*, familia *Malvaceae*) (Vásquez et al., 2025).

El suelo fue recolectado de manera compuesta en diferentes puntos del lote, a una profundidad de 0–10 cm, utilizando herramientas manuales

previamente desinfectadas. Se obtuvieron aproximadamente 100 kg de suelo, los cuales fueron transportados en recipientes limpios al Laboratorio de Metales Pesados del Departamento de Manejo de Suelos y Aguas de la Estación Experimental Tropical Pichilingue del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) para su acondicionamiento y análisis previo.

Previo al establecimiento del experimento, el suelo fue caracterizado para determinar sus propiedades fisicoquímicas iniciales. Se evaluó el pH ($5,21 \pm 0,08$), el contenido de materia orgánica (2,34 %), la capacidad de intercambio catiónico (CIC) ($12,8 \text{ cmol}(+) \text{ kg}^{-1}$) y la textura (franco-arcillosa).

La concentración total de cadmio (Cd) se determinó mediante digestión ácida del suelo utilizando una mezcla de ácido nítrico (HNO_3) y ácido clorhídrico (HCl) en proporción 3:1 (agua regia), seguida de cuantificación mediante espectrofotometría de absorción atómica con horno de grafito (GFAAS).

La fracción biodisponible de Cd se estimó mediante extracción con solución de CaCl_2 0,01 M, utilizando una relación suelo:solución de 1:10 (p/v), con agitación constante durante 2 h a temperatura ambiente. Posteriormente, las muestras fueron filtradas y el Cd en el extracto fue determinado mediante GFAAS.

Esta caracterización permitió establecer la línea base del sistema edáfico y evaluar la respuesta de las enmiendas sobre la movilidad y absorción del metal.

Ubicación y condiciones del ensayo en invernadero (Etapa 2)

La segunda etapa del estudio se llevó a cabo en el invernadero de la Estación Experimental Tropical Pichilingue (EETP) del INIAP, ubicada en el cantón Mocache, provincia de Los Ríos, Ecuador ($1^{\circ}06' \text{ S}$; $79^{\circ}27' \text{ O}$), a una altitud de 75 m s. n. m. El sitio presenta una temperatura promedio anual de $25,2 \text{ }^{\circ}\text{C}$, precipitación media anual de 1551 mm, humedad relativa de 84,3 % y una heliofanía aproximada de 768 h año⁻¹.

Material vegetal

Se utilizaron semillas del clon CCN-51 de

cacao (*Theobroma cacao L.*), clon ampliamente cultivado en Ecuador por su alta productividad y adaptación a condiciones tropicales. Las semillas fueron seleccionadas por uniformidad y viabilidad antes de la siembra.

Preparación del sustrato y establecimiento del experimento

El suelo fue secado a temperatura ambiente, molido y tamizado (malla de 2 mm) para garantizar su homogeneidad.

Para minimizar la variabilidad experimental, el suelo fue completamente homogenizado antes de la preparación del sustrato. Se utilizó una mezcla uniforme de 700 g de suelo y 300 g de tamo de arroz por unidad experimental, asegurando condiciones consistentes de aireación, drenaje y retención de humedad en todas las unidades experimentales.

Las enmiendas se incorporaron de manera uniforme y el sustrato fue incubado durante 15 días a capacidad de campo, permitiendo la estabilización de las interacciones fisicoquímicas. Este procedimiento garantizó condiciones iniciales comparables entre tratamientos.

Posteriormente, el sustrato fue colocado en recipientes plásticos de 1 kg, donde se sembraron las semillas. El periodo experimental fue de 153 días.

Fertilización

Durante el ensayo se realizaron tres aplicaciones de fertilización mineral. La primera se efectuó a los 61 días después de la siembra, utilizando fosfato diamónico (18 % N – 46 % P_2O_5) a una dosis de 1,31 g por maceta, diluido en 10 mL de agua por unidad experimental.

La segunda fertilización se realizó ocho días después de la primera aplicación, utilizando urea (46 % N) a una dosis de 1,75 g y muriato de potasio (60 % K_2O) a una dosis de 0,66 g por maceta, aplicados directamente al sustrato.

La tercera fertilización se efectuó a los 16 días posteriores a la primera aplicación, utilizando las mismas fuentes y dosis que en la segunda fertilización.

Las aplicaciones se realizaron con el objetivo de asegurar un adecuado suministro de nutrientes esenciales durante el desarrollo del cultivo,

evitando deficiencias que pudieran interferir en la absorción y acumulación de cadmio en las plantas.

Tratamientos y diseño experimental

El experimento se estableció bajo un diseño completamente al azar, con ocho tratamientos y cuatro repeticiones por tratamiento, siendo cada maceta una unidad experimental.

El número de repeticiones (n = 4) se definió considerando las condiciones controladas de invernadero, donde la variabilidad ambiental es reducida, lo que permite una estimación adecuada del error experimental y un poder estadístico suficiente para detectar diferencias significativas entre tratamientos mediante análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de significancia de $p \leq 0,05$.

Los tratamientos consistieron en siete enmiendas orgánicas y minerales aplicadas a una dosis equivalente de 2 t ha^{-1} , una enmienda líquida aplicada a 600 L ha^{-1} y un testigo absoluto sin enmienda (Cuadro 1).

Las dosis de enmiendas fueron seleccionadas con base en criterios agronómicos y evidencia experimental en suelos tropicales, donde aplicaciones cercanas a 2 t ha^{-1} han demostrado ser efectivas para modificar propiedades fisicoquímicas del suelo, tales como la capacidad de adsorción y retención de metales pesados, favoreciendo la inmovilización del cadmio sin generar efectos negativos sobre el crecimiento vegetal (Zhou et al., 2024).

Cuadro 1. Tratamientos a ensayar en el experimento de uso de enmiendas orgánicas y químicas.

Table 1. Treatments evaluated in the experiment using organic and chemical amendments

Tratamientos	Enmiendas	Dosis t ha^{-1}
1	Testigo absoluto	0
2	Zeolita	2
3	Lombricompost	2
4	Carbonato de calcio	2
5	Carbón activado	2
6	Carbón vegetal	2
7	Torta de filtro de caña de azúcar	2
8	Microorganismos (Bacterias)	0,6

Las variables evaluadas fueron seleccionadas en función de su relación con los mecanismos de mitigación del cadmio, considerando procesos como la absorción radicular, la acumulación en tejidos y la translocación hacia la parte aérea, lo que permite inferir la eficiencia de las enmiendas en la reducción de la movilidad del metal en el sistema suelo-planta. Si bien se determinó la fracción biodisponible de Cd en la caracterización inicial del suelo, no se realizaron mediciones dinámicas de dicha fracción durante el desarrollo del experimento. Esta limitación impide evaluar directamente los cambios temporales en la biodisponibilidad del metal inducidos por las enmiendas; por lo tanto, la interpretación de los mecanismos de inmovilización se basa en la respuesta observada en los tejidos vegetales.

Las variables de crecimiento vegetal (altura de planta, diámetro de tallo y biomasa), pH del suelo, concentración y contenido de cadmio en tejidos,

así como la tasa de transferencia del metal, fueron sometidas a análisis de varianza (ANOVA) bajo un diseño completamente al azar, considerando los tratamientos como factor fijo.

Previo al análisis, se verificó el cumplimiento de los supuestos de normalidad de los residuos mediante la prueba de Shapiro-Wilk y la homogeneidad de varianzas mediante la prueba de Levene.

Cuando el efecto de tratamiento resultó significativo ($p \leq 0,05$), se aplicó la prueba de comparación múltiple de Tukey para la separación de medias.

Adicionalmente, se realizaron análisis de correlación de Pearson entre las variables evaluadas, con el fin de explorar relaciones entre la acumulación de cadmio y las variables de crecimiento. Asimismo, se aplicó un análisis de componentes principales (ACP) para evaluar patrones de variabilidad y agrupamiento entre tratamientos.

Los resultados se expresaron como media \pm error estándar, reportando valores exactos de p cuando fue pertinente. El procesamiento de los datos se realizó mediante software estadístico especializado.

Manejo agronómico

El riego se realizó tres veces por semana, aplicando 100 mL de agua desionizada por unidad experimental, con el fin de mantener el sustrato cercano a capacidad de campo y asegurar condiciones hídricas homogéneas en todos los tratamientos. Este manejo permitió reducir la variabilidad asociada a la disponibilidad de agua, factor que puede influir en la movilidad y absorción de cadmio en el sistema suelo-planta.

El último riego se efectuó tres días antes de la cosecha, con el propósito de estabilizar el contenido de humedad del sustrato y evitar interferencias en la determinación de biomasa y concentración de Cd en los tejidos vegetales.

Se realizaron tres aplicaciones de fertilización mineral durante el periodo experimental. La primera se efectuó a los 61 días después de la siembra, utilizando una fuente nitrogenada-fosfatada. La segunda y tercera fertilización se realizaron a los 8 y 16 días posteriores, respectivamente, empleando fuentes nitrogenadas y potásicas en dosis ajustadas por unidad experimental.

El manejo nutricional se diseñó para garantizar un adecuado suministro de nutrientes esenciales, evitando condiciones de deficiencia que pudieran alterar la absorción, acumulación o translocación de cadmio en las plantas, asegurando así que las diferencias observadas se atribuyan principalmente al efecto de las enmiendas evaluadas.

Cosecha y preparación de muestras

Al finalizar el periodo experimental (153 días), las plantas fueron cosechadas separando cuidadosamente la parte aérea y el sistema radicular, con el fin de evitar contaminación cruzada entre tejidos.

Los tejidos vegetales fueron sometidos a un proceso de lavado secuencial utilizando agua

potable, seguido de agua destilada y finalmente agua desionizada, con el objetivo de eliminar partículas de suelo y posibles contaminantes externos que pudieran interferir en la determinación de cadmio.

Posteriormente, se determinó el peso fresco de cada muestra. Las muestras fueron secadas en estufa de circulación de aire a 70 °C durante 72 h hasta alcanzar peso constante, asegurando la eliminación completa de la humedad.

El material seco fue molido hasta obtener un tamaño de partícula homogéneo, utilizando equipos previamente limpiados para evitar contaminación. Las muestras fueron almacenadas en recipientes herméticos debidamente identificados, bajo condiciones controladas, para su posterior análisis de cadmio en laboratorio.

Este procedimiento garantizó la integridad de las muestras y la confiabilidad de los resultados analíticos asociados a la cuantificación del metal.

III. RESULTADOS

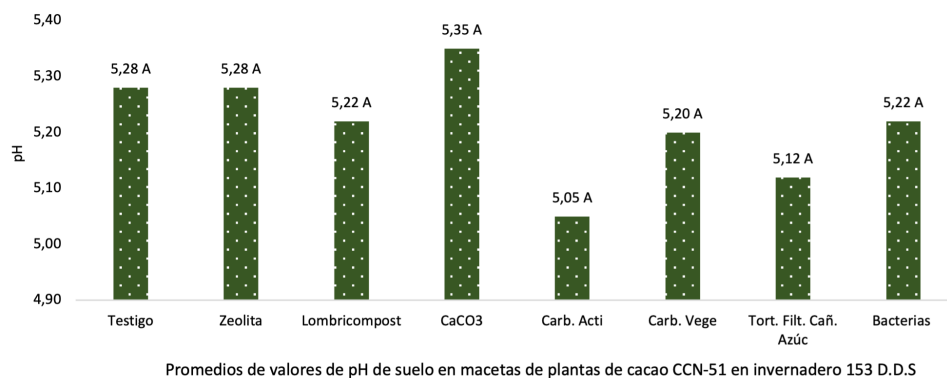
pH de suelo

El análisis de varianza no evidenció diferencias significativas en el pH del suelo entre los tratamientos evaluados ($F = 1,75$; $p = 0,1520$), como se muestra en la Figura 1. Los valores de pH se mantuvieron en un rango estrecho entre 5,05 y 5,35, lo que indica una respuesta homogénea del sistema edáfico frente a la aplicación de las enmiendas. El tratamiento con carbonato de calcio (CaCO_3) presentó el valor promedio más alto ($5,35 \pm 0,07$), mientras que el tratamiento con carbón activado registró el valor más bajo ($5,05 \pm 0,07$). No obstante, de acuerdo con la prueba de comparación múltiple de Tukey ($\alpha = 0,05$), todos los tratamientos compartieron el mismo grupo estadístico (A), lo que confirma la ausencia de diferencias significativas entre ellos. En este sentido, los resultados indican que, bajo las condiciones controladas del experimento, la aplicación de las enmiendas no generó cambios sustanciales en el pH del suelo; sin embargo, esta respuesta debe interpretarse dentro del contexto del ensayo en invernadero.

Figura 1. Promedios de pH de suelo de plantas de cacao CCN-51 en invernadero en aplicaciones de enmiendas orgánicas y químicas para mitigación de Cd, a los 153 D.D.S.

Figure 1. Mean soil pH of CCN-51 cocoa plants grown under greenhouse conditions with applications of organic and chemical amendments for cadmium mitigation at 153 days after sowing (DAS).

Altura de planta



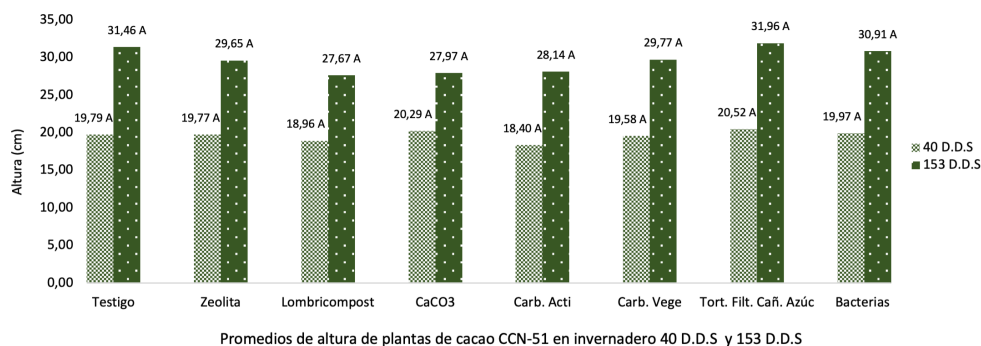
La altura de planta de cacao evaluada a los 153 días después de la siembra no presentó diferencias significativas entre los tratamientos ($F = 1,75$; $p = 0,1522$), como se muestra en la Figura 2. Los valores promedio oscilaron entre $27,67 \pm 1,25$ cm y $31,96 \pm 1,25$ cm, lo que indica una respuesta homogénea del cultivo frente a la aplicación de las enmiendas. El tratamiento con torta de filtro de caña de azúcar registró el valor promedio más alto ($31,96 \pm 1,25$ cm), mientras que el tratamiento con lombricompost presentó el valor más bajo ($27,67 \pm 1,25$ cm). No obstante, de acuerdo con la prueba de comparación múltiple de Tukey ($\alpha = 0,05$), todos los tratamientos compartieron el mismo grupo

estadístico (A), lo que confirma la ausencia de diferencias significativas entre ellos.

De manera similar, en la evaluación realizada a los 40 días después de la siembra no se evidenciaron diferencias significativas entre tratamientos ($F = 1,01$; $p = 0,4513$), con valores promedio comprendidos entre $18,40 \pm 0,69$ cm y $20,52 \pm 0,69$ cm. Los resultados indican que, bajo las condiciones controladas del experimento en invernadero, la aplicación de las enmiendas no generó efectos estadísticamente significativos sobre la altura de planta; por lo tanto, estos resultados deben interpretarse dentro del alcance del sistema experimental evaluado.

Figura 2. Promedios de altura de plantas de cacao CCN-51 en invernadero en aplicaciones de enmiendas orgánicas y químicas para mitigación de Cd, a los 40 D.D.S y 153 D.D.S.

Figure 2. Mean plant height of CCN-51 cocoa plants grown under greenhouse conditions with applications of organic and chemical amendments for cadmium mitigation at 40 and 153 days after sowing (DAS).



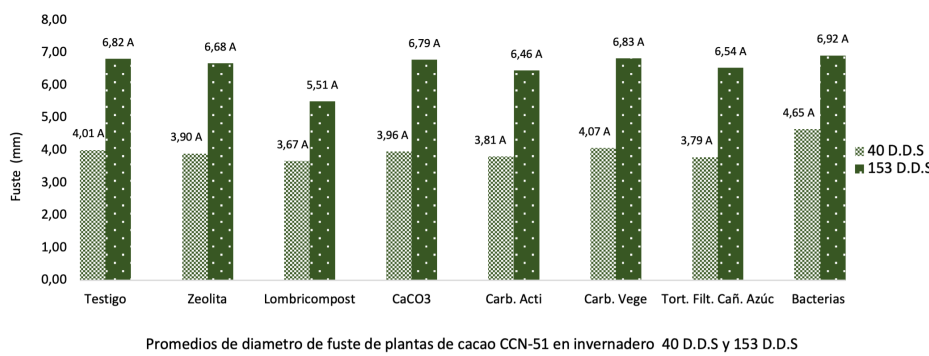
Diámetro de tallo

El diámetro de tallo de plantas de cacao evaluado a los 153 días después de la siembra no presentó diferencias significativas entre los tratamientos ($F = 1,16$; $p = 0,3645$), como se muestra en la Figura 3. Los valores promedio oscilaron entre $6,46 \pm 0,16$ mm y $6,92 \pm 0,16$ mm, lo que indica una respuesta homogénea del cultivo frente a la aplicación de las enmiendas. El tratamiento con bacterias registró el valor promedio más alto ($6,92 \pm 0,16$ mm), mientras que el tratamiento con torta de filtro de caña de azúcar presentó el valor más bajo ($6,46 \pm 0,16$ mm). No obstante, de acuerdo con la prueba de comparación múltiple de Tukey ($\alpha = 0,05$), todos los tratamientos compartieron el mismo

grupo estadístico (A), lo que confirma la ausencia de diferencias significativas entre ellos.

De manera similar, en la evaluación realizada a los 40 días después de la siembra no se evidenciaron diferencias significativas entre tratamientos ($F = 1,18$; $p = 0,3531$), con valores promedio comprendidos entre $3,67 \pm 0,28$ mm y $4,65 \pm 0,28$ mm. En este contexto, los resultados indican que, bajo las condiciones controladas del experimento en invernadero, la aplicación de las enmiendas no generó efectos estadísticamente significativos sobre el diámetro de tallo; por lo tanto, estos resultados deben interpretarse dentro del alcance del sistema experimental evaluado.

Figura 3. Promedios de diámetro de fuste de cacao CCN-51 en invernadero en aplicaciones de enmiendas orgánicas y químicas para mitigación de Cd, 40 D.D.S y 153 D.D.S.
Figure 3. Mean stem diameter of CCN-51 cocoa plants grown under greenhouse conditions with applications of organic and chemical amendments for cadmium mitigation at 40 and 153 days after sowing (DAS).



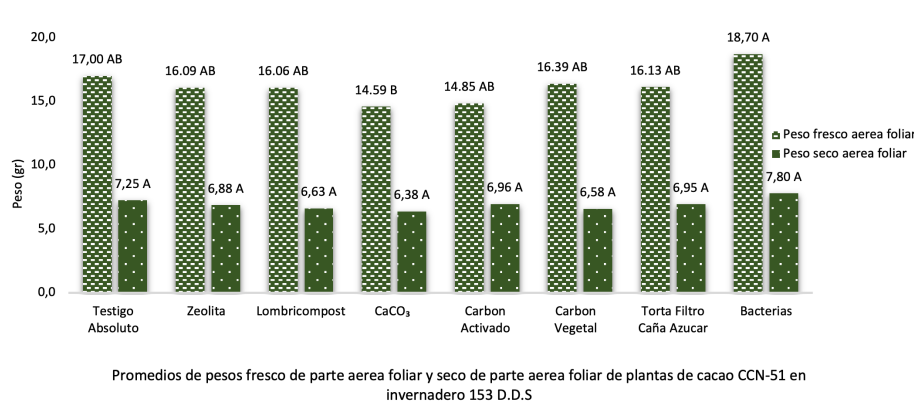
Producción de materia fresca y seca aérea

La producción de materia fresca aérea de plantas de cacao evaluadas a los 153 días después de la siembra presentó diferencias significativas entre los tratamientos ($F = 3,23$; $p = 0,0174$), como se muestra en la Figura 4. Los valores promedio oscilaron entre $15,81 \pm 0,60$ g y $18,70 \pm 0,60$ g, evidenciando una respuesta diferencial del cultivo frente a la aplicación de las enmiendas. El tratamiento con bacterias registró el valor promedio más alto ($18,70 \pm 0,60$ g), mientras que el tratamiento con carbonato de calcio (CaCO_3) presentó el valor más bajo ($15,81 \pm 0,60$ g). De acuerdo con la prueba de comparación múltiple de Tukey ($\alpha = 0,05$), se observó una diferenciación

parcial entre tratamientos, donde el tratamiento con bacterias se agrupó en la categoría estadística A, mientras que el tratamiento con CaCO_3 se ubicó en el grupo B, indicando diferencias significativas entre estos extremos; los tratamientos intermedios compartieron grupos estadísticos A B, lo que evidencia una respuesta intermedia entre los tratamientos evaluados. En este contexto, los resultados indican que, bajo las condiciones controladas del experimento en invernadero, la aplicación de las enmiendas generó efectos diferenciados sobre la producción de biomasa fresca aérea; sin embargo, estos resultados deben interpretarse dentro del alcance del sistema experimental evaluado.

Figura 4. Promedios de producción de materia fresca y seca aérea de plantas de cacao CCN-51 en invernadero en aplicaciones de enmiendas orgánicas y químicas para mitigación de Cd, a los 40 D.D.S y 153 D.D.S.

Figure 4. Mean aerial fresh and dry matter production of CCN-51 cocoa plants grown under greenhouse conditions with applications of organic and chemical amendments for cadmium mitigation at 40 and 153 days after sowing (DAS).



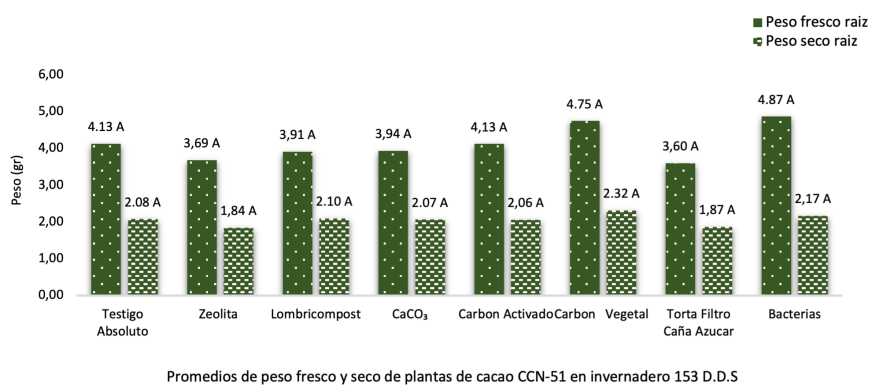
Producción de materia fresca y seca radical

La producción de materia fresca radical de plantas de cacao evaluadas a los 153 días después de la siembra no presentó diferencias significativas entre los tratamientos ($F = 2,02$; $p = 0,1004$), como se muestra en la Figura 5. Los valores promedio oscilaron entre $3,60 \pm 0,32$ g y $4,87 \pm 0,32$ g, lo que indica una respuesta homogénea del sistema radical del cultivo frente a la aplicación de las enmiendas. El tratamiento con bacterias registró el valor promedio más alto ($4,87 \pm 0,32$ g), mientras que el tratamiento con torta de filtro de caña de azúcar presentó el valor más bajo ($3,60 \pm 0,32$ g). No obstante, de acuerdo con la prueba de comparación múltiple de Tukey ($\alpha = 0,05$), todos

los tratamientos compartieron el mismo grupo estadístico (A), lo que confirma la ausencia de diferencias significativas entre ellos.

De manera similar, la producción de materia seca radical tampoco presentó diferencias significativas entre los tratamientos evaluados ($F = 1,16$; $p = 0,3680$), con valores promedio comprendidos entre $1,84 \pm 0,14$ g y $2,32 \pm 0,14$ g. En este contexto, los resultados indican que, bajo las condiciones controladas del experimento en invernadero, la aplicación de las enmiendas no generó efectos estadísticamente significativos sobre la producción de biomasa radical; por lo tanto, estos resultados deben interpretarse dentro del alcance del sistema experimental evaluado.

Figura 5. Promedios de producción de materia fresca y seca de plantas de cacao CCN-51 en invernadero en aplicaciones de enmiendas orgánicas y químicas para mitigación de Cd, a los 40 D.D.S y 153 D.D.S
Figure 5. Mean fresh and dry matter production of CCN-51 cocoa plants grown under greenhouse conditions with applications of organic and chemical amendments for cadmium mitigation at 40 and 153 days after sowing (DAS).



Análisis de Cd en la parte aérea y radical de plantas de cacao

Concentración de Cd en parte aérea y radical

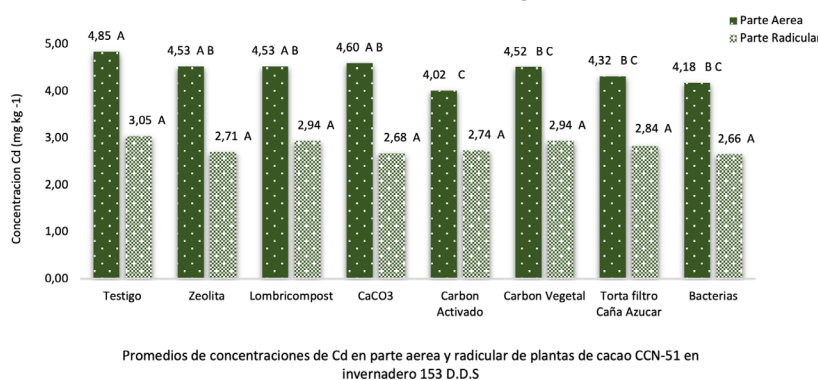
La concentración de cadmio (Cd) en la parte aérea de plantas de cacao evaluadas a los 153 días después de la siembra presentó diferencias altamente significativas entre los tratamientos ($F = 8,26$; $p < 0,0001$), como se muestra en la Figura 6. Los valores promedio oscilaron entre $4,02 \pm 0,09 \text{ mg kg}^{-1}$ y $4,85 \pm 0,09 \text{ mg kg}^{-1}$, lo que indica respuestas diferenciadas en la acumulación del metal en función de las enmiendas aplicadas. El tratamiento testigo absoluto registró la mayor concentración de Cd en la parte aérea ($4,85 \pm 0,09 \text{ mg kg}^{-1}$), mientras que el tratamiento con carbón activado presentó el valor más bajo ($4,02 \pm 0,09 \text{ mg kg}^{-1}$). De acuerdo con la prueba de comparación múltiple de Tukey ($\alpha = 0,05$), se observó una clara diferenciación entre tratamientos, donde el testigo se agrupó en la categoría estadística A, mientras que el carbón activado se ubicó en el grupo C, indicando diferencias significativas entre estos extremos; los tratamientos intermedios se distribuyeron entre los grupos A B y B C, reflejando

respuestas graduales en la acumulación del metal.

En contraste, la concentración de Cd en la parte radical no presentó diferencias significativas entre los tratamientos evaluados ($F = 2,47$; $p = 0,0510$), como se muestra también en la Figura 6, con valores promedio comprendidos entre $2,66 \pm 0,09 \text{ mg kg}^{-1}$ y $3,05 \pm 0,09 \text{ mg kg}^{-1}$. El tratamiento testigo absoluto registró el mayor valor promedio ($3,05 \pm 0,09 \text{ mg kg}^{-1}$), mientras que el tratamiento con bacterias presentó el valor más bajo ($2,66 \pm 0,09 \text{ mg kg}^{-1}$). Sin embargo, de acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha = 0,05$), todos los tratamientos compartieron el mismo grupo estadístico (A), lo que confirma la ausencia de diferencias significativas entre ellos.

Los resultados indican que, bajo las condiciones controladas del experimento en invernadero, la aplicación de las enmiendas generó efectos diferenciados en la acumulación de Cd en la parte aérea, mientras que en el sistema radical no se evidenciaron cambios estadísticamente significativos; por lo tanto, estos resultados deben interpretarse dentro del alcance del sistema experimental evaluado.

Figura 6. Promedios de concentración de Cd de parte aérea y radicular de plantas de cacao CCN-51 en invernadero en aplicaciones de enmiendas orgánicas y químicas para mitigación de Cd, a los 153 D.D.S
Figure 6. Mean cadmium concentration in the aerial and root parts of CCN-51 cocoa plants grown under greenhouse conditions with applications of organic and chemical amendments for cadmium mitigation at 153 days after sowing (DAS).



Contenido de Cd en parte aérea y radical

El contenido de cadmio (Cd) en la parte aérea de plantas de cacao evaluadas a los 153 días después de la siembra presentó diferencias significativas entre los tratamientos ($F = 3,20$; $p = 0,0181$), como se muestra en la Figura 7. Los valores promedio oscilaron entre $27,85 \pm 1,29 \mu\text{g kg}^{-1}$ y $35,08 \pm 1,29 \mu\text{g kg}^{-1}$, lo que indica respuestas diferenciadas en el

contenido del metal en función de las enmiendas aplicadas. El tratamiento testigo absoluto registró el mayor contenido de Cd ($35,08 \pm 1,29 \mu\text{g kg}^{-1}$), mientras que el tratamiento con carbón activado presentó el valor más bajo ($27,85 \pm 1,29 \mu\text{g kg}^{-1}$). De acuerdo con la prueba de comparación múltiple de Tukey ($\alpha = 0,05$), se observó una diferenciación parcial entre tratamientos, donde el testigo se

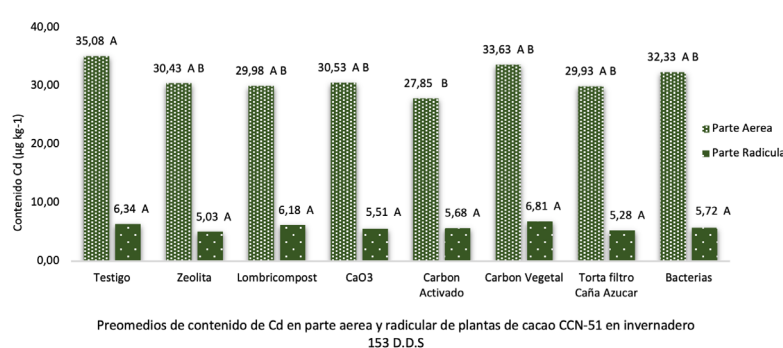
agrupó en la categoría estadística A, mientras que el tratamiento con carbón activado se ubicó en el grupo B, indicando diferencias significativas entre estos extremos; los tratamientos intermedios compartieron grupos A B, lo que refleja una respuesta intermedia en el contenido del metal.

En contraste, el contenido de Cd en la parte radical no presentó diferencias significativas entre los tratamientos evaluados ($F = 1,75$; $p = 0,1513$), como se muestra también en la Figura 7, con valores promedio comprendidos entre $5,03 \pm 0,44 \mu\text{g kg}^{-1}$ y $6,81 \pm 0,44 \mu\text{g kg}^{-1}$. El tratamiento con zeolita registró el valor más bajo ($5,03 \pm 0,44 \mu\text{g kg}^{-1}$), mientras que el tratamiento con carbón vegetal

presentó el valor más alto ($6,81 \pm 0,44 \mu\text{g kg}^{-1}$). Sin embargo, de acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha = 0,05$), todos los tratamientos compartieron el mismo grupo estadístico (A), lo que confirma la ausencia de diferencias significativas entre ellos.

En este contexto, los resultados indican que, bajo las condiciones controladas del experimento en invernadero, la aplicación de las enmiendas generó efectos diferenciados en el contenido de Cd en la parte aérea, mientras que en el sistema radical no se evidenciaron cambios estadísticamente significativos; por lo tanto, estos resultados deben interpretarse dentro del alcance del sistema experimental evaluado.

Figura 7. Promedios de contenido de Cd en parte aérea y radicular de plantas de cacao CCN-51 en invernadero en aplicaciones de enmiendas orgánicas y químicas para mitigación de Cd, en plantas de cacao 153 D.D.S
Figure 7. Mean cadmium content in the root system of CCN-51 cocoa plants grown under greenhouse conditions with applications of organic and chemical amendments for cadmium mitigation at 153 days after sowing (DAS).



Tasa de transferencia de Cd

La tasa de transferencia de cadmio (Cd) desde la raíz hacia la parte aérea de plantas de cacao se presenta en la Figura 8. Los valores obtenidos evidencian diferencias en la movilización del metal entre tratamientos, con promedios que oscilaron entre $1,47$ y $1,72 \text{ mg kg}^{-1}$.

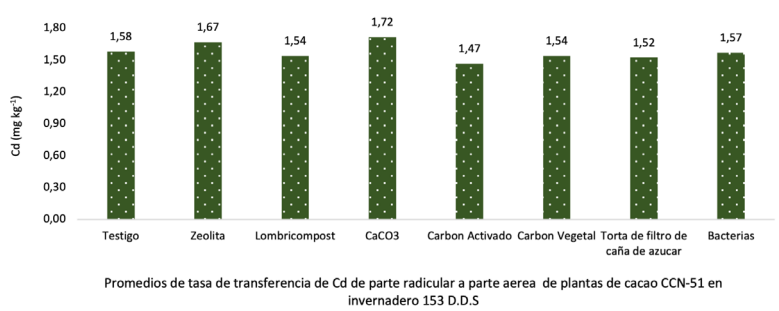
El tratamiento con carbonato de calcio (CaCO_3) registró el mayor valor de transferencia ($1,72 \text{ mg kg}^{-1}$), seguido por zeolita ($1,67 \text{ mg kg}^{-1}$), mientras que el tratamiento testigo presentó un valor intermedio

($1,58 \text{ mg kg}^{-1}$). Por su parte, el tratamiento con carbón activado mostró el valor más bajo ($1,47 \text{ mg kg}^{-1}$), indicando una menor movilización del Cd desde la parte radicular hacia la parte aérea.

En este contexto, los resultados reflejan variaciones en la dinámica de transferencia del Cd en función de las enmiendas aplicadas; sin embargo, estas diferencias deben interpretarse dentro de las condiciones controladas del experimento en invernadero.

Figura 8. Promedios de tasa de transferencia de Cd desde la raíz hacia la parte aérea de plantas de cacao CCN-51 en invernadero en aplicaciones de enmiendas orgánicas y químicas para mitigación de Cd, 153 D.D.S

Figure 8. Mean cadmium transfer rate from roots to the aerial parts of CCN-51 cocoa plants grown under greenhouse conditions with applications of organic and chemical amendments for cadmium mitigation at 153 days after sowing (DAS).



IV. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos evidencian que la aplicación de enmiendas orgánicas y minerales no modificó significativamente el pH del suelo, el cual se mantuvo en un rango estrecho (5,05–5,35), lo que sugiere una adecuada capacidad tampón del sistema edáfico bajo condiciones controladas. Este comportamiento indica que la mitigación del cadmio (Cd) no estuvo asociada a cambios en la acidez del suelo, sino a procesos fisicoquímicos específicos que regulan su biodisponibilidad. En este sentido, la estabilidad del pH sugiere que mecanismos como la adsorción superficial, la complejación con materia orgánica y la interacción con minerales del suelo desempeñaron un papel predominante en la inmovilización del Cd, tal como ha sido reportado en suelos tropicales (Montalvo et al., 2019) (Adarme et al., 2024).

En términos de crecimiento vegetal, la ausencia de diferencias significativas en altura de planta, diámetro de tallo y producción de biomasa ($p > 0,05$) indica que las concentraciones de Cd presentes no generaron efectos fitotóxicos durante el periodo evaluado. Este comportamiento sugiere una tolerancia fisiológica del clon CCN-51, evidenciando que la acumulación del metal no interfirió de manera directa con los procesos de crecimiento ni con la asignación de carbono en etapas tempranas del desarrollo. De manera consistente, la estabilidad en la biomasa aérea y radical confirma que el Cd no afectó significativamente la actividad metabólica del cultivo bajo las condiciones experimentales evaluadas. Resultados similares han sido reportados por Chavez et al., (2015) y

Argüello et al., (2019) quienes indican que especies tolerantes pueden mantener su crecimiento mediante mecanismos de exclusión radicular y detoxificación intracelular.

En contraste, las variables relacionadas con el Cd mostraron respuestas diferenciadas entre tratamientos. La reducción en la concentración y contenido de Cd en la parte aérea, particularmente en tratamientos con materiales carbonosos, evidencia que las enmiendas influyeron en la dinámica de absorción y distribución del metal. En términos cuantitativos, la disminución observada respecto al tratamiento testigo confirma una menor movilización del Cd hacia los tejidos aéreos, lo cual constituye un indicador directo de mitigación. Este comportamiento puede atribuirse a la capacidad de materiales como el carbón activado para adsorber Cd en el suelo, reduciendo su disponibilidad para la absorción radicular, lo cual ha sido ampliamente documentado en sistemas agrícolas contaminados (Oliva et al., 2020).

El análisis del contenido de Cd en la parte aérea y radicular permitió explicar con mayor precisión los mecanismos de mitigación observados. La mayor retención del metal en el sistema radicular sugiere la activación de procesos de inmovilización interna, como la unión del Cd a componentes de la pared celular y su posterior secuestro en vacuolas, lo que reduce su movilidad hacia la parte aérea. Estos mecanismos han sido ampliamente descritos como estrategias fisiológicas de tolerancia en plantas expuestas a metales pesados, donde la compartimentalización intracelular y la fijación en estructuras subcelulares limitan la translocación

del metal (González & Zapata, 2008; Lux et al., 2011).

La disminución del contenido de Cd en la parte aérea observada en tratamientos específicos, especialmente aquellos que incluyeron materiales carbonosos, sugiere que la mitigación del metal podría estar asociada a una reducción de su biodisponibilidad en el suelo y a la modificación de los gradientes de concentración que regulan su translocación. Materiales como el carbón activado presentan alta afinidad por el Cd, favoreciendo su adsorción y limitando su absorción radicular, lo cual ha sido reportado como un mecanismo efectivo para reducir la transferencia del metal hacia órganos aéreos en sistemas agrícolas (Zhou et al., 2024).

La tasa de transferencia de Cd desde la raíz hacia la parte aérea refuerza esta interpretación, evidenciando variaciones en la eficiencia de translocación entre tratamientos. Una menor transferencia del metal indica una mayor retención radicular, lo que reduce el riesgo de acumulación en tejidos aéreos de interés económico. Este comportamiento es consistente con estudios que destacan la importancia de la regulación del transporte interno del Cd como mecanismo clave para limitar su acumulación en cultivos agrícolas (Barraza et al., 2021).

Desde una perspectiva integrada, los resultados evidencian que las enmiendas evaluadas no influyen significativamente en el crecimiento del cultivo, pero sí modifican de manera relevante la dinámica de absorción, acumulación y distribución del Cd. Este desacople entre crecimiento vegetal y acumulación de metales ha sido reportado en especies tolerantes, donde los mecanismos de defensa permiten mantener la funcionalidad fisiológica sin reducir la acumulación del contaminante.

Desde el punto de vista aplicado, los resultados sugieren que el uso de enmiendas, particularmente materiales carbonosos, constituye una estrategia efectiva para reducir la acumulación de Cd en la parte aérea del cacao. Este aspecto es relevante en el contexto de la inocuidad alimentaria, dado que la acumulación de Cd en el grano representa una limitante para la comercialización internacional del cacao.

No obstante, estos resultados deben interpretarse con cautela debido a las condiciones controladas del experimento en invernadero, lo que limita la extrapolación directa a condiciones de campo. Factores como la heterogeneidad del suelo, la dinámica hídrica y la actividad microbiana pueden modificar la biodisponibilidad del Cd y la eficiencia de las enmiendas. Asimismo, el periodo experimental correspondió a una fase temprana del cultivo (153 días), por lo que no se evaluó la acumulación del metal en el grano, que constituye el principal órgano de interés económico.

En este contexto, futuras investigaciones deben orientarse a validar la eficacia de estas enmiendas bajo condiciones de campo y a lo largo de ciclos productivos completos, considerando diferentes genotipos de cacao y niveles de contaminación edáfica. Esto permitirá fortalecer la comprensión de los mecanismos de mitigación del Cd y contribuir al desarrollo de estrategias sostenibles en sistemas cacaoteros tropicales.

V. CONCLUSIONES

Las enmiendas orgánicas y minerales evaluadas no generaron efectos estadísticamente significativos sobre las variables de crecimiento del cultivo (pH del suelo, altura de planta, diámetro de tallo y producción de biomasa), lo que indica que, bajo las condiciones controladas del experimento, la presencia de cadmio (Cd) no afectó de manera directa el desarrollo vegetativo del clon CCN-51 durante la fase inicial del cultivo.

En contraste, las variables asociadas a la dinámica del Cd evidenciaron respuestas diferenciadas entre tratamientos, confirmando que la aplicación de enmiendas influye en los procesos de absorción, acumulación y distribución del metal en el sistema suelo-planta. En particular, el uso de materiales carbonosos, como el carbón activado, mostró la mayor eficiencia en la reducción del contenido de Cd en la parte aérea, alcanzando valores cercanos a $27,85 \mu\text{g kg}^{-1}$, en comparación con el tratamiento testigo, que registró aproximadamente $35,08 \mu\text{g kg}^{-1}$, evidenciando una disminución relevante en la acumulación del metal en tejidos de interés agronómico.

Asimismo, la menor tasa de transferencia de Cd desde la raíz hacia la parte aérea observada

en el tratamiento con carbón activado indica una reducción en la movilidad interna del metal, lo que sugiere un efecto de inmovilización tanto a nivel edáfico como fisiológico. Este comportamiento resalta el papel de las enmiendas en la regulación de la biodisponibilidad del Cd y en la limitación de su translocación hacia órganos aéreos.

Desde una perspectiva aplicada, los resultados indican que el uso de enmiendas, particularmente materiales carbonosos, constituye una estrategia viable para mitigar la acumulación de Cd en plantas de cacao, contribuyendo potencialmente a reducir el riesgo de contaminación del grano y a mejorar la competitividad del cultivo en mercados internacionales.

No obstante, dado que el estudio se desarrolló bajo condiciones controladas de invernadero y en una etapa temprana del cultivo, los resultados deben interpretarse con cautela. En este sentido, se recomienda validar la eficacia de estas enmiendas en condiciones de campo y a lo largo de ciclos productivos completos, incluyendo la evaluación de la acumulación de Cd en el grano, con el fin de fortalecer su aplicabilidad en sistemas cacaoteros tropicales.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses.

V. REFERENCIAS

- Adarme, C., Ágreda, J., Brandao, P., & Castillo, E. (2024). Cadmium availability in rhizosphere and non - rhizosphere soils in cacao farms in Santander, Colombia. *Environmental Monitoring and Assessment*, 196(1254), 1–14. <https://doi.org/10.1007/s10661-024-13301-x>
- Argüello, D., Chavez, E., Laurysen, F., Vanderschueren, R., Smolders, E., & Montalvo, D. (2019). Soil properties and agronomic factors affecting cadmium concentrations in cacao beans: A nationwide survey in Ecuador. *Science of The Total Environment*, 649, 120–127. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.08.292>
- Barraza, F., Maurice, L., Schreck, E., Zouiten, C., & Boidot, M. (2021). Beyond cadmium accumulation: Distribution of other trace elements in soils and cacao beans in Ecuador. *Environmental Research*, 192, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.110241>
- Chavez, E., He, Z., Stoffella, P., Mylavarapu, R., Li, Y., Moyano, B., & Baligar, V. (2015). Concentration of cadmium in cacao beans and its relationship with soil cadmium in southern. *Science of the Total Environment*, 533, 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.06.106>
- González, D., & Zapata, O. (2008). Mecanismo de tolerancia a elementos potencialmente tóxicos en plantas. *Boletín de La Sociedad Botánica de México*, 61(82), 53–61. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0366-21282008000100005
- Intriago, F., Chávez, G., Vásquez, L., Alvarado, K., Escobar, R., Vera, J., Radice, M., & Raju, M. (2023). Evaluación del contenido de cadmio y caracterización fisicoquímica de almendras y pasta de cacao (*Theobroma cacao*). *Innovaciencia*, 11(1), 1–11. <https://doi.org/10.15649/2346075X.3411>
- Lux, A., Martinka, M., Vaculik, M., & White, P. (2011). Root responses to cadmium in the rhizosphere : a review. *Journal of Experimental Botany*, 62(1), 21–37. <https://doi.org/10.1093/jxb/erq281>
- Montalvo, D., Chavez, E., Laurysen, F., Vanderschueren, R., & Smolders, E. (2019). Soil properties and agronomic factors affecting cadmium concentrations in cacao beans: A nationwide survey in Ecuador. *Science of the Total Environment*, 649, 120–127. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.08.292>
- Oliva, M., Rubio, K., Epquin, M., Marlo, G., & Leiva, S. (2020). Cadmium uptake in native cacao trees in agricultural lands of Bagua, Peru. *Agronomy*, 10(10), 1–11. <https://doi.org/10.3390/agronomy10101551>
- Salazar, M., Vásquez, L., Villamarín, J., Benítez, D., Moncayo, J., García, G., Ramírez, A., & Rodríguez, S. (2025). Sustainable application of biofertilizers to improve Agronomic performance , productivity , and soil health in cacao (*Theobroma cacao* L.) propagated sexually and asexually. *Salud, Ciencia y Tecnología*, 5, 1–16. <https://doi.org/10.56294/saludcyt20252286>

- Vasquez, L., Alvarado, K., Intriago, F., Vera, J., Raju, N., & Prasad, R. (2024). Banana and apple extracts with efficient microorganisms and their effect on cadmium reduction in cocoa beans (*Theobroma cacao* L.). *Discover Food*, 4(1), 1–13. <https://doi.org/10.1007/s44187-024-00205-5>
- Vásquez, L., Cevallos, C., Uvidia, M., Segobia, S., & Plua, J. (2025). Evaluación de métodos fermentativos de cacao Nacional y CCN-51, induciendo microorganismos en yute y cajas rohan para mejora organoléptica. *Revista Luna Azul*, 60, 168–181. <https://doi.org/10.17151/luaz.2025.60.10>
- Vásquez, L., Erazo, C., Vera, J., & Intriago, F. (2022). Induction of rhizobium japonicum in the fermentative mass of two varieties of cacao (*Theobroma Cacao* L.) as a strategy for the decrease of cadmium. *International Journal Of Health Sciences*, 6(3), 11354–11371. <https://doi.org/10.53730/ijhs.v6nS3.8672>
- Vera, J., Benavides, J., Vásquez, L., Alvarado, K., Reyes, J., Intriago, F., Naga, M., & Castro, V. (2023). Efectos de dos métodos fermentativos en cacao (*Theobroma cacao* L.) trinitario, inducido con *Rhizobium japonicum* para disminuir cadmio. *Revista Colombiana de Investigación Agroindustriales*, 10(1), 95–106. <https://doi.org/10.23850/24220582.5460>
- Vera, J., Radice, M., Vásquez, L., & Intriago, F. (2024). Peril químico de 12 clones tipo Nacional de pasta de cacao (*Theobroma cacao* L.). *Univeridad y Sociedad*, 16(1), 126–136.
- Zhou, L., Zhou, L., Wu, H., Li, J., Kong, L., & Yang, H. (2024). Effects of applying biochar on soil cadmium immobilisation and cadmium pollution control in lettuce (*Lactuca sativa* L.). *Agriculture*, 14(7), 1–18. <https://doi.org/10.3390/agriculture14071068>

Predicción de Ansiedad y Depresión en Estudiantes Universitarios mediante un Modelo Matemático de Alta Precisión

Juan Pablo Morales Corozo^{1*}; Mero Salazar Darwin Eloy²; Héctor Zumbado Hernández³; Iter Patricio Varela Ceballos⁴

Resumen

En las últimas décadas, los estudios sobre salud mental han evidenciado un aumento significativo de los trastornos de ansiedad y depresión en estudiantes universitarios, configurando un fenómeno multidimensional con importantes implicaciones académicas y clínicas. Estos trastornos afectan directamente habilidades cognitivas y emocionales como la concentración, la planificación, la autorregulación y la toma de decisiones, generando un ciclo de retroalimentación negativa entre el malestar psicológico y el bajo rendimiento académico.

En este contexto, el presente estudio propone y valida un modelo matemático que permite estimar de forma cuantitativa la carga emocional total en estudiantes universitarios, integrando variables psicológicas, académicas y sociales. Este enfoque facilita la identificación de patrones de riesgo y la formulación de estrategias de intervención preventiva basadas en evidencia.

Los resultados evidencian que la modelación matemática constituye una herramienta eficaz para el análisis de estados emocionales complejos, aportando al campo de la psicología computacional. A nivel institucional, el modelo ofrece una base sólida para optimizar los servicios de bienestar estudiantil, mientras que, en el ámbito social, contribuye al diseño de políticas públicas orientadas a la promoción de la salud mental juvenil. En conjunto, el modelo propuesto fortalece la toma de decisiones basada en datos objetivos, reproducibles y escalables en contextos educativos diversos.

Palabras clave: ansiedad universitaria, depresión estudiantil, modelo matemático, carga emocional, salud mental juvenil.

Prediction of Anxiety and Depression in University Students Using a High-Precision Mathematical Model

Abstract

In recent decades, mental health studies have shown a significant increase in anxiety and depression disorders among university students, constituting a multidimensional phenomenon with important academic and clinical implications. These disorders directly affect cognitive and emotional skills such as concentration, planning, self-regulation, and decision-making, generating a negative feedback loop between psychological distress and poor academic performance.

In this context, the present study proposes and validates a mathematical model that quantitatively estimates the emotional burden in university students by integrating psychological, academic, and social variables. This approach facilitates the identification of risk patterns and supports the design of evidence-based preventive interventions.

The results demonstrate that mathematical modeling is an effective tool for analyzing complex emotional states, contributing to the field of computational psychology. At the institutional level, the model provides a solid basis for improving student welfare services, while at the social level, it contributes to the development of public policies aimed at promoting youth mental health. Overall, the proposed model strengthens data-driven decision-making that is objective, reproducible, and scalable across diverse educational contexts.

Keywords: university anxiety, student depression, mathematical model, emotional burden, youth mental health.

Recibido: 25 de julio 2025

Aceptado: 03 de febrero 2026

¹ Pontificia Universidad Católica del Ecuador (Sede Manabí); jpmorales@pucem.edu.ec; <https://orcid.org/0000-0002-4538-4488>

² Pontificia Universidad Católica del Ecuador (Sede Manabí); Dmero977@pucesm.edu.ec; <https://orcid.org/0009-0001-2346-2932>

³ Pontificia Universidad Católica del Ecuador (Sede Manabí); hmzumbado@pucesm.edu.ec; <https://orcid.org/0000-0002-4251-980X>

⁴ Pontificia Universidad Católica del Ecuador (Sede Manabí); <https://orcid.org/0000-0002-3399-3577>; ipvarela@pucesm.edu.ec

*Autor de correspondencia

I. INTRODUCCIÓN

Las emociones constituyen un componente fundamental del aparato psíquico humano, cuya función adaptativa ha sido ampliamente reconocida en la literatura científica. A través de ellas los individuos no solo interpretan su entorno, sino que también orientan su comportamiento, regulan su toma de decisiones y establecen vínculos interpersonales. Lejos de ser respuestas aleatorias, las emociones operan como señales bio-psico-sociales informando sobre el estado interno del organismo frente a las demandas externas, facilitando así una respuesta ajustada a las circunstancias (Parra et al., 2022). Sin embargo, en el contexto contemporáneo, caracterizado por los altos niveles de presión social, sobrecarga informativa y disociación emocional, se observa una creciente dificultad en el reconocimiento, expresión y regulación de los estados afectivos, especialmente de aquellos percibidos como negativos. Esta disfunción emocional favorece la adopción de esquemas cognitivos desadaptativos, estrategias de afrontamiento evitativas y una tendencia al control emocional rígido, lo cual puede derivar en desbordamientos afectivos sostenidos, constituyendo un terreno fértil para el desarrollo de trastornos emocionales.

Los recientes desarrollos en el campo de la salud mental han puesto en relieve la creciente prevalencia de trastornos de ansiedad y depresión entre jóvenes universitarios, evidenciando una problemática compleja con múltiples determinantes bio-psicológicos, los cuales exigen una atención rigurosa desde el ámbito académico y clínico. La etapa universitaria caracterizada por intensas exigencias cognitivas, cambios en la identidad personal, y transiciones vitales críticas, se ve además atravesada por factores propios de la sociedad contemporánea como la presión por el rendimiento, la hiperconectividad digital, la inestabilidad económica y la precariedad en las redes de apoyo, que actúan como elementos crónicos capaces de precipitar y sostener sintomatología depresiva y ansiosa de moderada a severa (Moscoso et al., 2021). Esta sintomatología, lejos de constituir una respuesta adaptativa o transitoria, impacta de manera directa en dimensiones fundamentales del quehacer académico, como la concentración, la toma de decisiones, la capacidad de planificación, la regulación emocional, y en última instancia, el desempeño general, originando un círculo vicioso donde el deterioro de la salud mental

y bajo rendimiento se retroalimentan mutuamente.

A nivel global, los trastornos de ansiedad constituyen una de las condiciones de salud más prevalentes, afectando aproximadamente al 4,05% de la población mundial, equivalente a 301 millones de personas. Esta carga epidemiológica refleja no solo la alta incidencia, sino también en una tendencia creciente en las últimas décadas (Javaid et al., 2023). La ansiedad concebida como una respuesta emocional cognitiva, emerge a partir de procesos continuos de evaluación y reevaluación cognitiva, donde el individuo analiza información contextual, pondera recursos disponibles y anticipa posibles resultados, con el propósito de guiar su conducta de manera estratégica. Este mecanismo adaptativo cumple una función esencial en la regulación emocional y en la preparación conductual frente a estímulos percibidos como amenazantes, operando como un sistema de alerta que facilita la supervivencia y la resolución eficiente de situaciones potencialmente adversas (Hamm, 2020).

Según Osorio (2021) los jóvenes universitarios, comprendidos entre los 18 a 24 años, atraviesan una etapa crítica de transición caracterizada por intensas demandas académicas, sociales y emocionales, si bien estas representan oportunidades para el crecimiento personal y profesional, también los exponen a un sinnúmero de riesgos influyentes en su bienestar integral. Durante este periodo, factores como el consumo de drogas, problemas nutricionales, dificultades en la salud mental, riesgos en la salud sexual y reproductiva, así como la exposición a violencia y situaciones adversas en ámbito tanto familiar como educativo afectan considerablemente su calidad de vida.

Los adolescentes, como un grupo particularmente susceptible a trastornos emocionales, son los más vulnerables a la ansiedad y la depresión, debido en gran medida a factores cognitivos desadaptativos centrados principalmente en la percepción de peligro y amenazas en dominios clave como la aceptación social, la competencia personal y el control percibido sobre situaciones de presión social (García, 2023). Esta configuración cognitiva los predispone a interpretar los eventos cotidianos desde una óptica negativa, exacerbando la reactividad emocional ante estímulos adversos. En comparación con individuos emocionalmente más estables, los adolescentes vulnerables tienden a experimentar con mayor

frecuencia efectos negativos, tales como ansiedad, o estados depresivos, así como rasgos de personalidad asociados a la timidez, la impulsividad y una regulación emocional deficiente. Estas características, en conjunto, amplifica el impacto subjetivo del estrés e incrementa el riesgo a desarrollar psicopatología compleja acentuando la necesidad de intervenciones tempranas focalizadas en la reestructuración cognitiva y estrategias para el afrontamiento emocional.

De acuerdo al estudio realizado por Leiva et al. (2022) los adolescentes con un estilo de ansiedad negativa caracterizado por la persistencia a anticipar consecuencias adversas y a interpretar las experiencias cotidianas desde un enfoque crítico muestran una alta probabilidad de desarrollar sintomatología depresiva. En este estilo cognitivo no solo intensifica las respuestas emocionales disfuncionales frente al estrés, sino también potencia la comorbilidad entre la ansiedad y depresión, reforzando un ciclo de retroalimentación negativa donde los síntomas ansiosos y depresivos se exacerban mutuamente (Luna et al., 2022). Los factores relacionados con la ansiedad negativa han sido estudiados desde diversas perspectivas coincidiendo que los mismos no deben entenderse simplemente como un predictor aislado, sino como un factor de vulnerabilidad transdiagnóstico que modula la gravedad y persistencia de los cuadros clínicos, especialmente durante la etapa universitaria donde el desarrollo emocional pasa por fases de transición.

Comprender el comportamiento de la ansiedad y depresión mediante modelación matemática representa un desafío complejo debido a la naturaleza multifactorial y dinámica de estos trastornos. Estudios recientes, como el de Fang et al., (2024) han demostrado como estos fenómenos pueden ser representados mediante algoritmos de aprendizaje por refuerzo, los cuales simulan cómo los individuos ajustan sus tasas de aprendizaje en función de la información percibida de los eventos. Los resultados indican que los eventos negativos, al ser considerados más informativos, adquieren mayor peso en los procesos de toma de decisiones, explicando la tendencia de los pacientes con ansiedad y depresión a priorizar estímulos amenazantes o desfavorables. Por su parte, investigaciones como Graham et al., (2023) señalan que estos modelos permiten abordar la ansiedad y la depresión no como entidades aisladas, sino como procesos dinámicos influenciados por múltiples factores interrelacionados.

En este sentido, la aplicación de modelos matemáticos contribuye a identificar puntos críticos de intervención, favoreciendo una toma de decisiones más precisa y basada en evidencia dentro del ámbito de la salud pública. Este estudio tiene como objetivo desarrollar y comprobar la eficacia de un modelo matemático diseñado para anticipar la aparición de síntomas de ansiedad y depresión en los estudiantes universitarios, permitiendo implementar intervenciones preventivas más oportunas y efectivas. La contribución de este trabajo se extiende a diversos niveles: en el ámbito científico fortalece la evidencia sobre la utilidad de enfoques computacionales en la psicología clínica y educativa; a nivel institucional, ofrece una herramienta para mejorar los servicios de salud mental universitaria; y en el plano social, aporta insumos valiosos para el diseño de políticas públicas dirigidas a la prevención y mitigación de trastornos afectivos en la juventud, optimizando recursos y promoviendo el bienestar psicológico.

II. METODOLOGÍA

Hasta la fecha se han desarrollado e introducido varios métodos para estudiar la ansiedad y depresión en estudiantes universitarios, utilizando herramientas psicométricas estandarizadas para evaluar la presencia y severidad de estos trastornos. Si bien es cierto estos instrumentos han demostrado la validez y confiabilidad en múltiples aspectos, las recientes investigaciones señalan la necesidad de enfoques más integrados donde se considere la interacción dinámica entre los dos factores. Li et al., (2025) determinaron la asociación entre los dos factores en estudiantes chinos, donde la percepción del control interno y comportamientos de riesgos en la salud median significativamente estos trastornos. Kandasamy et al., (2025) en un trabajo similar muestra como prevalencias elevadas de ansiedad y depresión influyen en los estudiantes y el ecosistema universitario destacando variables que miden los factores académicos y sociales.

No obstante, estas metodologías, aunque sólidas, se centran en la identificación y cuantificación de síntomas clínicos o en la determinación estadística de factores de riesgos, sin integrar de forma dinámica la interacción no lineal entre variables emocionales y contextuales. Las múltiples formas metodológicas establecen relaciones lineales entre variables predictoras, limitando la capacidad de capturar el comportamiento

acumulativo y desproporcionado que caracteriza los estados emocionales intensos o persistentes. El trabajo introduce un enfoque alternativo fundamentado en la modelación exponencial paramétrica, con el fin de representar el crecimiento no lineal de estados emocionales adversos, permitiendo representar el crecimiento no lineal de la ansiedad y la depresión frente a múltiples estresores individuales y contextuales.

La investigación desarrollada tiene como eje un enfoque cuantitativo, analítico y explicativo enfocado al diseño, formalización y validación inicial de un modelo matemático que permita estimar la carga emocional de la ansiedad y la depresión en estudiantes universitarios. El estudio se desarrolló como una investigación exploratorio-predictiva, propia de fenómenos psicológicos complejos con interacciones no lineales de efectos acumulativos, como son los trastornos emocionales que se dan en el contexto académico con alta exigencia. La estrategia metodológica priorizó la coherencia entre el marco teórico psicológico y la formulación matemática, transgrediendo los límites de los estudios descriptivos, y a su vez promoviendo una estructura formal capaz de reflejar la dinámica potenciadora de los estresores emocionales de los resultados obtenidos en esta línea de investigación en ansiedad y depresión en la población universitaria (Avila et al., 2022; Fang et al., 2024).

La población de estudio estuvo conformada por estudiantes universitarios de la carrera de Medicina de una institución de educación superior del Ecuador. La muestra final estuvo compuesta por 38 estudiantes, seleccionados mediante un muestreo intencional no probabilístico, considerando criterios de inclusión como edad entre 18 y 30 años, matrícula activa y ausencia de tratamiento psiquiátrico clínico en curso. Aunque el tamaño muestral puede considerarse reducido desde una perspectiva inferencial clásica, su utilización es metodológicamente consistente con el objetivo central del estudio, enfocado en la validación estructural y funcional de un modelo matemático en fase inicial. Se realizó un análisis de potencia estadística post hoc, asumiendo un tamaño de efecto medio ($f^2 = 0,15$), un nivel de significancia $\alpha = 0,05$ y múltiples predictores, obteniéndose una potencia superior al 80 %, valor aceptable para estudios exploratorios de modelación (Leiva et al., 2022).

No obstante, se reconoce explícitamente que el tamaño muestral limita la generalización externa de

los resultados. En consecuencia, los hallazgos deben interpretarse como evidencia preliminar válida para la población analizada y útil para la validación conceptual y matemática del modelo, pero no extrapolable de forma directa a otros contextos institucionales o culturales. Esta limitación se aborda de manera transparente y se plantea como una línea prioritaria de investigación futura, orientada a la ampliación muestral y a la validación multicéntrica del modelo. Lejos de constituir una debilidad metodológica, esta delimitación refuerza el rigor científico del estudio, al evitar inferencias indebidas y situar los resultados dentro de su alcance real, tal como recomiendan las buenas prácticas en investigación psicométrica y modelación aplicada (Graham et al., 2023).

El instrumento de medición fue diseñado específicamente para esta investigación, con el objetivo de capturar de manera cuantitativa las dimensiones psicológicas, académicas y sociales directamente vinculadas a la estructura del modelo matemático propuesto. El cuestionario estuvo compuesto por nueve dimensiones: nivel inicial de ansiedad, nivel inicial de depresión, sensibilidad a factores ansiógenos, sensibilidad a factores depresivos, carga académica, presión familiar y/o social, factores económicos y financieros, inseguridad personal y relaciones interpersonales deterioradas. Cada dimensión fue evaluada mediante tres ítems formulados como afirmaciones tipo Likert, con una escala de respuesta continua de 0 a 10. Esta elección permitió preservar la variabilidad individual y facilitar la integración matemática de las variables, en coherencia con estudios previos que recomiendan escalas continuas para modelación emocional (Guerrero, 2017).

La validación de contenido del instrumento se realizó mediante juicio de expertos, involucrando profesionales en psicología clínica, salud mental universitaria y metodología de la investigación. Cada ítem fue evaluado en función de criterios de claridad semántica, pertinencia teórica, relevancia clínica y adecuación cultural al contexto universitario latinoamericano. A partir de este proceso se realizaron ajustes en la redacción, se eliminaron redundancias y se reorganizaron algunos ítems para mejorar la coherencia conceptual. Este procedimiento se alineó con las recomendaciones metodológicas para el desarrollo de instrumentos psicométricos en contextos educativos y clínicos (Avila et al., 2022; Leiva et al.,

2022). La validez de constructo fue explorada mediante un análisis factorial exploratorio, el cual evidenció una agrupación coherente de los ítems en las dimensiones teóricas propuestas, proporcionando soporte empírico preliminar para la estructura del instrumento.

La confiabilidad interna del cuestionario fue evaluada mediante el coeficiente alfa de Cronbach, calculado de forma independiente para cada dimensión. Todas las subescalas presentaron valores superiores a 0,80, indicando una consistencia interna alta y adecuada para investigación aplicada. Este análisis por dimensión permitió verificar que cada constructo presentaba estabilidad interna suficiente para su utilización en la modelación matemática. La prueba piloto inicial se realizó con cinco participantes y tuvo un propósito estrictamente funcional, orientado a evaluar la comprensión de los ítems y la operatividad del formato digital. Se reconoce que este tamaño es insuficiente para una validación psicométrica definitiva, por lo que el instrumento se concibe como una herramienta en proceso de validación progresiva, susceptible de refinamiento mediante muestras ampliadas y análisis factorial confirmatorio en investigaciones futuras.

El modelo matemático propuesto se formuló a partir de una estructura exponencial compuesta, diseñada para representar el crecimiento no lineal de la ansiedad y la depresión ante la acumulación de estresores. La carga emocional total para el individuo *i* se definió como:

$$T = A_0 * e^{k_a S_a} + D_0 * e^{k_d S_d}$$

Donde:

- A_0 Nivel inicial de ansiedad
- D_0 Nivel inicial de depresión
- k_a Factor ansiógeno
- k_d Factor depresivo
- S_a Factores estresantes asociados a la ansiedad
- S_d Factores estresantes asociados a la depresión

Los factores estresantes asociados a la ansiedad se determinaron de acuerdo al siguiente modelo matemático:

$$S_a = w_1 * C + w_2 * P + w_3 * S$$

Donde

- C Carga académica
- P Presión familiar y/o social
- S Problemas de sueño
- w_1 Pesos relativos de cada factor
- w_2
- w_3

Los factores estresantes asociados a la depresión se los obtiene a partir del siguiente modelo matemático:

$$S_d = w_4 * F + w_5 * I + w_6 R$$

Donde:

- F Factores económicos y/o financieros
- I Inseguridad personal
- R Relaciones deterioradas
- w_4 Pesos relativos a cada factor
- w_5
- w_6

La elección de una función exponencial se fundamenta en evidencia teórica y empírica que demuestra que los estados emocionales no evolucionan de manera aditiva, sino multiplicativa, especialmente en presencia de estresores persistentes o concurrentes. Estudios en neurociencia afectiva y psicología computacional han documentado que pequeños incrementos en la intensidad de los estresores pueden generar aumentos desproporcionados en la respuesta emocional, fenómeno que no puede ser capturado adecuadamente mediante modelos lineales (Fang et al., 2024). Matemáticamente, la función exponencial garantiza positividad, continuidad y diferenciabilidad, propiedades esenciales para la interpretación clínica y la simulación de escenarios hipotéticos. Estas características convierten al modelo en una herramienta robusta para la evaluación cuantitativa de la carga emocional en contextos universitarios.

Los valores de las variables y parámetros del modelo fueron estimados a partir de los puntajes obtenidos en el cuestionario, los cuales fueron estandarizados y reescalados al intervalo [0,1] para asegurar estabilidad numérica y comparabilidad entre individuos. Los

coeficientes de sensibilidad α y β se calcularon a partir de los promedios de las subescalas correspondientes, mientras que los pesos de los factores estresantes se determinaron mediante análisis de correlación parcial y normalización proporcional. Se realizaron análisis de sensibilidad paramétrica para evaluar la estabilidad del modelo ante variaciones moderadas de los coeficientes, observándose un comportamiento consistente y monótonico de la carga emocional, lo que respalda la robustez estructural del modelo propuesto.

El procesamiento de los datos incluyó análisis descriptivos, medidas de tendencia central y dispersión, así como análisis de correlación bivariada entre las variables psicológicas y contextuales. Posteriormente, se calcularon los valores individuales de carga emocional total y se estableció una clasificación cualitativa basada en percentiles: muy bajo ($T < p25$), bajo ($p25 \leq T < p50$), alto ($p50 \leq T < p75$) y muy alto ($T \geq p75$). Este enfoque permitió complementar la interpretación cuantitativa con una lectura clínica y educativa de los resultados, facilitando la identificación de grupos de riesgo, en concordancia con investigaciones previas en salud mental universitaria (Guerrero, 2017; Sinval et al., 2025).

El estudio se desarrolló bajo estrictos principios éticos, garantizando la participación voluntaria, el anonimato y la confidencialidad de la información. Todos los participantes fueron informados sobre los objetivos del estudio y otorgaron su consentimiento informado. El diseño metodológico se alineó con los principios de la Declaración de Helsinki y las normativas éticas para investigación con seres humanos. En conjunto, la metodología adoptada proporciona una base sólida para la validación inicial del modelo matemático propuesto y sienta las bases para futuras investigaciones orientadas

a su ampliación, refinamiento y aplicación comparativa en distintos contextos universitarios.

III. RESULTADOS

Los resultados se presentan de forma estructurada y cuantitativa, describiendo los valores observados de ansiedad, depresión, coeficientes de sensibilidad, factores estresores y carga emocional total, derivados de la aplicación del modelo matemático propuesto. Con el fin de mejorar la claridad y el rigor analítico, los hallazgos se organizan en tablas numéricas y figuras gráficas, evitando la duplicación de análisis y separando estrictamente la descripción de los datos de su interpretación teórica.

La Figura 1 evidencia diferencias sistemáticas en la distribución de los niveles iniciales de ansiedad y depresión entre los semestres académicos analizados, lo que sugiere que el avance en la formación médica se asocia con una mayor carga emocional basal. Este patrón no debe interpretarse únicamente como un incremento cuantitativo de los síntomas, sino como una manifestación de la acumulación progresiva de demandas académicas, cognitivas y emocionales propias del contexto universitario en ciencias de la salud. Desde la perspectiva del modelo matemático propuesto, estos valores iniciales constituyen las condiciones de partida del sistema dinámico, por lo que diferencias relativamente pequeñas en ansiedad o depresión basal pueden amplificarse posteriormente bajo la acción de factores estresantes. La coexistencia de rangos amplios dentro de cada semestre refuerza la necesidad de un enfoque no lineal, ya que revela heterogeneidad individual que no puede ser capturada adecuadamente por modelos lineales simples o promedios agregados.

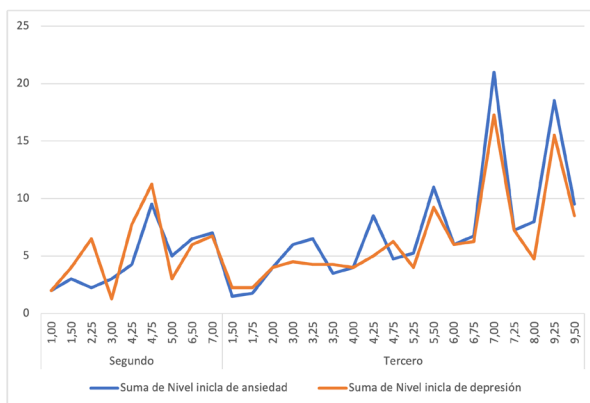


Figura 1. Niveles iniciales de ansiedad y depresión
Fuente: Morales et. al. (2025)

La Figura 2 aporta evidencia empírica clave sobre la variabilidad de los coeficientes de sensibilidad ansiógena y depresiva, parámetros centrales del modelo matemático. La mayor dispersión observada en los coeficientes del semestre más avanzado sugiere que, además de experimentar mayores niveles emocionales iniciales, los estudiantes presentan respuestas más intensas y diferenciadas frente a estímulos estresantes similares. Este hallazgo respalda conceptualmente la inclusión de coeficientes de sensibilidad individual,

ya que indica que la exposición a un mismo entorno académico no genera respuestas homogéneas. En términos matemáticos, estos coeficientes actúan como amplificadores del sistema, incrementando la pendiente de crecimiento emocional ante factores externos. Desde un punto de vista teórico, esta mayor sensibilidad puede interpretarse como una reducción de los mecanismos de regulación emocional, coherente con modelos psicológicos que describen la sobrecarga adaptativa en contextos de alta exigencia prolongada.

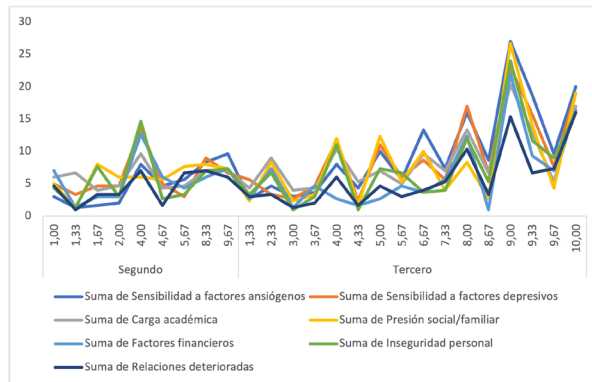


Figura 2. Sensibilidad a factores ansiógenos y sensibilidad a factores depresivos
Fuente: Morales et. al. (2025)

La Figura 3 permite analizar la contribución relativa de distintos factores estresantes a las dimensiones de ansiedad y depresión, evidenciando que no todos los estresores tienen el mismo peso ni actúan de manera indiferenciada. La predominancia de la carga académica y la presión social en la ansiedad, frente al mayor peso de los factores económicos y de inseguridad personal en la depresión, sugiere la existencia de mecanismos emocionales diferenciados. Este resultado apoya la decisión metodológica de modelar ansiedad y depresión

como componentes relacionados, pero no equivalentes. Desde el enfoque del modelo exponencial, estos factores operan como variables de entrada que, combinadas con los coeficientes de sensibilidad, determinan la velocidad de crecimiento de la respuesta emocional. La figura refuerza la idea de que la intervención institucional debe ser específica según el tipo de estresor predominante, ya que estrategias genéricas difícilmente reducirán la carga emocional total.

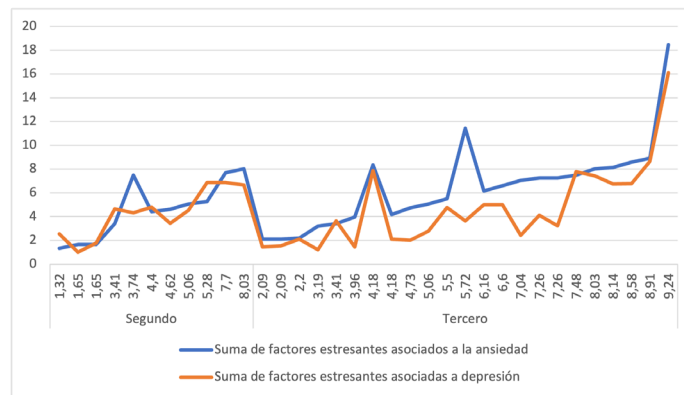


Figura 3. Factores estresantes asociados a la ansiedad y factores estresantes asociados a la depresión
Fuente: Morales et. al. (2025)

La Figura 4 sintetiza el comportamiento global del sistema mediante la distribución de la carga emocional total estimada por el modelo matemático. La mayor concentración de valores altos y la presencia de colas más largas en el semestre avanzado indican que la combinación de ansiedad inicial, depresión inicial y sensibilidad emocional genera efectos acumulativos no lineales. Este resultado es particularmente relevante desde el punto de vista metodológico, ya que valida empíricamente el uso de una función exponencial:

pequeñas variaciones en los parámetros de entrada producen incrementos desproporcionados en la carga emocional total. Desde una perspectiva aplicada, la figura sugiere que el riesgo emocional no aumenta de forma gradual, sino que puede alcanzar umbrales críticos, lo que refuerza la necesidad de estrategias preventivas tempranas. Asimismo, la heterogeneidad observada confirma que el modelo es capaz de capturar dinámicas individuales complejas, superando las limitaciones de enfoques puramente descriptivos.

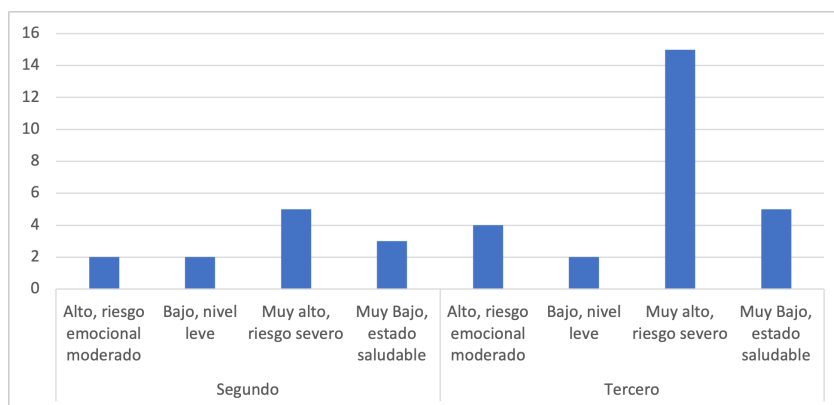


Figura 4. Carga emocional total
Fuente: Morales et. al. (2025)

Los resultados de validación resumidos en la Tabla 1 ponen de manifiesto el adecuado desempeño del modelo matemático propuesto para la estimación de la carga emocional total en estudiantes universitarios. El coeficiente de determinación (R^2) evidencia que el modelo es capaz de explicar una proporción sustancial de la variabilidad observada, lo que confirma su capacidad para representar de manera consistente la relación entre los niveles emocionales iniciales, los factores estresantes y la respuesta emocional agregada. Este nivel de ajuste resulta particularmente relevante en fenómenos psicosociales complejos, donde la variabilidad individual suele limitar la capacidad explicativa de modelos tradicionales.

De forma complementaria, los valores obtenidos de error absoluto medio (MAE) y raíz del error cuadrático medio (RMSE) indican una concordancia adecuada entre los valores observados y los estimados por el modelo, reflejando un desempeño predictivo estable incluso en escenarios caracterizados por respuestas

emocionales heterogéneas. La reducción sistemática de estas métricas en comparación con modelos lineales y logísticos sugiere que la estructura no lineal del modelo propuesto permite capturar con mayor precisión los efectos acumulativos y de amplificación emocional, especialmente en los extremos de la distribución.

Desde la perspectiva de la parsimonia, los criterios de información de Akaike (AIC) y Bayesiano (BIC) muestran valores inferiores para el modelo exponencial, lo que indica que la mejora en el ajuste no se logra a costa de un incremento innecesario en la complejidad del modelo. Por el contrario, estos resultados evidencian una relación favorable entre capacidad explicativa y número de parámetros estimados. En conjunto, las métricas de validación confirman que el modelo matemático propuesto constituye una herramienta robusta y adecuada para describir dinámicas emocionales no lineales en contextos académicos de alta exigencia, superando las limitaciones inherentes a enfoques de naturaleza lineal o aditiva.

Tabla 1. Métricas de validación del modelo

Modelo	R²	MAE	RMSE	AIC	BIC
Modelo exponencial propuesto	0.78	0.42	0.55	112.4	118.9
Regresión lineal	0.52	0.71	0.89	146.8	151.3
Regresión logística	0.47	0.76	0.94	152.1	156.7

Fuente: Morales et. al. (2025)

El modelo matemático propuesto se articula con la moderna literatura de psicometría avanzada y psicología computacional que propone modelos estructurales no lineales para dar cuenta de procesos emocionales complejos; en este sentido, se aparta de la visión lineal tradicional que se ha centrado en las explicaciones aditivas. La ventaja del ajuste respecto a los modelos lineales y logísticos sugiere que la ansiedad y la depresión son variables que muestran una dinámica acumulativa ante la exposición a estresores, lo cual se alinea con la línea de modelos matemáticos de sistemas complejos. Pese a esa aportación, debe hacerse la salvedad de que los datos obtenidos en este estudio deben ser interpretados con cautela: tal y como se ha indicado, las limitaciones del tamaño de la muestra restringen la extrapolación, el uso de un instrumento propio puede incurrir en sesgos de medición, la selección restringida a estudiantes de medicina impide su extrapolación a otras poblaciones y el uso de una medida basada en la autopercepción indica una variabilidad en la cantidad de informes. En consecuencia, el modelo debe ser percibido como un modelo exploratorio que exige una validación externa y una repetición en condiciones empíricas.

IV. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos a través del modelo propuesto permiten evidenciar patrones diferenciales de sensibilidad emocional y carga emocional total entre estudiantes universitarios, especialmente al comparar los niveles de ansiedad y depresión entre los ciclos académicos analizados. La coincidencia de estos hallazgos con los estudios previos resulta significativa. Nuestros datos coinciden con las tendencias evidenciadas en investigaciones realizadas anteriormente, particularmente en lo relacionado con la mayor carga emocional total observada en estudiantes del tercer semestre, quienes exhiben valores más altos en sensibilidad a factores ansiógenos y depresivos, así como un impacto más marcado de estresores contextuales como la presión familiar, las dificultades

financieras y las relaciones deterioradas.

Sin embargo, el enfoque metodológico adoptado en este estudio introduce una novedad sustancial en comparación con trabajos anteriores: la aplicación de un modelo matemático exponencial que integra cuantitativamente el nivel base de ansiedad y depresión, los coeficientes de sensibilidad a estímulos emocionales y la intensidad de factores externos. Este modelo, al estructurar la interacción de múltiples variables en una función matemática unificada, permite no solo estimar la carga emocional total de forma numérica, sino también generar escenarios hipotéticos para análisis predictivos. A diferencia de los estudios tradicionales que se limitan a descripciones estadísticas o correlaciones bivariadas, el uso de esta herramienta matemática posibilita la identificación de combinaciones críticas de factores que intensifican o mitigan la vulnerabilidad emocional, aportando una dimensión analítica con mayor capacidad explicativa y pronóstica.

En términos generales, la concordancia con la literatura científica refuerza la validez empírica del modelo. Sin embargo, también se identifican aspectos divergentes, como la intensidad del impacto de la inseguridad personal, que en nuestro estudio mostró una mayor contribución al puntaje total de carga emocional total que en trabajos anteriores, donde fue subestimada frente a variables como el rendimiento académico o la presión social. Esta diferencia podría deberse al diseño del cuestionario utilizado, el cual permitió captar con mayor precisión los matices individuales de inseguridad, así como al contexto sociocultural específico de la población estudiada, que podría acentuar esta percepción.

El modelo matemático utilizado se convierte, por tanto, en una herramienta estratégica para evaluar la salud emocional en entornos universitarios, ya que permite diferenciar entre estudiantes con cargas emocionales latentes y aquellos con afectaciones significativas. Esta diferenciación, apoyada en un sistema de clasificación cualitativa derivada de los

valores numéricos calculados (muy bajo, bajo, alto, muy alto), puede guiar la toma de decisiones institucionales orientadas a la prevención y acompañamiento psicoeducativo. Además, la estructura flexible del modelo permite su adaptación a otros contextos o poblaciones, siempre que se ajusten los coeficientes de sensibilidad y las categorías de estresores, lo que representa un potencial para su validación cruzada y aplicación comparativa.

El modelo matemático propuesto en este estudio representa una contribución significativa a la comprensión y cuantificación de la carga emocional total en estudiantes universitarios, al integrar de manera sistemática variables psicológicas, académicas y sociales. A diferencia de enfoques exclusivamente cualitativos, este modelo permite traducir fenómenos subjetivos como la ansiedad y depresión en expresiones cuantificables, facilitando la identificación de patrones de riesgo y la comparación entre distintos grupos poblacionales. Su valor radica en la capacidad predictiva y analítica que ofrece para detectar con mayor precisión aquellos factores que ejercen mayor presión emocional en los estudiantes, permitiendo así diseñar intervenciones específicas y efectivas. Además, al considerar coeficientes de sensibilidad individualizados para factores ansiógenos y depresivos, el modelo proporciona una visión personalizada del estado emocional, lo cual es fundamental para la aplicación de estrategias preventivas en salud mental en el ámbito universitario. En conjunto, este enfoque no solo fortalece la investigación empírica en psicología educativa, sino también representa una herramienta útil para las instituciones de educación superior interesadas en implementar políticas basadas en evidencia para mejorar el bienestar emocional de sus estudiantes. En un contexto donde los niveles académicos están en aumento, este modelo ofrece una vía innovadora, objetiva y replicable para la gestión integral del estado psicoemocional estudiantil.

V. REFERENCIAS

- Avila, L., Díaz, D. L., Reyes, A., Monarrez, J., Garza, I., Velasco, P., Vázquez, S., Mauricio, A., Solís, J. A., & Martínez, M. L. (2022). Anxiety, depression, and academic stress among medical students during the COVID-19 pandemic. *Frontiers in Psychology, 13*, 1066673. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.1066673>
- Fang, Z., Zhao, M., Xu, T., Li, Y., Xie, H., Quan, P., Geng, H., & Zhang, R.-Y. (2024). Individuals with anxiety and depression use atypical decision strategies in an uncertain world. *eLife, 13*, RP93887. <https://doi.org/10.7554/eLife.93887>
- García, M. (2023). *Aplicación interactiva para la intervención y monitorización psicológica de síntomas de depresión y ansiedad en población adolescente* (Trabajo fin de grado interdisciplinar). Universidad Miguel Hernández. <http://dspace.umh.es/handle/11000/30231>
- Graham, E., Gariépy, G., & Orpana, H. (2023). System dynamics models of depression at the population level: A scoping review. *Health Research Policy and Systems, 21*(1), 50. <https://doi.org/10.1186/s12961-023-00995-7>
- Guerrero, G. C. (2017). *El estrés académico y su correlación con la ansiedad en estudiantes universitarios de la carrera de medicina de la ciudad de Ambato* [Tesis de grado]. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. <https://repositorio.puce.edu.ec/handle/123456789/7646>
- Hamm, A. (2020). Fear, anxiety, and their disorders from the perspective of psychophysiology. *Psychophysiology, 57*(2), e13474. <https://doi.org/10.1111/psyp.13474>
- Javaid, S. F., Hashim, I. J., Hashim, M. J., Stip, E., Samad, M. A., & Ahababi, A. A. (2023). Epidemiology of anxiety disorders: Global burden and sociodemographic associations. *Middle East Current Psychiatry, 30*(1), 44. <https://doi.org/10.1186/s43045-023-00315-3>
- Kandasamy, G., Almanasef, M., Almeleebia, T., Orayj, K., Shorog, E., Alshahrani, A. M., Khaled, A., Prabahar, K., Alqifari, S. F., Mani, V., Alsuheim, G. Y. A., Alahmari, W. M. D., Ahmed, R., & Paulsamy, P. (2025). Prevalence of anxiety and depression among university students in Southern Saudi Arabia based on a cross-sectional survey. *Scientific Reports, 15*(1), 15482. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-00695-y>

- Leiva, M., Indacochea, S., Cano, L. A., & Medina, M. (2022). Asociación entre ansiedad y depresión en estudiantes de medicina de la Universidad Ricardo Palma durante el año 2021. *Revista de la Facultad de Medicina Humana*, 22(4), 735–742. <https://doi.org/10.25176/rfmh.v22i4.4842>
- Li, W., Zhao, Z., Chen, D., Kwan, M.-P., & Tse, L. A. (2025). Association of health locus of control with anxiety and depression and mediating roles of health risk behaviors among college students. *Scientific Reports*, 15(1), 7565. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-91522-x>
- Luna, D., González, S., Acevedo, M., Figuerola, P., Lezana, Á., & Meneses, F. (2022). Relación entre empatía, asertividad, ansiedad y depresión en estudiantes mexicanos de enfermería. *Revista Española de Salud Pública*, 96, e202204017. https://scielo.isciii.es/scielo.php?pid=S1132-12962022000200017&script=sci_arttext
- Moscoso, D. R. B., Narváez, L. del C. V., Ortiz, L. F. A., Ramos, R. A., & González, E. M. V. (2021). Ansiedad y depresión en adolescentes. *Revista Boletín Redipe*, 10(2), Article 2. <https://doi.org/10.36260/rbr.v10i2.1205>
- Osorio, C. (2021). *Modelo relacional: Sentido de vida, optimismo y trascendencia y su vínculo con ansiedad o depresión en adolescentes y jóvenes* [Tesis]. Universidad Católica de Colombia. <https://repository.ucatolica.edu.co/entities/publication/3e282307-ced2-447a-b33a-6cccd42f62bc>
- Parra, P., Perugachi, A., Sánchez, J., Morales, J., Alemán, C., Chilito, V., Sánchez, V., & Rochina, M. (2022). What factors predispose to postpartum depression in Ecuadorian women? A cross-sectional analysis. *IOSR Journal of Humanities and Social Science*. <https://doi.org/10.9790/1959-1102062940>
- Sinval, J., Oliveira, P., Novais, F., Almeida, C. M., & Telles-Correia, D. (2025). Exploring the impact of depression, anxiety, stress, academic engagement, and dropout intention on medical students' academic performance: A prospective study. *Journal of Affective Disorders*, 368, 665–673. <https://doi.org/10.1016/j.jad.2024.09.116>

Impact of the cantonal risk management system on governance and natural risk reduction in Babahoyo, Ecuador

Carlos Fabián Ramírez^{1*}; Fabián Rivera²; Luis Villacís³; Gloria Iñiguez⁴

Abstract

This study analyzes the Cantonal Risk Management System (SCGR) as a tool for reducing natural risks in the Babahoyo canton (Ecuador) during the period January 2022–September 2023. A mixed-methods approach with qualitative emphasis was applied, combining field, documentary, and descriptive analyses to evaluate institutional actors, main hazards (floods and landslides), and the management model. The results reveal a low level of implementation of strategic actions, which limits effective risk management. The multi-hazard matrix and territorial analysis identified floods and landslides as the most relevant threats, mainly associated with geographic conditions and river overflow during the rainy season. Based on these findings, a governance-oriented management model is proposed to strengthen inter-institutional coordination and improve local capacity for risk reduction.

Keywords: Risk management, floods; landslides; risk reduction, inter-institutional coordination.

Impacto del sistema cantonal de gestión de riesgos en la gobernanza y la reducción de riesgos naturales en Babahoyo, Ecuador

Resumen

Este estudio analiza el Sistema Cantonal de Gestión de Riesgos (SCGR) como herramienta para la reducción de riesgos en el cantón Babahoyo durante el período enero 2022-septiembre 2023. A través de un enfoque de métodos mixtos con énfasis cualitativo, basado en estudios de campo, documentales y descriptivos, la investigación evaluó las instituciones involucradas, las principales amenazas naturales (inundaciones y deslizamientos) y el modelo de gestión empleado. La población estudiada incluyó entidades gubernamentales, ONGs, organizaciones civiles y miembros activos del sistema, utilizando un muestreo de conveniencia enfocado en los responsables de las Unidades de Gestión de Riesgos. Los resultados revelaron un bajo nivel de implementación de las acciones estratégicas, lo que conlleva importantes limitaciones para una gestión eficaz. Adicionalmente, la matriz de riesgo y el mapa multiamenaza identificaron a las inundaciones y deslizamientos como las amenazas más relevantes, influenciadas por la ubicación geográfica y el desbordamiento de los ríos durante el invierno. Como propuesta, se desarrolló un modelo de gestión para mejorar la coordinación interinstitucional y fortalecer la capacidad de respuesta ante los riesgos naturales.

Palabras clave: Gestión de riesgos, deslizamientos de tierras, inundaciones, reducción de riesgos, coordinación interinstitucional.

Recibido: 18 de noviembre 2025

Aceptado: 01 de abril 2026

¹ Universidad Estatal de Bolívar. Carrera de Ingeniería en Riesgos de Desastres; cramirez@ueb.edu.ec; <https://orcid.org/0009-0008-4576-9987>

² Universidad Estatal de Bolívar. Carrera de Agroindustrias; edgar.rivera@ueb.edu.ec; <https://orcid.org/0000-0002-2612-4760>

³ Universidad Estatal de Bolívar. Carrera de Ingeniería en Riesgos de Desastres; lhvillacis@ueb.edu.ec; <https://orcid.org/0000-0002-7062-4471>

⁴ Universidad Estatal de Bolívar. Carrera de Ingeniería en Riesgos de Desastres; giniguez@ueb.edu.ec; <https://orcid.org/0000-0002-7069-0620>

*Autor de correspondencia

I. INTRODUCTION

Hydro-meteorological hazards such as floods and landslides have become recurrent drivers of disaster risk in many Latin American cities. In Ecuador, the interaction between a complex hydrographic network, intense rainy seasons and accelerated land-use change generates repeated emergency situations that put severe pressure on local governments and communities. Under these conditions, risk management is no longer limited to emergency response; it demands robust local governance arrangements capable of anticipating, reducing and managing risks in an integrated way. (Biass et al., 2013; Gomez-Zapata et al., 2021), (Gavilánez et al., 2020), (Taco et al., 2023). Within this framework, the Sistema Cantonal de Gestión de Riesgos (SCGR) emerges as a crucial tool to mitigate and prevent risks at the municipal level, contributing to sustainable development and community safety.

The Babahoyo canton, located in the province of Los Ríos, faces a high level of exposure to floods and landslides due to the saturation of the Babahoyo River basin and its more than 1,400 tributaries. These threats, exacerbated during winter, have had significant impacts on the local population and infrastructure (Borbor-Cordova et al., 2020). However, despite the severity of these risks, the institutions comprising the SCGR have prioritized emergency response over

prevention and mitigation, reflecting an imbalance in risk management.

Among the main challenges facing the SCGR are limited budget allocation, lack of technological equipment, absence of prevention programs, and institutional disinterest (Ilbay-Yupa et al., 2021). These gaps have hindered the implementation of an integral and transversal system that ensures inter-institutional collaboration and effective coordination with the Sistema Nacional Descentralizado de Gestión de Riesgos (SNGRE). Transversality in risk management implies the coordinated participation of all stakeholders, from government institutions to civil society organizations, to comprehensively address existing threats.

In this context, the present study identifies the main natural threats, such as floods and landslides, across each area of Babahoyo canton, analyzes and diagnoses the current state of the SCGR, with the purpose of identifying key risks, as shown in Figure 1, and proposes a management model oriented towards risk prevention and mitigation. The importance of this work lies in offering practical tools and strategies aligned with the Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD), which assigns responsibilities to Gobiernos Autónomos Descentralizados (GADs) for disaster prevention, reaction, mitigation, and reconstruction.



Figure 1. Floods in the Babahoyo Canton

Furthermore, this study aims to strengthen inter-institutional coordination and promote the adoption of preventive measures to reduce the population's vulnerability. This approach not only addresses

current threats but also aspires to build a resilient society capable of facing future climatic and geological challenges.

Against this background, the research problem

addressed in this article can be formulated as follows: *to what extent does the Cantonal Risk Management System of Babahoyo effectively contribute to local governance and to the reduction of natural risks—particularly floods and landslides—during the period January 2022 to September 2023?* This problem is approached from an analytical perspective that combines risk governance, territorial planning and multi-hazard assessment, rather than from a merely technical-administrative description of the system.

To operationalise this problem, the study is guided by the following research questions:

1. What are the main natural hazards that affect the canton of Babahoyo, and how are they spatially distributed in the territory?
2. How is the SCGR structured and what level of implementation have its strategic actions achieved in the period 2022–2023?
3. What degree of inter-institutional articulation exists among the entities that comprise the SCGR, and how does this articulation influence risk governance?
4. Which critical areas and populations concentrate the highest levels of risk, and what factors explain their vulnerability?
5. What type of management model can strengthen governance and enhance the capacity of the SCGR to reduce natural risks in Babahoyo?

Accordingly, the general objective of the research is to analyse the impact of the Cantonal Risk Management System on governance and on the reduction of natural risks in the canton of Babahoyo between January 2022 and September 2023, and to propose a management model that strengthens inter-institutional coordination and territorial resilience. The specific objectives are to:

- Characterise the multi-hazard context of Babahoyo, with emphasis on floods and landslides, through the construction of a risk matrix and a multi-hazard map.
- Evaluate the institutional architecture of the SCGR, the degree of implementation of selected strategic actions and the existing capacities in key entities.
- Quantify and interpret the degree of inter-institutional articulation among the actors involved in risk management at the cantonal level.

- Identify and classify critical sites and vulnerable populations that require priority intervention.
- Design a governance-oriented management model that mainstreams risk management into cantonal planning and decision-making processes.

The original scientific contribution of this article lies in the development and application of an integrated analytical framework that combines: (i) an assessment of risk governance and inter-institutional articulation within the SCGR; (ii) a quantitative analysis of the effectiveness of strategic actions; and (iii) a detailed territorial diagnosis based on a multi-hazard risk matrix and the identification of 39 critical sites. This approach generates empirical evidence on how a cantonal risk management system functions in practice under a decentralised governance scheme and offers a replicable methodology for other medium-sized cities in the Ecuadorian coastal region and similar contexts.

Literature Review

The management of risks associated with floods and droughts has been extensively researched due to its global relevance in the context of climate change and accelerated urbanization. Reviewed studies address various aspects of this challenge, ranging from regional analyses to methodological developments for risk evaluation and mitigation. The analysis of extreme events associated with floods and droughts highlights how risk management faces limitations in addressing unprecedented events. For instance, (Kreibich et al., 2022) demonstrates that while risk management has globally reduced vulnerabilities, it encounters significant difficulties when dealing with unprecedented events, such as those exceeding the design levels of existing infrastructure. This finding is alarming given the projected increase in extreme hydrological events due to climate change. Similarly, (Jia et al., 2022) examines flood events in the Yangtze River basin in China, revealing that although management measures have improved considerably since 1998, significant challenges remain related to urbanization and climatic variability.

At a regional level, (Sofro et al., 2024) identifies high-risk drought areas in Indonesia using clustering methods such as k-means, enabling impact anticipation and mitigation strategy proposals. This methodological approach underscores the importance of combining

advanced analytical techniques with extreme climatic data. The implementation of hydrological models and technological tools has been a recurring focus in the literature. (O. N. Shazwani, T. Wardah, 2024) describes the use of HEC-HMS with rainfall data obtained from meteorological radars to model floods in Malaysia, highlighting the need to calibrate indirect data for improved accuracy. Similarly, (Kumar et al., 2022) uses the SWAT model to identify flood risk zones in Kerala, India, integrating climatic, topographic, and ecological factors. These studies underline the importance of integrated approaches for risk assessment and the design of resilient strategies.

In Mexico, (García-Martínez et al., 2024) applies statistical distributions to analyze extreme precipitation and generate IDF curves that inform the design of drainage infrastructure in high-risk areas. This study highlights an innovative approach by considering weighted variables to improve result representativeness. The literature emphasizes the need for preventive and proactive approaches in risk management. For example, (Yang & Liu, 2020) provides an exhaustive review of risk reduction strategies for floods and droughts, emphasizing the utility of emerging technologies such as artificial intelligence and the Internet of Things.

However, many studies, such as (Rana et al., 2021) and (Almoradie et al., 2020), indicate that risk management in countries like Pakistan and Ghana remains reactive, limiting its effectiveness. These studies recommend climate change adaptation strategies and community participation to strengthen resilience. On a more local scale, (Kreibich et al., 2022) reviews flood control policies in Pakistan, concluding that despite legislative advances, no significant reduction in damages associated with these events has been achieved. Similarly, (Shah et al., 2020) highlights the importance of understanding floodplain risk dynamics and proposes criteria for selecting appropriate measures based on the specific characteristics of each region.

Identifying factors that increase vulnerability is essential for designing effective strategies. (Tariq et al., 2020) uses the IPCC framework to evaluate climate risk in indigenous communities of the Eastern Himalayas, finding that factors such as lack of land tenure and limited employment opportunities exacerbate vulnerability. In Bangladesh, (Sandoval Erazo et al., 2022) analyzes rainfall variability during the dry season and its impact on non-rice crops, concluding that rice remains a less risky option for agricultural

intensification in coastal areas.

Although the reviewed studies offer valuable contributions, they present significant limitations. Most focus on regional or tool-specific approaches, lacking integrated perspectives that combine multiple risk factors and interdisciplinary approaches. Furthermore, many studies do not sufficiently consider the need to strengthen local capacities and governance structures to ensure the effective implementation of strategies (Maniruzzaman et al., 2024).

The present work addresses these gaps through the development of a holistic approach that integrates vulnerability analysis, and participatory mitigation strategies. By combining advanced tools with a deep contextual analysis, this study aims to provide more sustainable and adaptive solutions for managing flood and drought risks in vulnerable regions.

II. MATERIAL AND METHODS

The study was conducted in the canton of Babahoyo, province of Los Ríos, Ecuador. The canton is located in a low-lying floodplain characterised by the confluence of the Babahoyo River and a dense network of tributaries and drainage channels. Recurrent floods and local landslides affect both urban and rural parishes, particularly agricultural settlements located on riverbanks, embankments and unstable slopes. The analysis considered the entire cantonal territory, with special attention to the enclosures and neighbourhoods later identified as critical in the multi-hazard risk matrix.

A. Implementation Model

A descriptive and analytical study with a mixed-methods approach was adopted. Quantitative components were used to: (i) characterise the degree of inter-institutional articulation within the Cantonal Risk Management System (SCGR); (ii) build the multi-hazard risk matrix; and (iii) classify critical sites. Qualitative components were used to interpret the institutional dynamics of the SCGR, validate the strategic actions and understand the perceptions of key actors regarding governance and risk reduction. The period of analysis covers January 2022 to September 2023, which corresponds to the most recent complete hydrometeorological cycles and the implementation of the current cantonal planning instruments.

B. Action Plan

The action plan is developed in accordance with

SNGR guidelines, detailing specific objectives, goals, activities, required resources, responsible parties, and execution timelines. This approach allows for continuous monitoring and evaluation of the effectiveness of implemented actions, ensuring the progressive reduction of risks in the territory.

C. Mainstreaming Risk Management

The mainstreaming of risk management aims

to strengthen the national management system by optimizing planning, implementing preventive measures, and building resilience. This model proposes:

- Including risk management within territorial planning.
- Establishing a Risk Management Unit (UGR).
- Institutional coordination with communities and external stakeholders.

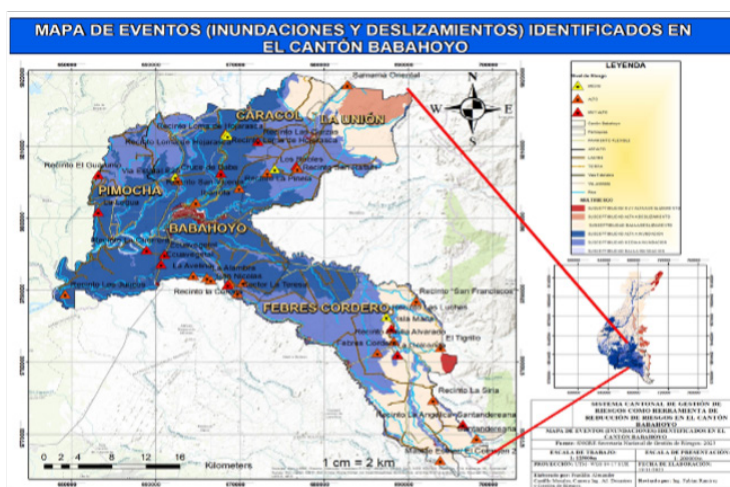


Figure 2. Map of flood and landslide events identified in the Babahoyo canton.

D. Structuring Risk Management Units

Risk Management Units (UGRs) are structured based on institutional needs, considering their mission, vision, and objectives. Regular evaluations are proposed to ensure relevance and adaptation to changing conditions. This approach is supported by Article 140 of the COOTAD, which mandates GADs to adopt technical norms for risk prevention and management.

E. Monitoring Hazardous Events

This unit is responsible for observing, recording, and analyzing hazardous events in the territory, alerting authorities and the population to potential threats. Using reliable information, it enables early warnings to protect communities.

F. Preparedness and Response

The preparedness and response unit plans and coordinates actions to protect lives, health, the environment, and property. This includes activating contingency plans, mobilizing resources, and restoring basic services during emergencies.

G. Risk Reduction

A detailed analysis of existing risks is proposed, prioritizing prevention and mitigation measures to reduce vulnerability. This approach includes:

- Prevention: Raising awareness and educating in disaster-prone areas.
- Mitigation: Implementing corrective measures to reduce the impact of threats.

H. Inter-Institutional Coordination

Tools such as Technical Working Groups (TWGs) are used to plan, execute, and evaluate actions. These groups address issues such as safe water, health, basic services, and humanitarian assistance.

I. Emergency Operations Committee (COE)

The COE, structured into five components (decision-making, technical implementation, operational support, information management, and infrastructure support), coordinates emergency responses, ensuring efficient and synchronized operations among stakeholders.

Semi-structured interview guides and a structured questionnaire were applied to representatives of the

institutions included in Table 1. The instruments collected information on: organisational structure, human and material resources, participation in the Emergency Operations Committee (COE), coordination mechanisms, implementation of strategic actions and perceived weaknesses and strengths of the SCGR.

- Validation: the guides and questionnaire were reviewed by three experts (two academics specialised in risk management and one technician from the national risk management service) to ensure content validity, clarity and relevance of the items. A pilot application with a small group of officials allowed minor wording adjustments before the full application.
- Application: interviews were conducted face to face or virtually, recorded with prior consent and transcribed for analysis. The questionnaire was applied using digital forms and, in some cases, printed formats, ensuring that each participating institution provided a single consolidated response.

III. RESULTS

The research results focus on three specific aspects to consolidate the proposal based on designing a

management model that mainstreams risk management within a Cantonal System. This system comprises the actors involved in the prevention, response, and recovery from adverse events. The key findings are as follows:

A. Current Situation of the SCGR

The research focuses on identifying the members of the SCGR and their roles in the territory when facing an adverse event. While guidelines established by the SNGRD exist, territorial realities vary depending on the context. This section evaluates the current circumstances related to the SCGR in Babahoyo, with a particular focus on the institutions that comprise it. Surveys were conducted with key administrators and members of the organizational structures of these entities.

This analysis captures perceptions, challenges, and strengths within the system, providing an informed foundation for introducing strategies and improvements. The evaluation represents a critical stage for optimizing the SCGR's capacities, enhancing its effectiveness in mitigating the inherent risks in Babahoyo. The entities identified to strengthen the proposal are presented in Table 1.

Table 1. Entities identified

Governing Body	Secretaria Nacional de Gestión de Riesgos (SNGR)
Cantonal GAD	Risk Management Unit (UGR) of Babahoyo Canton
	Grados de libertad (df)
Parish GADs	UGR of Febres Cordero Parish GAD
	UGR of La Unión Parish GAD
	UGR of Caracol Parish GAD
	UGR of Pimocha Parish GAD
Member Organizations	Fire Department
	Rights Protection Council or Ombudsman Office
	Health Sector
	Education Sector
	Economic and Social Inclusion
	Housing Sector
	National Police
	Strategic Sectors (CNEL)
	Red Cross
	Traffic Agency
Armed Forces	
Invited Members	International Cooperation in the Territory
	Provincial GAD of Los Ríos
	Babahoyo Technical University

B. Strategic Actions

Once the SCGR stakeholders were identified, two of the nineteen strategic actions were identified to determine their impact within the present research

topic; among them, Strategic Action 1 is carried out in order to evaluate the threats present in the territory as detailed in Table 2 below.

Table 2. Strategic Action 1

Indicators	Frequency	Percentage
0: Strategic action not executed	3	18.75%
1: Historical records of hazardous events in a database	6	37.5%
2: Threat reports with alphanumeric and geographic data	5	31.25%
3: Technical report on threats	1	6.25%
4: Specialized threat studies	0	0%
5: Specific threat studies linked to an IDE	1	6.25%
TOTAL	16	100%

Subsequently, Strategic Action 6 is detailed, whose main objective within the project is to institutionalize and regulate risk management, as shown in Table 3.

Table 3. Strategic Action 6

Indicators	Frequency	Percentage
0: Strategic action not executed	4	25%
1: Ordinance for establishing the Risk Management Unit or its equivalent	7	43.75%
2: POA for the operation of the Risk Management Unit or its equivalent	1	6.25%
3: Resolution/regulation establishing risk reduction policies	0	0%
4: Report on executed contracts for risk management, payment receipts	1	6.25%
5: Ordinance establishing the Cantonal System	3	18.75%
TOTAL	16	100%

Based on the documentary analysis and interviews, the strategic actions defined at national level were contrasted with the activities actually implemented in Babahoyo. From this process, the actions most directly related to governance strengthening and risk reduction were selected—specifically, Strategic Action 1 and Strategic Action 6. For each action, a catalogue of activities and responsible entities was elaborated. Implementation level was classified into three categories: “implemented”, “in progress” and “not initiated”.

For each strategic action, a **degree of implementation** was calculated as:

$$\text{Implementation (\%)} = \frac{\sum_{k=1}^m w_k a_k}{\sum_{k=1}^m w_k} \times 100$$

where a_k is the implementation status of activity k (1 = implemented; 0.5 = in progress; 0 = not initiated) and w_k is a weighting factor that reflects its relevance. The results are presented in Tables 2 and 3.

According to the findings, several entities have a moderate involvement in hazard assessment and documentation of historical events. This facilitates the implementation of specific measures related to risk management. Given that the responsibility for this competence is decentralized, more accountable entities, such as the municipal government, are required. This role is crucial when other institutions disengage from these responsibilities, considering that risk management is a cross-cutting initiative that requires rapid action in the face of adverse events.

The methodology focuses on analyzing the degree of articulation and relationships between the entities that make up the cantonal SCGR. This aspect is fundamental to identify suitable collaborators and facilitate the adoption of effective measures, promoting collaborative participation during an adverse event. The analysis shows favorable results, with 75.7% effectiveness according to a cross matrix of inter-institutional interrelationships as detailed in Table 4.

Table 4. Degrees of articulations and their effectiveness

Indicators	Frequency	Percentage
Low	6	1.57%
Medium	86	22.63%
High	288	75.78%
TOTAL	380	100%

The identification of hazards is shown in detail in Table 5, identifying 39 sites in the Babahoyo canton with their respective incidents and level of risk.

Table 5. Identification of enclosures and their hazards

N.	Location	Site	Incident	Risk Level
1	La Siria Road, La Providencia	La Siria Site	Undermining of the road.	HIGH
2	San Juan de Las Malvinas	San Juan Las Malvinas	Loss of a wall, damage to 2 houses, water intrusion into more than 6 houses.	HIGH
3	Drain - Las Malvinas	Las Malvinas Site	Damaged drain; partial weakening of an asphalt road.	HIGH
4	Febres Cordero Road - Mata de Cacao	Febres Cordero	Collapse of a drain and structural damage to the road.	HIGH
5	El Guarumo Site	El Guarumo Site	Flooding caused by the Pueblo Viejo River.	VERY HIGH
6	"San Francisco" Site	"San Francisco" Site	Loss of a protective wall.	HIGH
7	Las Luchas Site	Las Luchas Site	Loss of a protective wall.	MEDIUM
8	Section I - San Jacinto Entrance	Ecuavegetal	Damage to a 50-meter entrance at Ecuavegetal.	VERY HIGH
9	Section II - Jujan, near Eduardo Mill	Ecuavegetal	Damage to 25 meters near Eduardo Mill.	VERY HIGH
10	María Island	María Island	Water intrusion into houses, minor flooding in 9 houses in the area.	VERY HIGH
11	La Chorrera Stream	La Chorrera Site	Flooding affected houses, increasing the likelihood of further damage.	VERY HIGH
12	Protective Wall	Emilia Alvarado Site	Breakage of a protective wall, flooding, and water intrusion into several houses.	HIGH
13	Carriageable Wall	La Valdivia Site	Breakage of a carriageable wall due to rising levels of the Clementina River.	VERY HIGH
14	Section I, Vulnerable Housing	Loma de Hojarasca Site	Identified breakage of a protective wall.	HIGH
15	Section II Protective Wall	Loma de Hojarasca Site	Identified breakage of a protective wall.	MEDIUM
16	Section III Protective Wall	Loma de Hojarasca Site	Breakage of a protective wall with several weakened points identified.	MEDIUM
17	Flooded Road	Ibarrola Site	Flooded road sections, leaving approximately 10 families isolated.	HIGH
18	Canal without Flow	Las Garzas Site	Las Garzas Site is affected by a canal currently lacking protective walls.	VERY HIGH
19	Containment Wall and Flooded Roads	San Vicente Site	San Vicente Site is one of the most affected areas due to its location.	VERY HIGH
20	Road Collapse	La Pinela Site	Road section collapse, hindering mobility for residents of the area.	HIGH

21	Road Connecting Two Sites	La Angélica-Santandereana	Loss of passage between La Angélica and Santandereana Sites.	VERY HIGH
22	Drain Collapse	La Corona Site	Drain collapse due to heavy rainfall in the area.	HIGH
23	Road	Baba Crossing	Partial damage to a road section.	MEDIUM
24	Drain Collapse	State Road E25	Drain damage in the area caused by heavy winter rainfall.	HIGH
25	Cacharí Hill Road	Los Robles	Road sections under water.	MEDIUM
26	Jujan River	Los Juncos Site	Flooding of access roads, leaving several families isolated.	HIGH
27	Mata de Cacao Road	La Teresa Sector	Sinkhole on the asphalt road, near a drain.	HIGH
28	Chilintomo River	Los Álamos Site	Flooding due to the breakage of a protective wall.	VERY HIGH
29	Pita River	San Rafael Site	Overflow of the Pita River.	HIGH
30	Pueblo Viejo River	La Legua Site	Weakening of the protective wall and overflow of the Pueblo Viejo River.	VERY HIGH
31	Clementina River Overflow	La Puntilla Site	Overflow of the river.	VERY HIGH
32	Drain Collapse	Matilde Esther/El Comején 2	Increased water flow in the area due to heavy rainfall.	HIGH
33	Protective Wall Collapse and Erosion	La Golconda	Erosion of natural protective walls caused by Las Juntas River.	VERY HIGH
34	Protective Wall Collapse	La Avelina Site	Erosion and collapse of protective walls.	HIGH
35	Erosion of Protective Walls	Samama Oriental	Damage due to progressive erosion of protective walls.	HIGH
36	Chilintomo River Overflow	La Alambra Site	Damage, loss, and erosion of a protective wall, leaving approximately 50 families exposed.	HIGH
37	Chilintomo River Overflow	San Nicolás Site	Partial erosion of protective walls, leaving at least 19 families exposed.	HIGH
38	Landslide	El Tigrillo Site	Heavy rainfall caused landslides on certain slopes.	HIGH
39	Landslide	Santandereana Site	Heavy rainfall caused partial road landslides.	HIGH

Inter-institutional articulation within the SCGR was analysed using a relational matrix in which each cell A_{ij} represents the existence of a coordination link between institutions i and j . A link was considered present when institutions: (i) jointly participated in the COE; (ii) co-implemented prevention or response activities; or (iii) shared formal cooperation agreements or protocols.

From this matrix, the global articulation index was calculated as:

$$\text{Articulation (\%)} = \frac{L_{\text{obs}}}{L_{\text{max}}} \times 100$$

where L_{obs} is the number of observed links and $L_{\text{max}} = n(n-1)/2$ is the maximum possible number of links for n institutions. This index, which in Babahoyo reached **75.78** %, quantifies how dense and interconnected the SCGR network is. Degrees of articulation and their qualitative interpretation are summarised in Table 4, and Figure 3 shows the resulting inter-institutional network

The geographic context reveals that the area in question is characterized by a greater susceptibility to risks, which is mapped in Fig 2, mainly associated with flooding phenomena, which negatively affect essential services, contribute to the collapse of retaining structures, displace affected households and aggravate river overflows and increased water flows. These conditions underscore the need to strengthen the capacities of risk management institutions, involving both direct and indirect entities.

In addition, most of the documented incidents occur in areas classified as high risk, especially near rivers and tributaries. The lack of risk awareness among families

and communities increases the severity of impacts, mainly affecting those who depend on agricultural activities.

C. Axes of the model

The management framework emphasizes inter-institutional collaboration to improve interrelationships and facilitate effective responses to adverse events. This approach aims to strengthen coordination among the entities involved, promoting integrated and timely actions that minimize risks and strengthen the resilience of the cantonal system. This framework is characterized by the orientation presented in Table 6.

Table 6. Risk management model axes

Mainstreaming Risk Management in Babahoyo		
Creation of the Risk Management Unit	Inclusion of risk management within territorial planning	Institutional articulation with communities and external actors

This proposal focuses on the organizational configuration of the Cantonal Government, which contemplates the integration of Risk Management as an advisory entity with a cross-cutting perspective. This approach seeks to ensure the effective incorporation of Risk Management in all areas of competence, thus contributing to a more comprehensive and coordinated management of risks in the Canton's governmental sphere.

These results indicate that the SCGR is still at an **incipient stage** in terms of systematic hazard assessment. Although there is a minimum information base on past events, very few institutions produce detailed analyses or integrate geospatial information in a way that supports territorial planning and decision-making. From a governance perspective, this limits the capacity to prioritise interventions and to design preventive measures beyond emergency response.

Regarding Strategic Action 6 (Table 3), 25 % of entities report that the action has not been executed, whereas 43.75 % have an ordinance to establish a Risk

Management Unit or its equivalent. However, only 6.25 % have a specific annual operating plan (POA) for the UGR, and another 6.25 % report contracts or executed investments in risk management. No entity reports the existence of formal resolutions or regulations that establish risk reduction policies, and only 18.75 % mention an ordinance formally creating the Cantonal System.

D. Articulation and capacity building

The articulation and strengthening of capacities in risk management aim to integrate social, institutional, and community actors to efficiently address emergencies. The first step is to promote coordination spaces with key stakeholders, such as Community Coordination Networks, to align objectives, define roles, and foster inclusive participation in planning and decision-making. This creates cohesion among involved parties, enabling quick and effective responses to risk situations.

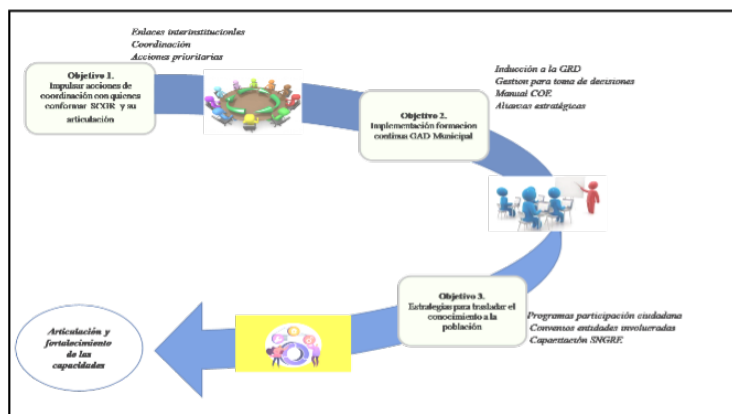


Figure 3. Interinstitutional Articulation

Institutional strengthening focuses on the continuous training of municipal GADs, equipping them with technical tools to assess risks, manage emergencies, and plan resiliently. This training includes practical workshops, drills, and the use of advanced technologies, ensuring that local authorities have the capacity to implement preventive measures and lead effective responses.

Quantitative data from questionnaires and matrices were processed using spreadsheets and statistical software. Descriptive statistics (frequencies, percentages and cross-tabulations) were employed to characterise institutional capacities, implementation of actions and levels of articulation. The relational matrix was analysed using basic network measures (density and degree) and visualised as a graph to highlight key actors and coordination gaps.

Qualitative information from interviews and field observations was subjected to thematic content analysis, coding responses into categories related to governance, coordination mechanisms, perceived risks and challenges. The convergence between quantitative indicators and qualitative narratives was used to interpret the functioning of the SCGR and to support the design of the management model.

Finally, processes of shared responsibility with the population are established, actively involving them in risk management through awareness campaigns, training community leaders, and promoting a culture of prevention. This enables communities to take a proactive role in risk mitigation, reducing the impact of disasters and ensuring sustainable collaboration with local institutions.

IV. DISCUSSION

The results obtained in Babahoyo confirm that the effectiveness of local risk management systems cannot be explained solely by the presence or absence of formal institutions. Rather, it depends on the interaction between institutional capacities, the density and quality of inter-institutional relationships and the way in which these arrangements are translated into concrete actions in the territory. In this sense, the configuration of the Cantonal Risk Management System (SCGR) in Babahoyo reflects trends reported in other Latin American and Global South contexts, where decentralisation has formally assigned responsibilities to local governments, but institutionalisation and operational capacity remain uneven across territories.

The analysis of Strategic Actions 1 and 6 illustrates this “implementation gap”. On the one hand, Babahoyo has created Risk Management Units (UGR) and has incorporated the topic into certain municipal structures, which aligns with national regulations and with the emphasis on local governance promoted by international frameworks. On the other hand, the low proportion of entities that produce detailed hazard assessments or maintain specific operating plans and budgets for risk management shows that these advances are still fragile. Similar patterns have been reported in other medium-size cities, where risk management is often subordinated to short-term political cycles and is treated as a cross-cutting issue without clear instruments, dedicated staff or stable funding. In Babahoyo, this situation limits the capacity of the SCGR to move from a reactive approach, centred on emergency response, to one that prioritises prospective and corrective risk reduction.

The high global inter-institutional articulation index (75.78 %) provides an interesting counterpoint. At first sight, this value suggests a relatively robust governance network, with frequent coordination among key actors, especially around the Emergency Operations Committee (COE) and response operations. However, a more detailed examination reveals asymmetries within the network: some institutions maintain strong and recurrent links, while others—particularly those related to social sectors, community organisations or certain parish governments—occupy more peripheral positions. This configuration is consistent with the idea of “response-centred governance”, where coordination is activated primarily during emergencies and is dominated by actors with operational resources (fire brigades, police, municipal services), whereas prevention, land-use regulation and social participation are less institutionalised. The Babahoyo case thus confirms that a dense network is not necessarily synonymous with effective risk reduction if its operation is not aligned with long-term planning and equity criteria.

From the territorial perspective, the identification of 39 critical sites with high and very high multi-hazard risk reinforces the argument that risk is socially and spatially produced, rather than merely given by natural conditions. Many of the sites correspond to riverbanks with long-standing problems of bank erosion, failure of protection works and occupation of flood-prone zones, as well as hillsides with inadequate drainage or road embankments exposed to instability. The recurrence of damage and the cumulative deterioration of infrastructure indicate that structural measures have been partial, palliative or poorly maintained. This pattern has also been documented in other floodplains and low-lying agricultural areas, where productive pressures and housing demands lead to settlement in high-risk zones in the absence of effective land-use control and viable relocation alternatives. The Babahoyo findings therefore support the need to integrate multi-hazard risk criteria into cantonal development and land-use plans, rather than limiting interventions to post-event reconstruction.

The convergence between institutional and spatial analyses is particularly relevant. The concentration of very high-risk sites along river corridors and in rural enclosures with limited access to services coincides with weaker institutional presence and fewer formal

coordination mechanisms at the local level. This suggests that current governance arrangements are more effective in the urban core and in highly visible infrastructures than in dispersed or marginalised rural communities, which tend to accumulate greater vulnerability. From a governance perspective, this underscores the importance of strengthening parish GADs, community organisations and sectoral agencies that operate in these territories, as well as of creating mechanisms for their effective participation in planning and decision-making spaces.

V. CONCLUSION

This study analysed the impact of the Cantonal Risk Management System (SCGR) on governance and the reduction of natural risks—especially floods and landslides—in Babahoyo canton between January 2022 and September 2023. The findings show that the existence of a formal risk management structure is a necessary but not sufficient condition to ensure effective risk reduction at the territorial level.

First, the research confirms that Babahoyo has a broad institutional base for risk management, which includes national agencies, the municipal and parish governments, sectoral entities and support organisations. This configuration responds to the decentralisation framework established in Ecuador and provides a potentially favourable ground for risk governance. However, the analysis of Strategic Actions 1 and 6 reveals that institutionalisation is partial and uneven: although several Risk Management Units have been formally created, only a small group of entities develop detailed hazard assessments, specific operating plans or budgetary instruments dedicated to risk management. As a result, the SCGR still operates predominantly under a reactive logic, with emphasis on emergency response rather than on prospective and corrective risk reduction.

Second, the inter-institutional articulation index of 75.78 % indicates a relatively dense coordination network, particularly around the Emergency Operations Committee and response operations. Nonetheless, the presence of medium and low articulation links and the asymmetric positioning of some actors show that the network is not homogeneous. Coordination is strongest among institutions directly linked to emergency response and urban services, while it is weaker with community organisations, certain parish governments

and social sectors. This pattern suggests a form of response-centred governance, in which interaction intensifies during emergencies but is less consolidated in planning, prevention and long-term territorial management.

Third, the multi-hazard analysis identified 39 critical sites with high and very high levels of flood- and landslide-related risk. These sites are mainly concentrated along riverbanks and in areas with unstable slopes or deficient drainage. The recurrence of damage—such as erosion and collapse of protective structures, flooding of dwellings and agricultural land, and periodic road failures—indicates that existing interventions have been insufficient, fragmented or weakly maintained. Risk is thus reproduced over time through the interaction between hazardous conditions, exposure of infrastructure and settlements in inappropriate locations, and socio-economic vulnerability of rural and peri-urban communities.

Fourth, the convergence between institutional and territorial analyses indicates that the areas with the highest accumulated risk tend to coincide with territories where institutional presence and inter-institutional coordination are weaker. This finding suggests that current governance arrangements are more effective in the urban core and in highly visible infrastructures than in dispersed rural communities and smaller settlements. Addressing this imbalance requires strengthening parish-level governance, promoting community participation and improving the integration of risk criteria into local development and land-use plans.

Fifth, based on these results, the article proposes a management model for Babahoyo organised around four axes: (i) institutional strengthening and normative consolidation of the SCGR; (ii) prospective and corrective risk reduction, including structural and non-structural measures; (iii) preparedness and response, with improved early warning and operational coordination; and (iv) citizen participation and community resilience. The model's contribution lies in articulating improvements in institutional architecture and inter-institutional relationships with the prioritisation of interventions in the most critical sites identified by the multi-hazard matrix, thereby operationalising the principles of the Sendai Framework at the cantonal scale.

From a practical standpoint, the study highlights

several policy implications: (i) the need to consolidate risk management as a sustained municipal function, with specific ordinances, operating plans and budget lines; (ii) the importance of strengthening technical capacities for hazard assessment and geospatial analysis to support risk-sensitive territorial planning; (iii) the urgency of designing and implementing integrated intervention programmes in the 39 critical sites, combining infrastructure works, land-use regulation and community preparedness; and (iv) the relevance of promoting mechanisms that ensure the effective participation of rural and peri-urban communities in planning and decision-making processes.

VI. CONCLUSION

Almoradie, A., de Brito, M. M., Evers, M., Bossa, A., Lumor, M., Norman, C., Yacouba, Y., & Hounkpe, J. (2020). Current flood risk management practices in Ghana: Gaps and opportunities for improving resilience. *Journal of Flood Risk Management*, 13(4). <https://doi.org/10.1111/jfr3.12664>

Biass, S., Frischknecht, C., & Bonadonna, C. (2013). A fast GIS-based risk assessment for tephra fallout: The example of Cotopaxi volcano, Ecuador: Part II: Vulnerability and risk assessment. *Natural Hazards*, 65(1). <https://doi.org/10.1007/s11069-012-0457-1>

Borbor-Cordova, M. J., Ger, G., Valdiviezo-Ajila, A. A., Arias-Hidalgo, M., Matamoros, D., Nolivis, I., Menoscal-Aldas, G., Valle, F., Pezzoli, A., & Cornejo-Rodríguez, M. D. P. (2020). An operational framework for urban vulnerability to floods in the guayas estuary region: The duran case study. *Sustainability (Switzerland)*, 12(24). <https://doi.org/10.3390/su122410292>

García-Martínez, M., Cruz-Castro, O., Osornio-Berthet, L. J., & Meléndez-Estrada, J. (2024). Precipitation Study in Flood Zones: San Mateo Atenco, State of Mexico, Mexico Case Study. *International Journal of Environmental Science and Development*, 15(1). <https://doi.org/10.18178/ijesd.2024.15.1.1462>

Gavilánez, M. V., Bonilla, W. P., Castro, A. S., Rivera, M. G., González, C. G., Mendoza, F. V., & Bayas-Morejón, F. (2020). The post-disaster psychological impact after a seismic threat in the urban area of the

- canton jama in the Province of Manabi, Ecuador. *Disaster Advances*, 13(2).
- Gomez-Zapata, J. C., Parrado, C., Frimberger, T., Barragán-Ochoa, F., Brill, F., Büche, K., Krautblatter, M., Langbein, M., Pittore, M., Rosero-Velásquez, H., Schoepfer, E., Spahn, H., & Zapata-Tapia, C. (2021). Community perception and communication of volcanic risk from the cotopaxi volcano in Latacunga, Ecuador. *Sustainability (Switzerland)*, 13(4). <https://doi.org/10.3390/su13041714>
- Ilbay-Yupa, M., Ilbay, F., Zubieta, R., García-Mora, M., & Chasi, P. (2021). Impacts of climate change on the precipitation and streamflow regimes in equatorial regions: Guayas river basin. *Water (Switzerland)*, 13(21). <https://doi.org/10.3390/w13213138>
- Jia, H., Chen, F., Pan, D., Du, E., Wang, L., Wang, N., & Yang, A. (2022). Flood risk management in the Yangtze River basin —Comparison of 1998 and 2020 events. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 68. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2021.102724>
- Kreibich, H., Van Loon, A. F., Schröter, K., Ward, P. J., Mazzoleni, M., Sairam, N., Abeshu, G. W., Agafo-nova, S., AghaKouchak, A., Aksoy, H., Alvarez-Garretton, C., Aznar, B., Balkhi, L., Barendrecht, M. H., Biancamaria, S., Bos-Burgering, L., Bradley, C., Budi-yono, Y., Buytaert, W., ... Di Baldassarre, G. (2022). The challenge of unprecedented floods and droughts in risk management. *Nature*, 608(7921). <https://doi.org/10.1038/s41586-022-04917-5>
- Kumar, M. D., Tandon, S., Bassi, N., Mohanty, P. K., Kumar, S., & Mohandas, M. (2022). A framework for risk-based assessment of urban floods in coastal cities. *Natural Hazards*, 110(3). <https://doi.org/10.1007/s11069-021-05024-w>
- Maniruzzaman, M., Mainuddin, M., Bell, R. W., Biswas, J. C., Hossain, M. B., Yesmin, M. S., Kundu, P. K., Mostafizur, A. B. M., Paul, P. L. C., Sarker, K. K., & Yu, Y. (2024). Dry season rainfall variability is a major risk factor for cropping intensification in coastal Bangladesh. *Farming System*, 2(2). <https://doi.org/10.1016/j.farsys.2024.100084>
- O. N. Shazwani, T. Wardah, & C. K. N. (2024). Integrated Flood Modeling for Klang River Basin Using HEC-HMS and Radar Rainfall Input. *International Journal of Environmental Science and Development*, 15(4), 176–184. <https://doi.org/10.18178/ijesd.2024.15.4.1483>
- Rana, I. A., Asim, M., Aslam, A. B., & Jamshed, A. (2021). Disaster management cycle and its application for flood risk reduction in urban areas of Pakistan. *Urban Climate*, 38. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2021.100893>
- Sandoval Erazo, W., Toulkeridis, T., Aguilar Ponce, A., Chiriboga, S. E., & Salazar, E. (2022). Risk and Vulnerability Analysis of Flood Hazards in the Colón Parrish, Western Ecuador Based on HEC-RAS Numerical Simulation. *Lecture Notes in Electrical Engineering*, 932 LNEE. https://doi.org/10.1007/978-3-031-08288-7_16
- Shah, S. M. H., Mustaffa, Z., Teo, F. Y., Imam, M. A. H., Yusof, K. W., & Al-Qadami, E. H. H. (2020). A review of the flood hazard and risk management in the South Asian Region, particularly Pakistan. *In Scientific African* (Vol. 10). <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2020.e00651>
- Sofro, A., Auliya, E. R., Khikmah, K. N., Ariyanto, D., Romadhonia, R. W., & Ombao, H. (2024). Clustering Provinces with Drought Risk Based on Daily Maximum Temperature. *International Journal of Environmental Science and Development*, 15(02). <https://doi.org/10.18178/ijesd.2024.15.2.1470>
- Taco, L. V., Chimbo, C. R., Carrasco, G. M., & Tacuri, M. T. (2023). Geomatics application and ground analysis for the determination of unstable areas in Cuchicahua's hill in the Chillanes region, Bolívar province. *Bionatura*, 8(4). <https://doi.org/10.21931/RB/2023.08.04.9>
- Tariq, M. A. U. R., Farooq, R., & van de Giesen, N. (2020). A critical review of flood risk management and the selection of suitable measures. *In Applied Sciences (Switzerland)* (Vol. 10, Issue 23). <https://doi.org/10.3390/app10238752>

- Thong, P., Thangjam, U., Sahoo, U. K., Pascalau, R., Prus, P., & Smuleac, L. (2023). Climate-Induced Risk Assessment of Rural and Urban Agroforestry Managers of Aizawl District, Northeast India. *Agriculture (Switzerland)*, 13(10). <https://doi.org/10.3390/agriculture13102013>
- Yang, T. H., & Liu, W. C. (2020). A general overview of the risk-reduction strategies for floods and droughts. *Sustainability (Switzerland)*, 12(7). <https://doi.org/10.3390/su12072687>

Análisis multivariante de comunidades planctónicas con relación a variables ambientales en sistemas piscícolas amazónicas ecuatorianas

Leo Rodríguez Badillo^{1*}; Mayra Alejandra Espinosa Chico²;
Kelly Katherine Rivera Freire³; Daniel Israel Cisneros Silva⁴

Resumen

La acuicultura artesanal es una actividad económica en crecimiento en la Amazonía ecuatoriana, pero su impacto en ecosistemas acuáticos sigue siendo poco conocido. Este estudio caracterizó las comunidades de fitoplancton y zooplancton en cuatro organizaciones piscícolas para evaluar dicho impacto. Se realizaron cinco muestreos en tres puntos por organización: captación, estanque de producción y cuerpo receptor. Se midieron parámetros fisicoquímicos (Temperatura, pH, OD y fosfatos) y se recolectó plancton para su identificación y recuento. Se aplicaron Análisis de Componentes Principales (ACP) y de Correspondencia Canónica (ACC) para relacionar variables ambientales y biológicas. Además, se calcularon los Índices de Estado Trófico (IET) de Carlson y de Diversidad de Shannon-Weaver (H'). Los resultados mostraron una mayor abundancia de individuos en estanques (28,53 individuos/mL), siendo *Navicula* el género dominante. Las mayores diversidades se registraron en La Delicia ($H'=2,15$) y Pitumsisa ($H'=2,05$). El ACC reveló correlaciones positivas entre temperatura y abundancia de organismos totales y géneros como *Navicula* y *Scenedesmus* y entre fosfatos y *Cyclotella*. Se observaron correlaciones negativas entre pH y *Prorocentrum* y *Pinnularia* y entre OD y *Volvox* y *Anabaena*. Se concluye que la piscicultura influye en la estructura de las comunidades bióticas y la calidad del agua, ameritando un manejo sostenible.

Palabras clave: Plancton, acuicultura, calidad del agua, Shannon-Weaver, Amazonía, eutrofización.

Multivariate analysis of planktonic communities in relation to environmental variables in Ecuadorian Amazonian fish farming systems

Abstract

Artisanal aquaculture is a growing economic activity in the Ecuadorian Amazon, but its impact on aquatic ecosystems remains insufficiently understood. This study characterized the phytoplankton and zooplankton communities in four fish farms to evaluate this impact. Five sampling events were conducted at three points per farm: water intake, production pond, and receiving water body. Physicochemical parameters (Temperature, pH, DO, and phosphates) were measured, and plankton was collected for identification and enumeration. Principal Component Analysis (PCA) and Canonical Correspondence Analysis (CCA) were applied to relate environmental and biological variables. Additionally, Carlson's Trophic State Index (TSI) and the Shannon-Weaver Diversity Index (H') were calculated. The results showed a higher abundance of individuals in the ponds (28.53 individuals/mL), with *Navicula* being the dominant genus. The highest diversity values were recorded in La Delicia ($H'=2.15$) and Pitumsisa ($H'=2.05$). The CCA revealed positive correlations between temperature and the abundance of total organisms and genera such as *Navicula* and *Scenedesmus*, and between phosphates and *Cyclotella*. Negative correlations were observed between pH and *Prorocentrum* and *Pinnularia*, and between DO and *Volvox* and *Anabaena*. It is concluded that fish farming influences the structure of biotic communities and water quality, warranting sustainable management.

Palabras clave: Plankton, aquaculture, water quality, Shannon-Weaver, Amazon, eutrophication.

Recibido: 15 de octubre 2025

Aceptado: 01 de abril 2026

¹ Universidad Estatal Amazónica, Departamento de Ciencias de la Vida, Puyo, Pastaza, Ecuador; lrodriguez@uea.edu.ec; <https://orcid.org/0009-0007-4301-7944>

² Universidad Estatal Amazónica, Departamento de Ciencias de la Vida, Puyo, Pastaza, Ecuador; mespinosa@uea.edu.ec; <https://orcid.org/0009-0007-5288-8936>

³ Universidad Estatal Amazónica, Departamento de Ciencias de la Vida, Puyo, Pastaza, Ecuador; kelly63rivera@gmail.com

⁴ Universidad Estatal Amazónica, Departamento de Ciencias de la Vida, Puyo, Pastaza, Ecuador; danisrael-90@hotmail.com

*Autor de correspondencia

I. INTRODUCCIÓN

La acuicultura es uno de los sectores de producción de alimentos de más rápido crecimiento a nivel mundial, y la acuicultura rural a pequeña escala representa una fuente significativa de proteínas e ingresos para las comunidades de los países en desarrollo (FAO, 2020). En América Latina, países como Ecuador, Brasil y Chile han experimentado un crecimiento acelerado en este sector, contribuyendo significativamente a las economías regionales (FAO, 2024). En la Amazonía ecuatoriana, la piscicultura artesanal, particularmente el cultivo de tilapia (*Oreochromis spp.*), se ha expandido debido a las condiciones ambientales favorables y la alta demanda del mercado (Burgos-Morán & Altamirano-Cantos, 2023)

Sin embargo, la acuicultura puede generar impactos ambientales negativos, incluida la degradación de la calidad del agua, la eutrofización y la pérdida de biodiversidad, debido a la descarga de efluentes ricos en nutrientes y a las toxinas que producen cientos de organismos fitoplanctónicos (Almeida et al., 2025; C. E. Boyd, 2020; Luna et al., 2017). El uso de fertilizantes orgánicos e inorgánicos para mejorar la productividad natural en los estanques puede conducir a la sobresaturación de nutrientes, promoviendo florecimientos algales y el agotamiento del oxígeno (C. Boyd, 2018). Las comunidades de plancton, que comprenden fitoplancton y zooplancton, son fundamentales para las redes tróficas acuáticas y sirven como bioindicadores de la salud del ecosistema (Enawgaw & Wagaw, 2023). Los cambios en su composición y abundancia pueden reflejar alteraciones en la calidad del agua debido a actividades antropogénicas (Tekebayeva et al., 2024).

Los estudios sobre la dinámica del plancton en sistemas de acuicultura en la región amazónica son escasos (Jenkins et al., 2025). La mayoría de las investigaciones se han centrado en operaciones a gran escala, descuidando los sistemas de pequeños productores que pueden tener interacciones ambientales diferentes (Flores-Gómez et al., 2024). Comprender la relación entre los parámetros fisicoquímicos y las comunidades de plancton en estos sistemas es crucial para desarrollar prácticas de manejo sostenible (Tekebayeva et al., 2024).

Este estudio tuvo como objetivo: (1) caracterizar las comunidades de fitoplancton y zooplancton en sistemas de piscicultura artesanal en las cabeceras del río Bobonaza; (2) evaluar la calidad fisicoquímica del agua en puntos de captación, estanque y receptor; y (3) analizar la interrelación entre las poblaciones de plancton y los parámetros fisicoquímicos desde una perspectiva ambiental.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Área de Estudio

El estudio se realizó en la comunidad "Cabeceras del Bobonaza" (Parroquia Veracruz, Provincia de Pastaza, Ecuador) y zonas aledañas, situadas todas cerca del curso alto del río Bobonaza, afluente del Pastaza. Se seleccionaron cuatro organizaciones piscícolas: La Delicia, Orquídeas de Manduro, Pitumsisa y Rancho Verde. El área se caracteriza por un clima subtropical húmedo, con una temperatura media anual de 20,6°C y una precipitación superior a 4200 mm (Fick & Hijmans, 2017). La topografía es plana a medianamente ondulada, con suelos clasificados como Inceptisoles, ácidos y con alto contenido de aluminio (GADPR-Veracruz, 2020).

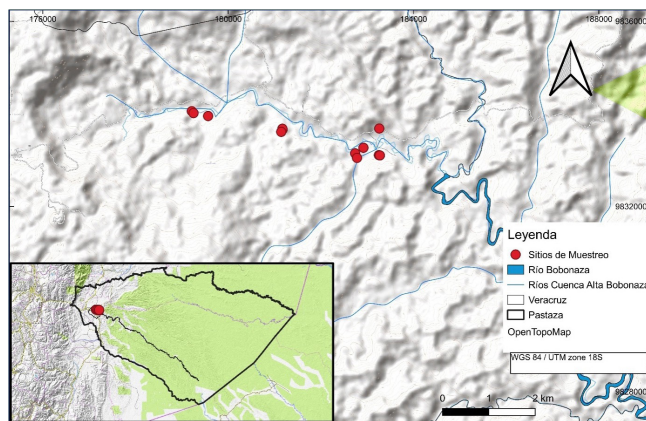


Figura 1. Área de estudio y sitios de muestreo

2.2. Fundamentación Teórica y Diseño de Muestreo

El diseño de muestreo se fundamenta en el principio de que las comunidades bióticas, como el plancton, integran los efectos de las condiciones ambientales a lo largo del tiempo, siendo por tanto bioindicadores efectivos de la calidad del agua (Karr, 1981; Wetzel, 2001). Para capturar la variabilidad espacial dentro de cada sistema productivo, se estableció un diseño de muestreo con réplicas en el espacio (tres puntos por organización: captación, estanque y receptor), reconociendo que cada uno representa un hábitat con presiones ecológicas distintas (C. E. Boyd, 2020). Las cinco campañas de muestreo con intervalos de 15 días permitieron obtener una visión robusta de las condiciones medias, minimizando la variabilidad temporal aguda y alineándose con criterios limnológicos que privilegian la frecuencia para capturar tendencias en sistemas dinámicos (Roldán Pérez & Ramírez Restrepo, 2008).

2.3. Análisis Físicoquímico y de Plancton: Métodos y Sustentación

Se realizaron mediciones *in situ* de temperatura, pH, CE, OD y turbidez con sondas multiparamétrica, para asegurar la caracterización instantánea y no destructiva del medio y evitar alteraciones de las muestras (APHA & WEF, 2017). Adicionalmente se midió la turbiedad mediante profundidad de disco Secchi, por su relación con la biomasa fitoplanctónica (Carlson, 1977; Fernandez et al., 2022).

Se realizaron capturas de plancton con red de 32 μm , acorde con lo recomendado por Bicudo & Menezes (2006) para la retención de una amplia gama de organismos planctónicos de tamaño nano y microplancton. Se realizaron arrastres horizontales a profundidad Secchi para muestrear en la zona eufótica donde la productividad es máxima. La identificación y conteo se realizó mediante cámara de Neubauer y estereomicroscopio, como método estándar establecido para estudios cuantitativos de plancton, permitiendo la obtención de datos de abundancia (Individuos/mL) para el cálculo de índices ecológicos (Sun & Liu, 2003).

El análisis de nutrientes (P-PO₄) se realizó por espectrofotometría, método colorimétrico de alta precisión y exactitud recomendado para el monitoreo de aguas naturales y residuales (APHA & WEF, 2017).

2.4. Análisis Estadístico

Se calcularon estadísticas descriptivas para todas las variables. El índice de diversidad de Shannon-Weaver (H') se calculó para cada punto de muestreo. Para explorar las relaciones entre las variables físicoquímicas y la abundancia de plancton se aplicó los siguientes análisis:

- **Análisis de Componentes Principales (PCA):** Se realizó un PCA utilizando el software R (v4.3.0) con el paquete Vegan para visualizar y explorar la importancia de las variables ambientales (temperatura, pH, CE, OD, P-PO₄) y las más explicativas. Además, se analizó la abundancia de los géneros de plancton más relevantes en todos los sitios de muestreo. El PCA es una técnica multivariada poderosa que reduce la dimensionalidad de los datos, permitiendo identificar los gradientes ambientales principales que explican la distribución de las especies (Legendre & Legendre, 2012). Los datos fueron previamente estandarizados (media=0, desviación estándar=1) para evitar sesgos por las diferentes unidades de medida. Se complementó con un análisis de correlación de Pearson para parámetros individuales.
- **Análisis de Correspondencia Canónica (CCA):** Se lo realizó utilizando el software R (v4.3.0) con los paquetes Vegan, FactoMiner y Factoextra. para visualizar y explorar las asociaciones entre las variables ambientales (temperatura, pH, CE, OD, P-PO₄) y la abundancia de los géneros de plancton más relevantes en todos los sitios de muestreo. El CCA es una técnica estadística multivariante que analiza la relación entre dos conjuntos de variables: un conjunto de variables respuesta (Y) y un conjunto de variables explicativas (X). Es especialmente útil para datos ecológicos y ambientales (Navarro, 2016). Los datos fueron previamente estandarizados (media=0, desviación estándar=1) para evitar sesgos por las diferentes unidades de medida.
- **Aproximación al Índice del Estado Trófico (IET) de Carlson:** Para proporcionar una evaluación integrada y estandarizada del estado trófico de sitios de captación, estanques y receptores, se calculó

una aproximación al IET (Fósforo Total): $60 + (14.42 * \ln(PT))$; donde PT = Fósforo Total (mg/m³). Se utilizaron los valores de P-PO₄ (mg/L) como aproximación, convirtiéndolos a mg/m³ (x1000) para el cálculo, siguiendo la metodología propuesta por Carlson (1977) y aplicada en estudios de evaluación trófica (Pinto-Coelho et al., 2021). (Secchi): $60 - (14.41 * \ln(SD))$; donde SD = Profundidad Secchi (m). El índice también incluye IET (Clorofila-a): $60 + (14.42 * \ln(Chl-a))$, pero es un dato faltante en este estudio. El IET final para cada sitio se consideró como el promedio de los subíndices calculables (IET(SD) e IET(PT)). La clasificación del estado trófico se realizó de acuerdo con Carlson (1977): < 40 Oligotrófico; 40-50 Mesotrófico; 50-70 Eutrófico; > 70 Hipereutrófico (Tanjung et al., 2024).

III. RESULTADOS

3.1. Parámetros Físicoquímicos

Los valores promedio de los parámetros físicoquímicos se resumen en la Tabla 1. La temperatura fue significativamente mayor ($p < 0,05$) en los estanques (26,21°C) en comparación con los puntos de captación (23,7°C) y receptor (24,48°C). El pH más alto se registró en los receptores (7,48), mientras que el más bajo fue en el punto de captación de Rancho Verde (6,03). La conductividad eléctrica fue más alta en La Delicia (88,00 µS/cm) y en los estanques (69,64 µS/cm). El oxígeno disuelto fue significativamente mayor ($p < 0,05$) en los puntos de captación (8,09 mg/L) y receptor (8,00 mg/L) que en los estanques (5,35 mg/L). Las concentraciones de fosfatos (P-PO₄) oscilaron entre 0,13 y 0,39 mg/L, sin diferencias significativas entre sitios. Estos niveles de fosfatos son indicativos de condiciones mesotróficas a eutróficas (Carlson, 1977; Pavluk & bij de Vaate, 2017)

Tabla 1. Valores promedio de los parámetros físicoquímicos por punto de muestreo y organización

Parámetro	Valores por punto de muestreo			Valores por Organización			
	Captación	Estanque	Receptor	La Delicia	Orquídeas de Manduro	Pitumsisa	Rancho Verde
	Prom s± Sig	Prom s± Sig	Prom s± Sig	Prom s± Sig	Prom s± Sig	Prom s± Sig	Prom s± Sig
Temp. (°C)	23.70 0.80 a	26.21 1.00 b	24.48 1.10 a	24.00 1.40 a	24.30 1.30 a	25.30 1.80 a	25.50 1.30 a
pH	6.94 0.70 a	6.92 0.30 a	7.48 0.10 b	7.44 0.50 a	6.99 0.50 a	07.09 0.20 a	6.95 0.70 a
C.E. (µS/cm)	44.64 31.10 a	69.64 28.30 b	58.28 3.80 ab	88.00 29.20 a	33.72 23.20 b	50.14 17.60 b	58.22 18.00 ab
O.D. (mg/L)	08.09 0.70 a	5.35 1.70 b	8.00 0.10 a	07.01 2.80 a	7.00 2.20 a	7.00 1.40 a	7.59 0.40 a
P-PO ₄ (mg/L)	0.22 0.10 a	0.21 0.10 a	0.20 0.04 a	0.21 0.08 a	0.25 0.12 a	0.17 0.06 a	0.21 0.02 a

Prom: Promedio

s±: Desviación estándar

Sig: Rangos de significación de acuerdo a diferencias significativas ($p < 0.05$, prueba de Tukey)

3.2. Abundancia y Diversidad del Plancton

Se identificaron un total de 13 géneros (Tabla 2). La abundancia total de individuos fue significativamente mayor ($p < 0,05$) en los estanques (28,53 ind./mL) y en Rancho Verde (25,25 ind./mL). El género *Navicula* (diatomea) fue el más abundante, seguido de *Prorocentrum* (dinoflagelado), *Paramecium* (ciliado) y

Cyclotella (diatomea).

El índice de Shannon-Weaver (H') indicó una mayor diversidad en los estanques de producción, con La Delicia (H'=2,15) y Pitumsisa (H'=2,05) mostrando los valores más altos. Los puntos de captación y receptor generalmente mostraron una diversidad más baja (H' < 2,0).

Tabla 2. Abundancia promedio (Individuos/mL) de los géneros más relevantes y valores del Índice de Shannon-Weaver (H').

Género / Índice	Captación	Estanque	Receptor	La Delicia	Orquídeas de Manduro	Pitumsisa	Rancho Verde
<i>Navicula</i>	2,41 ± 2,5	5,77 ± 4,4	1,84 ± 0,7	1,03 ± 1,0	3,47 ± 3,2	2,38 ± 1,1	6,48 ± 5,0
<i>Prorocentrum</i>	3,00 ± 1,5	4,77 ± 1,8	2,02 ± 1,4	1,80 ± 1,1	4,04 ± 1,5	3,64 ± 2,2	3,58 ± 2,1
<i>Paramecium</i>	2,13 ± 1,2	2,54 ± 1,4	0,48 ± 0,4	1,87 ± 1,2	0,92 ± 1,0	1,54 ± 1,6	2,54 ± 1,4
<i>Cyclotella</i>	1,96 ± 1,6	2,55 ± 1,8	0,56 ± 0,1	2,03 ± 2,2	1,48 ± 2,0	1,17 ± 1,3	2,08 ± 1,5
Abundancia Total	11,95 ± 8,5	28,53 ± 13,6	7,75 ± 3,5	9,54 ± 5,5	16,35 ± 9,6	13,17 ± 9,8	25,25 ± 20,4
H' (Shannon)	1,51 ± 0,5	1,99 ± 0,2	1,74 ± 0,1	1,67 ± 0,6	1,69 ± 0,1	1,74 ± 0,3	1,90 ± 0,2

*Nota: Los valores representan media ± desviación estándar.

Los valores de abundancia total y H' se calculan a partir de todos los géneros identificados.

3.3. Análisis de Componentes Principales

En el análisis de componentes principales (PCA) de la abundancia de géneros planctónicos muestra que los estanques de todos los sitios de muestreo son ideales

para la reproducción del Fitoplancton y Zooplancton, ya que presentan una alta abundancia total y una alta riqueza de especies.

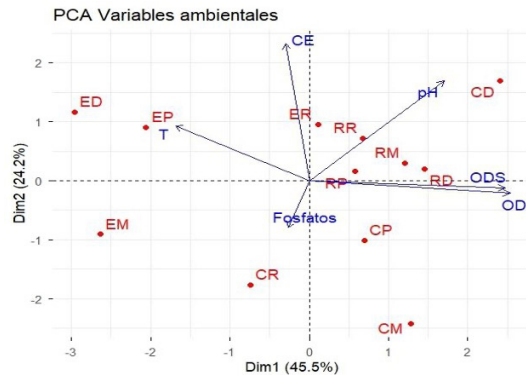


Figura 2. Análisis de componentes principales (PCA) de las variables ambientales por sitio de muestreo
Nota: En color rojo los sitios de muestreo: ED = Estanque La Delicia, EP=Estanque Pitumsisa, ER=Estanque RanchoVerde, EM=Estanque Orquídeas de Manduro, CD = Captación La Delicia, CP=Captación Pitumsisa, CR=Captación RanchoVerde, CM=Captación Orquídeas de Manduro, RD = Receptor La Delicia, RP=Receptor Pitumsisa, RR=Receptor RanchoVerde, RM=Receptor Orquídeas de Manduro. Las flechas azules representan las variables ambientales

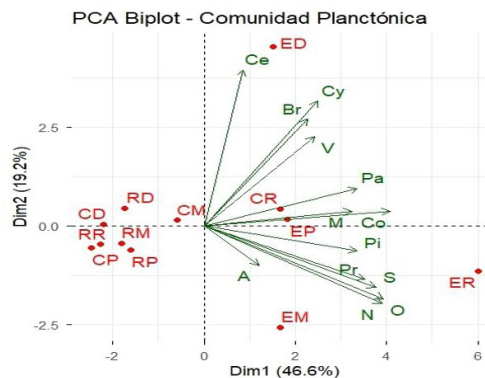


Figura 3. Análisis de componentes principales (PCA) de la abundancia de géneros planctónicos por sitio de muestreo
Nota: En color verde las especies cuyo detalle es V= *Volvox* A=*Anabaena*, N=*Navicula*, S=*Scenedesmus*, Pr=*Prorocentrum*, O=*Oscillatoria*, Pa=*Paramecium*, M=*Monhystera*, Cy=*Cyclotella*, Co=*Cosmarium*, Pi=*Pinnularia*, Ce=*Ceratium*, Br=*Brachionus*. En color rojo los sitios de muestreo: ED = Estanque La Delicia, EP=Estanque Pitumsisa, ER=Estanque RanchoVerde, EM=Estanque Orquídeas de Manduro, CD = Captación La Delicia, CP=Captación Pitumsisa, CR=Captación RanchoVerde, CM=Captación Orquídeas de Manduro, RD = Receptor La Delicia, RP=Receptor Pitumsisa, RR=Receptor RanchoVerde, RM=Receptor Orquídeas de Manduro

El Análisis de Componentes Principales para comunidad planctónica y sitios de muestreo (Figura 3) explicó el 67.8% de la varianza total en los dos primeros ejes (PC1: 46.6%, PC2: 19.2%). Los géneros que más contribuyeron al DIM 1 fueron *Cosmarium* (13.2%), *Oscillatoria* (12.3%) y *Navicula* (12.1%). También se observa una correlación positiva con *Scenedesmus*, *Prorocentrum*, *Paramecium*, *Monhystera* asociado al estanque de Rancho Verde, que aporta con el 49.7% a este componente. En el DIM 2, los estanques de la Delicia (68.7%) y Orquídeas de Manduro (21.9%) son los que más aportan al componente y se asocian a la presencia de *Cyclotella* y *Volvox*.

El Análisis de Componentes Principales de las variables ambientales (Figura 2) revela una estructura de dos dimensiones principales que explican el 69.78% de la varianza total (Dimensión 1: 45.54%, Dimensión

2: 24.24%). Los estanques de La Delicia (ED) y de Orquídeas de Manduro (EM) tienen contribuciones y representaciones muy altas en la Dimensión 1 ($ctr=26.6$ y 21.2 ; $\cos^2=0.59$ y 0.81), mientras que las captaciones de Orquídeas de Manduro (CM) y Rancho Verde (CR) destacan en la Dimensión 2 ($ctr=33.6$ y 17.8). Las variables OD ($\cos^2=0.95$ y 0.91) correlacionan fuertemente con la Dimensión 1, y CE ($\cos^2=0.80$) con la Dimensión 2. La Dimensión 3 (16.21%) está dominada por Fosfatos ($\cos^2=0.88$). La Temperatura (T) juega un papel crucial, oponiéndose a otras variables. En el Dim.1 están variables como OD (Oxígeno Disuelto) lo que se podría interpretar como un contraste de condiciones de aguas más frías y oxigenadas en el lado negativo, frente a aguas más cálidas en el lado positivo.

3.4. Análisis de Correspondencia Canónica (CCA)

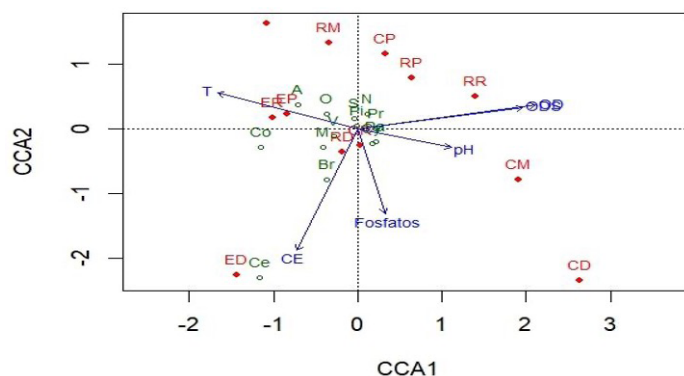


Figura 4. Análisis de CCA entre variables ambientales (independientes) y abundancia de especies (respuesta)
Nota: En color rojo los sitios de muestreo. Las flechas azules representan las variables ambientales y en color verde las especies cuyo detalle es V=Volvox A=Anabaena, N=Navicula, S=Scenedesmus, Pr=Prorocentrum, O=Oscillatoria, Pa=Paramecium, M= Monhystera, Cy=Cyclotella, Co=Cosmarium, Pi=Pinnularia, Ce=Ceratium, Br=Brachionus.

El análisis de correspondencia canónica (Figura 3) muestra que el 49,9% de la varianza de los datos de comunidad de especies de fitoplancton y zooplancton está explicada por las variables ambientales, lo cual representa una correlación bastante fuerte tratándose de datos ecológicos. Sin embargo, no se evidenció una incidencia significativa de las variables ambientales sobre la presencia de especies (Chi-cuadrado = 0.27; F = 0.4946; p = 0.987). En el gráfico se muestra la presencia de especies concentradas en el centro del cuadrante a excepción de *Ceratium* que se encuentra principalmente en el estanque de La Delicia en la cual incide fuertemente la Conductividad Eléctrica. La temperatura podría incidir sobre la abundancia

de *Anabaena*, *Oscillatoria* y *Cosmarium* que son más abundantes en los estanques de Pitumsisa, Rancho Verde y Orquídeas de Manduro. La temperatura se correlacionó de manera positiva con la abundancia de la mayoría de los géneros planctónicos (*Anabaena*, *Cosmarium*, *Scenedesmus*, *Monhyster*, *Oscillatoria*, *Volvox*), y negativamente correlacionado con el oxígeno disuelto (OD). Este eje separó claramente la mayoría de las muestras de estanques (lado derecho del gráfico) de las muestras de captación y receptor (lado izquierdo). Esto confirma que los estanques son ambientes más cálidos, con menor OD y mayor abundancia planctónica. El PC2 estuvo positivamente correlacionado con el pH y la conductividad eléctrica (CE), y negativamente con los

fosfatos (P-PO₄) y el género *Cyclotella*. Este eje ayudó a diferenciar algunas organizaciones entre sí.

3.5. Estado Trófico (IET de Carlson)

El cálculo del Índice del Estado Trófico de Carlson, basado en la profundidad Secchi y los fosfatos, reveló una condición predominante Eutrófica en los estanques de producción, con un valor promedio de IET de 59,5. Los puntos de captación mostraron una condición Mesotrófica (IET promedio = 47,3), mientras que los cuerpos receptores presentaron una condición de transición Mesotrófica-Eutrófica (IET promedio = 52,7). La organización Rancho Verde presentó el estado trófico más avanzado, con su estanque clasificado como Eutrófico.

3.6. Relaciones individuales entre Variables

El análisis de correlación de Pearson reveló relaciones significativas ($p < 0,05$) entre los parámetros fisicoquímicos y géneros planctónicos específicos. Estos hallazgos son consistentes con los patrones visualizados en el análisis de PCA (Figura 2).

- Temperatura mostró correlaciones positivas con los organismos totales ($r=0,717$), *Navicula* ($r=0,587^*$), *Scenedesmus* ($r=0,700$), *Prorocentrum* ($r=0,636^*$), *Oscillatoria* ($r=0,739$), *Cosmarium* ($r=0,740$) y *Volvox* ($r=0,558^*$).
- pH se correlacionó negativamente con *Prorocentrum* ($r=-0,506^*$) y *Pinnularia* ($r=-0,569^*$).
- Oxígeno Disuelto se correlacionó negativamente con *Volvox* ($r=-0,676$) y *Anabaena* ($r=-0,781$).
- Fosfatos (P-PO₄) se correlacionaron positivamente con *Cyclotella* ($r=0,603^*$).

IV. DISCUSIÓN

La clara segregación de los estanques en el PCA versus los sitios de captación y el cuerpo receptor (Figura 2) valida el fundamento teórico inicial: estos sistemas operan como ecosistemas intensificados. La correlación negativa entre OD y abundancia planctónica en el PC1 refleja el consumo de oxígeno por la respiración comunitaria y la descomposición de la biomasa orgánica generada in situ, un principio central de la metabolización de la energía en sistemas acuáticos (Sharma et al., 2016). Los estanques, al

ser sistemas semicerrados con recambio limitado, acumulan nutrientes (como lo sugiere el IET eutrófico), lo que, unido a la mayor temperatura, conduce a una productividad primaria elevada (representada por la abundancia de fitoplancton), que a su vez conduce a una mayor respiración y consumo de OD, confirmando el vínculo teórico entre nutrientes, productividad y metabolismo del ecosistema (Hahn, C.M., Grajales, Q., Toro, D. & Henao, 2007)

El estado trófico Eutrófico determinado por el IET de Carlson proporciona una clasificación cuantitativa y estandarizada que sustenta las observaciones ecológicas y confirma que el enriquecimiento de nutrientes en los estanques es suficiente para impulsar una alta productividad, situando a estos sistemas en una condición de riesgo donde los florecimientos algales y la hipoxia son probables (C. E. Boyd, 2020; Carlson, 1977). El hecho que los receptores muestren una condición meso-eutrófica indica un impacto discernible del efluente de la piscicultura, diluido, pero no neutralizado por el cuerpo receptor.

La mayor temperatura del agua en los estanques es consistente con su naturaleza léntica, poca profundidad y exposición a la radiación solar, lo que favorece el calentamiento (Welch, 1952; Wetzel, 2001). Esta temperatura elevada favorece las tasas metabólicas y reproductivas de muchos organismos planctónicos, lo que explica las correlaciones positivas encontradas con varios géneros (Roldán Pérez & Ramírez Restrepo, 2008; Zohary et al., 2021). Los valores de pH en los receptores, ligeramente básicos, probablemente estén influenciados por las características geológicas de los suelos de la cuenca, ricos en arcilla y caliza (GADPV, 2015; DINARA, 2010). El pH es un factor que usualmente es un factor determinante de la dinámica comunitaria de fitoplancton (Kozak et al., 2020). La correlación negativa entre el pH y *Prorocentrum* y *Pinnularia* se alinea con la preferencia de estos géneros por aguas ligeramente ácidas, según lo reportado por Junta de Andalucía (2010) y Jiménez (1983).

Las bajas concentraciones de oxígeno disuelto en los estanques son un fenómeno común en sistemas de acuicultura, resultado de la alta respiración de la comunidad, la descomposición de materia orgánica (alimento no consumido, heces) y la demanda de oxígeno de los peces en alta densidad (Boyd, 1998; Massol, 2002). La fuerte correlación negativa entre el OD y los géneros *Volvox* y *Anabaena* confirma su

asociación con ambientes eutróficos donde se produce el agotamiento de oxígeno debido a la descomposición bacteriana (Baird, 2001; Goldman & Horne, 1983). *Anabaena*, una cianobacteria, incluso puede fijar nitrógeno atmosférico en condiciones de bajo oxígeno, lo que le da una ventaja competitiva en tales ambientes (Paerl, 1982).

La correlación positiva entre los fosfatos y la diatomea *Cyclotella* es ecológicamente coherente (Xu et al., 2010). Las diatomeas a menudo dominan en aguas enriquecidas con fósforo debido a su alta eficiencia en la absorción de nutrientes y sus rápidas tasas de crecimiento (D'Angelo & Wiedenmann, 2014) Los niveles de fosfatos registrados (0,13-0,39 mg/L P-PO₄) respaldan condiciones productivas, pero también indican un riesgo de eutrofización si los efluentes no se manejan adecuadamente (Conci et al., 2024). El fitoplancton incrementa su abundancia en presencia de fosfatos, sin embargo, la falta de fosfatos no se ha demostrado que limite realmente la producción Fito planctónica (Xu et al., 2010)

La mayor abundancia y diversidad de plancton en los estanques, particularmente en Rancho Verde, puede atribuirse al enriquecimiento de nutrientes por las prácticas de manejo (posible fertilización, alimentación) y el limitado recambio de agua, lo que crea un ambiente propicio para el crecimiento del plancton (Jahan y Singh 2023). lo que se corrobora con los valores eutróficos del IET de Carlson y su posición en el PCA (Figura 2). La menor diversidad en los cuerpos receptores, aunque no severamente impactados, sugiere un efecto de dilución y posiblemente un inicio de impacto por la descarga de efluentes de los estanques. El dominio de géneros tolerantes como *Navicula* y *Prorocentrum* respalda aún más la influencia del enriquecimiento orgánico (Hahn, C.M., Grajales, Q., Toro, D. & Henao, 2007; Moreira & García Padilla, 2010; Stoecker et al., 1997) y que estos géneros se ven favorecidos por la eutrofización de las aguas ((Nieva et al., 2019; Sahraoui et al., 2013)

Nuestros hallazgos sobre la estructura de las comunidades planctónicas y su respuesta a los nutrientes son consistentes con estudios en otros sistemas de acuicultura tropical. Por ejemplo, investigaciones en estanques piscícolas brasileños también encontraron un dominio de diatomeas y cianobacterias vinculado a aportes de nutrientes, con una diversidad que disminuye con el aumento de la eutrofización (Bicudo & Menezes, 2006). En cuanto a la incidencia de los factores físico-

químicos en la comunidad plantónica, el estudio muestra un comportamiento similar al presentado en Saragih y Erizka en 2018 en la cual también se observó una correlación débil del pH, temperatura, oxígeno disuelto, turbidez entre otros con la abundancia de fitoplancton en general (Saragih & Erizka, 2018). El uso del índice de Shannon en nuestro estudio es estándar, pero incorporar índices de diversidad funcional (p. ej., basados en rasgos como tamaño, motilidad, grupo trófico) podría proporcionar información más profunda sobre cómo se altera el funcionamiento del ecosistema por las prácticas acuícolas (Litchman et al., 2015)

V. CONCLUSIONES

1. Los sistemas de piscicultura artesanal en las cabeceras del Bobonaza modifican la calidad fisicoquímica del agua, evidente en el aumento de la temperatura, la alteración del pH, la mayor conductividad y los niveles más bajos de oxígeno disuelto en los estanques de producción en comparación con las fuentes de agua y los cuerpos receptores.
2. Las comunidades de plancton responden a estos cambios ambientales, mostrando mayor abundancia y diversidad en los estanques. Los géneros *Navicula*, *Prorocentrum*, *Paramecium* y *Cyclotella* fueron los más abundantes y mostraron correlaciones significativas con las variables fisicoquímicas.
3. La temperatura fue el factor que más influyó positivamente en la abundancia de la mayoría de los géneros de plancton. El oxígeno disuelto mostró una relación negativa con géneros indicadores de ambientes eutróficos (*Volvox*, *Anabaena*). Los fosfatos promovieron el crecimiento de diatomeas como *Cyclotella*.
4. La aplicación del Índice del Estado Trófico de Carlson clasificó a los estanques como Eutróficos, confirmando cuantitativamente el enriquecimiento de nutrientes, mientras que el análisis multivariado (PCA) demostró visualmente la fuerte asociación entre las condiciones de los estanques (alta temperatura, baja oxigenación) y la abundancia de la comunidad planctónica.
5. Aunque los cuerpos receptores no mostraron una eutrofización extrema, la diversidad planctónica reducida y las tendencias

fisicoquímicas indican la necesidad de implementar medidas de mitigación para prevenir impactos acumulativos a largo plazo.

Recomendaciones

1. Prácticas de Manejo: Implementar lagunas de sedimentación o humedales artificiales para el tratamiento del efluente antes de su descarga en los cuerpos de agua naturales. Optimizar las estrategias de alimentación para reducir los desechos.
1. Investigación Futura: Se recomienda medir la clorofila-a en futuros monitoreos para completar el cálculo del IET de Carlson y obtener una evaluación trófica más precisa, Ampliar el estudio para incluir variaciones estacionales (épocas seca y lluviosa) y emplear técnicas moleculares (como secuenciación de ADN) para una identificación más precisa de la comunidad planctónica, incluidas especies no visibles.
1. Bioindicación: Desarrollar un índice biótico de integridad (IBI) planctónico específico para evaluar la calidad del agua en sistemas acuícolas amazónicos, incorporando métricas como el porcentaje de cianobacterias, índices de diatomeas y la relación entre la biomasa de zooplancton y fitoplancton.

Agradecimientos

Los autores agradecen a las organizaciones piscícolas de Cabeceras del Bobonaza por su colaboración y acceso a sus instalaciones.

VI. REFERENCIAS

Almeida, É. C., Jacinavicius, F. R., Passos, L. S., Médice, R. V., Marques, L. G., Crnkovic, C. M., Marinho, M. M., de Carvalho Gomes, L., & Pinto, E. (2025). Phytoplankton composition and metabolomic profiles in aquaculture systems: A case study in Brazil's natural lakes. *Aquaculture*, 599, 742135. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2025.742135>

APHA, A., & WEF. (2017). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (23a ed.). American Public Health Association; American Water Works Association; Water Environment Federation. <https://openlibrary.org/books/OL32493189M>

Bicudo, C., & Menezes, M. (2006). *Gêneros de Algas de Águas Continentais do Brasil: chave para identificação e descrições* (2a ed.). RiMa. https://www.researchgate.net/publication/272563598_Generos_de_Algas_de_Aguas_Continentais_do_Brasil_chave_para_identificacao_e_descricoes

Boyd, C. (2018). Aquaculture pond fertilization. *CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources*, 13. <https://doi.org/10.1079/PAVSNNR201813002>

Boyd, C. E. (2020). *Water Quality: An Introduction* (3a ed.). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-23335-8>

Burgos-Morán, R. E., & Altamirano-Cantos, C. (2023). Caracterización de la piscicultura amazónica ecuatoriana, un panorama de su desarrollo y perspectivas. *AquaTechnica Revista Iberoamericana de Acuicultura*, 5(3), 182–206. <https://doi.org/10.33936/at.v5i3.5161>

Carlson, R. E. (1977). A trophic state index for lakes. *Limnology and Oceanography*, 22(2), 361–369. <https://doi.org/10.4319/lo.1977.22.2.0361>

Conci, E., Civit, B. M., & Becker, A. R. (2024). Impacto Ambiental del Fósforo en Sistemas Acuáticos Regionales. *AJEA, AJEA* 37. <https://doi.org/10.33414/ajea.1694.2024>

D'Angelo, C., & Wiedenmann, J. (2014). Impacts of nutrient enrichment on coral reefs: New perspectives and implications for coastal management and reef survival. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 7, 82–93. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2013.11.029>

Enawgaw, Y., & Wagaw, S. (2023). Phytoplankton communities and environmental variables as indicators of ecosystem productivity in a shallow tropical lake. *Journal of Freshwater Ecology*, 38(1). <https://doi.org/10.1080/02705060.2023.2216244>

FAO. (2020). *The State of World Fisheries and Aquaculture 2020: Sustainability in Action*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

<https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/170b89c1-7946-4f4d-914a-fc56e54769de/content>

FAO. (2024). El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2024. En *El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2024*. FAO. <https://doi.org/10.4060/cdo683es>

Fernandez, D., Muñoz, L., & Coronel, E. F. (2022). Profundidad de disco de secchi y su relación con la turbidez y clorofila “A” en el embalse San Jacinto, Tarija, Bolivia. *Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales. Investigación, desarrollo y práctica*, 15(2), 957. <https://doi.org/10.22201/iingen.0718378xe.2022.15.2.80136>

Fick, S. E., & Hijmans, R. J. (2017). *WorldClim 2: new 1km spatial resolution climate surfaces for global land areas*. *International Journal of Climatology* 37 (12): 4302-4315.

Flores-Gómez, V. S., Quispe, C. V., Ordoño, D. A., Costa, A. B. da, & Lobo, E. A. (2024). Phytoplankton in lake water quality assessment: a review of scientific literature based on bibliometric and network techniques. En *Acta Limnologica Brasiliensia* (Vol. 36). Brazilian Limnology Association. <https://doi.org/10.1590/S2179-975X0924>

GADPR-Veracruz. (2020). *Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia Veracruz*. https://veracruz.gob.ec/wp-content/uploads/2021/09/PDOT_VERACRUZ_GG-OFICIAL.pdf

Hahn, C.M., Grajales, Q., Toro, D. & Henao, A. (2007). Producción limnológica en estanques para el levante de larvas y postlarvas de especies icticas nativas y foraneas. Caldas, Colombia. *Ingeniería en producción acuícola*, 2(1909–8138).

Jahan, S., & Singh, A. (2023). The Role of Phytoplanktons in the Environment and in Human Life, a Review. *BASRA JOURNAL OF SCIENCE*, 41, 392–411. <https://doi.org/10.29072/basjs.20230212>

Jenkins, C., Athayde, S., Beveridge, C., Correa, S.,

Espinoza, J., Heilpern, S., Herrera-R, G., Victoria Lacy, L., Olivas, P., Oliveira, A., Piland, N., Utsunomiya, R., & Anderson, E. (2025). Global importance of Amazonian freshwaters. *Frontiers in Ecology and the Environment*. <https://doi.org/10.1002/fee.2868>

Karr, J. (1981). Assessment of Biotic Integrity Using Fish Communities. *Fisheries*, 6, 21–27. [https://doi.org/10.1577/1548-8446\(1981\)006%3C0021:A0BIUF%3E2.O.CO;2](https://doi.org/10.1577/1548-8446(1981)006%3C0021:A0BIUF%3E2.O.CO;2)

Kozak, A., Budzyńska, A., Dondajewska-Pielka, R., Kowalczevska-Madura, K., & Goldyn, R. (2020). Functional groups of phytoplankton and their relationship with environmental factors in the restored uzarzewskie lake. *Water (Switzerland)*, 12(2). <https://doi.org/10.3390/w12020313>

Litchman, E., de Tezanos Pinto, P., Klausmeier, C. A., Thomas, M. K., & Yoshiyama, K. (2015). Trait-based community ecology of phytoplankton. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 46, 615–639. <https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-110411-160251>

Luna, R. O., Palomino, A., Días, A. H., Ángel, J., Larios, H., & Godínez, D. E. (2017). Un enfoque sustentable al cultivo de tilapia |. *Acta Universitaria Multidisciplinary Scientific Journal*, 27(5), 19–25. <https://doi.org/doi:10.15174/au.2017.1231>

Moreira, J., & García Padilla, D. (2010). *Atlas de organismos planctónicos en los humedales de Andalucía* (Consejería de Medio Ambiente., Ed.). Junta de Andalucía.

Navarro, A. (2016). *Multivariate Statistical Methods A Primer* (4a ed.). Chapman and Hall/CRC. <https://doi.org/https://doi.org/10.1201/9781315382135>

Nieva, Á. M., Seeligmann, C. T., & Maidana, N. I. (2019). Diatomeas perifíticas de un río de montaña (Tucumán, Argentina). *Lilloa*. <https://doi.org/10.30550/j.lil/2019.56.1/5>

Pavluk, T., & bij de Vaate, A. (2017). Trophic Index and Efficiency. En B. Fath (Ed.), *Encyclopedia of Ecology (Second Edition)* (Second Edition, pp.

- 495–502). Elsevier. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.00608-4>
- Roldán Pérez, G., & Ramírez Restrepo, J. J. (2008). *Fundamentos de limnología neotropical* (2a ed.). Editorial Universidad de Antioquia; Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. <https://repositorio.accefyn.org.co/entities/publication/9724561e-4f80-432b-ab36-46d8af8ddd4a>
- Sahraoui, I., Bouchouicha, D., Mabrouk, H. H., & Hlaili, A. S. (2013). Driving factors of the potentially toxic and harmful species of *Prorocentrum Ehrenberg* in a semi-enclosed Mediterranean lagoon (Tunisia, SW Mediterranean). *Mediterranean Marine Science*, 14(2). <https://doi.org/10.12681/mms.338>
- Saragih, G. M., & Erizka, W. (2018). Keanekaragaman Fitoplankton Sebagai Indikator Kualitas Air Danau Sipin Di Kota Jambi. *Jurnal Daur Lingkungan*, 1(1). <https://doi.org/10.33087/daurling.vii.1.5>
- Sharma, R. C., Singh, N., & Chauhan, A. (2016). The influence of physico-chemical parameters on phytoplankton distribution in a head water stream of Garhwal Himalayas: A case study. *Egyptian Journal of Aquatic Research*, 42(1), 11–21. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ejar.2015.11.004>
- Stoecker, D. K., Li, A., Coats, D. W., Gustafson, D. E., & Nannen, M. K. (1997). Mixotrophy in the dinoflagellate *Prorocentrum minimum*. *Marine Ecology Progress Series*, 152(1–3). <https://doi.org/10.3354/meps152001>
- Sun, J., & Liu, D. (2003). Geometric models for calculating cell biovolume and surface area for phytoplankton. *Journal of Plankton Research*, 25(11), 1331–1346. <https://doi.org/https://doi.org/10.1093/plankt/fbg096>
- Tanjung, R. H. R., Indrayani, E., Agamawan, L. P. I., & Hamuna, B. (2024). Water quality assessment to determine the trophic state and suitability of Lake Sentani (Indonesia) for various utilisation purposes. *Water Cycle*, 5, 99–108. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.watcyc.2024.02.006>
- Tekebayeva, Z., Bazarkhankyzy, A., Temirbekova, A., Rakhymzhan, Z., Kulzhanova, K., Beisenova, R., Kulagin, A., Askarova, N., Yevneyeva, D., Temirkhanov, A., & Abzhalelov, A. (2024). Ecological Assessment of Phytoplankton Diversity and Water Quality to Ensure the Sustainability of the Ecosystem in Lake Maybalyk, Astana, Kazakhstan. *Sustainability (Switzerland)*, 16(22). <https://doi.org/10.3390/su16229628>
- Welch, P. S. (1952). *Limnology: Running Waters in General*. McGraw-Hill. <https://www.worldcat.org/title/limnology/oclc/187195>
- Wetzel, R. G. (2001). *Limnology: Lake and River Ecosystems* (3a ed.). Academic Press. <https://www.sciencedirect.com/book/9780127447605/limnology>
- Xu, H., Paerl, H. W., Qin, B., Zhu, G., & Gao, G. (2010). Nitrogen and phosphorus inputs control phytoplankton growth in eutrophic Lake Taihu, China. En *Limnol. Oceanogr.* e American Society of Limnology and Oceanography. <https://doi.org/https://doi.org/10.4319/lo.2010.55.1.04200pe>
- Zohary, T., Flaim, G., & Sommer, U. (2021). Temperature and the size of freshwater phytoplankton. En *Hydrobiologia* (Vol. 848, Número 1). <https://doi.org/10.1007/s10750-020-04246-6>

Impactos ambientales de la avifauna en los parques urbanos "La Madre" y "El Espigón" de Manta, Ecuador

Ricardo Castillo-Ruperti^{1*}; Alexandra Yar²; Keira Romero³; Juan Macías-Demera⁴

Resumen

La creciente abundancia de aves en espacios urbanos representa un dilema ambiental y sanitario. Para evaluar sus efectos, se estudiaron las comunidades de avifauna y sus impactos en dos parques de Manta, Ecuador: "La Madre" y "El Espigón". Los monitoreos se realizaron entre enero y mayo de 2025 mediante conteo por puntos. Se registraron 7109 individuos en el Parque "La Madre" y 2025 en "El Espigón", con una riqueza de 23 y 29 especies, respectivamente (19 compartidas; $Is=70,3$). El Parque "La Madre" mostró la mayor densidad (promedios vespertinos de 2030 aves/mes) dominada por la paloma doméstica (*Columba livia*), indicando alta presencia de especies sinantrópicas. Por el contrario, "El Espigón" presentó mayor diversidad, con dominancia de *Zenaida auriculata* y *Quiscalus mexicanus*, reflejando mejores condiciones naturales. La Matriz de Leopold identificó 17 impactos negativos (contaminación por excretas, ruido y deterioro de infraestructura) y 10 impactos positivos. El análisis FODA permitió establecer estrategias técnicas para el manejo poblacional de aves. Se propone fomentar el ecoturismo científico, implementar campañas de educación ambiental y la integración de planes de manejo. Estas acciones son cruciales para armonizar la conservación de la avifauna con la salud pública y la planificación urbana sostenible.

Palabras claves: aves urbanas, impactos ambientales, manejo de fauna urbana, conservación.

Environmental impacts of urban avifauna in the parks "La Madre" and "El Espigón" in Manta, Ecuador

Abstract

The increasing abundance of birds in urban spaces represents an environmental and health dilemma. To assess these effects, avifauna communities and their impacts were studied in two parks in Manta, Ecuador: "La Madre" and "El Espigón." Monitoring was carried out between January and May 2025 using point counts. A total of 7,109 individuals were recorded in "La Madre" Park and 2025 in "El Espigón," with a species richness of 23 and 29, respectively (19 shared; $Is = 70.3$). "La Madre" Park showed the highest density (evening averages of 2,030 birds/month), dominated by the domestic pigeon (*Columba livia*), indicating a high presence of synanthropic species. In contrast, "El Espigón" presented greater diversity, with a dominance of *Zenaida auriculata* and *Quiscalus mexicanus*, reflecting better natural conditions. The Leopold Matrix identified 17 negative impacts (pollution from excrement, noise, and infrastructure deterioration) and 10 positive impacts. The SWOT analysis allowed for the development of technical strategies for bird population management. The proposal is to promote scientific ecotourism, implement environmental education campaigns, and integrate management plans. These actions are crucial for harmonizing bird conservation with public health and sustainable urban planning.

Keywords: urban birds, environmental impacts, urban wildlife management, conservation.

Recibido: 18 de noviembre 2025

Aceptado: 01 de abril 2026

¹ Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí (ULEAM), Manta, Ecuador; ricardo.castillo@uleam.edu.ec; <https://orcid.org/0000-0002-9363-9684>

² Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí (ULEAM), Manta, Ecuador; e1351368483@live.uleam.edu.ec; <https://orcid.org/0009-0008-5195-5794>

³ Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí (ULEAM), Manta, Ecuador; e1313556084@live.uleam.edu.ec; <https://orcid.org/0009-0009-7970-8557>

⁴ Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí (ULEAM), Manta, Ecuador; juanm.macias@uleam.edu.ec; <https://orcid.org/0009-0000-0578-2441>

*Autor de correspondencia

I. INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, el proceso de urbanización acelerada ha transformado de manera profunda los ecosistemas naturales en paisajes dominados por infraestructuras, con una marcada reducción de los espacios verdes y de los hábitats disponibles para la fauna silvestre. Se estima que, a nivel global, más del 55 % de la población humana vive actualmente en áreas urbanas, y esta cifra podría alcanzar el 68 % para el año 2050 (ONU, 2020). Este fenómeno conlleva no solo la pérdida de cobertura vegetal y la fragmentación del hábitat, sino también una homogenización biótica que favorece la dominancia de especies generalistas y oportunistas, en detrimento de aquellas más especializadas o sensibles a las perturbaciones (Gibb & Hochuli, 2002).

En este contexto, las aves se han consolidado como uno de los grupos faunísticos más resilientes y adaptables a los ambientes urbanos. Su capacidad de desplazamiento, plasticidad trófica y flexibilidad reproductiva les permite colonizar entornos fuertemente antropizados, como parques, jardines, plazas, avenidas y bordes costeros (CORDIS - EU, 2020). Diversos estudios han demostrado que la riqueza y composición de la avifauna urbana dependen estrechamente de la estructura y conectividad de las áreas verdes, así como de la disponibilidad de recursos alimenticios y sitios de refugio (Negrete et al., 2019). Las aves encuentran en estos espacios pequeños nichos ecológicos que, aunque artificiales, ofrecen semillas, frutos, néctar, insectos y cavidades aptas para anidación (Negrete et al., 2019). Por esta razón, la presencia, abundancia y diversidad de aves se han propuesto como indicadores sensibles de la calidad ambiental y del patrimonio ecológico de las ciudades (Morelli et al., 2021).

La ecología urbana reconoce el doble papel que cumplen las aves: por un lado, contribuyen al equilibrio ecológico urbano mediante la dispersión de semillas, el control biológico de insectos y la polinización; y por otro, pueden convertirse en agentes de perturbación o riesgo cuando sus poblaciones se incrementan sin control (Contreras et al., 2005). En particular, las especies sinantrópicas (aquellas que prosperan en estrecha asociación con el ser humano) han demostrado

una elevada capacidad de adaptación a la oferta alimentaria derivada de la actividad humana, especialmente a los residuos sólidos urbanos (González-Urrutia, 2009).

En el contexto latinoamericano, las ciudades costeras presentan condiciones particulares que potencian estas interacciones. La cercanía al mar, la elevada humedad y la alta concentración de actividades turísticas y comerciales favorecen la acumulación de residuos orgánicos, generando ambientes propicios para aves carroñeras o granívoras (Contreras et al., 2005). Este patrón es evidente en urbes de América Latina, donde las especies oportunistas encuentran amplias fuentes de alimento y estructuras arquitectónicas adecuadas para anidar. La expansión urbana sin planificación ecológica incrementa la vulnerabilidad de los ecosistemas locales y dificulta la implementación de políticas de manejo de fauna urbana (González-Urrutia, 2009).

En Ecuador, la responsabilidad sobre la gestión de la fauna urbana recae en los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GAD), que actúan bajo la normativa del Código Orgánico del Ambiente (Asamblea Nacional del Ecuador, 2017) y otras disposiciones municipales. Aunque se promueven métodos éticos y sostenibles, su efectividad depende de la participación ciudadana, el mantenimiento de espacios limpios y la existencia de una planificación ambiental coherente. En países como Japón, estas estrategias se complementan con la eliminación controlada de nidos, la gestión eficiente de residuos y el uso de trampas selectivas (Yoda, 2019).

Sin embargo, en Manta, a pesar de la existencia de ordenanzas municipales que regulan el trato hacia la fauna urbana (Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Manta, 2018), persisten vacíos normativos y limitaciones operativas que dificultan su aplicación efectiva. Las áreas de alta concurrencia humana como parques, plazas, malecones y zonas de comercio concentran las mayores densidades de aves sinantrópicas, lo que genera conflictos socioambientales cada vez más visibles.

Diversos estudios han documentado que el excremento de aves, al secarse, puede fragmentarse en partículas finas que se dispersan por el aire y son

inhaladas por las personas, actuando como vehículo de transmisión de microorganismos patógenos, causantes de enfermedades respiratorias y zoonosis (Herrera et al., 2015). A esto se suman las molestias por ruido durante los períodos de anidación y el deterioro estético del entorno urbano. Según Nemeth y Brumm (2010), estos problemas afectan directamente la calidad de vida de los ciudadanos, reducen el atractivo paisajístico y generan costos económicos significativos para los gobiernos locales. En Estados Unidos, por ejemplo, se ha estimado que los daños directos ocasionados por palomas alcanzan los 1.100 millones de dólares anuales (Giunchi et al., 2012), cifra que evidencia la magnitud económica del problema a nivel global.

En Manta, el crecimiento urbano, el turismo y el aumento de residuos han favorecido la proliferación de aves sinantrópicas como palomas, gaviotas y zopilotes, sobre todo en zonas concurridas como el Parque “La Madre”, el malecón “El Espigón” y la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí (ULEAM). Un estudio en la ULEAM reportó una abundancia aproximada de 5.997 individuos, lo que demuestra la magnitud del problema y la necesidad de medidas de manejo (Carrión-Zambrano et al., 2022).

Más allá de los impactos ecológicos y sanitarios, la problemática de la avifauna urbana en Manta tiene también una dimensión sociocultural. Según Murgui y Hedblom (2017) muchas personas perciben la presencia de aves como símbolo de vida y conexión con la naturaleza, mientras que otras las asocian con suciedad, ruidos y enfermedades. Esta dualidad refuerza la necesidad de enfoques de manejo participativos y de campañas de educación

ambiental que promuevan la convivencia responsable entre humanos y fauna urbana.

Desde una perspectiva científica, evaluar los impactos ambientales causados por las aves en entornos urbanos es fundamental para comprender la relación entre biodiversidad y sostenibilidad urbana. La literatura evidencia que una gestión inadecuada de las poblaciones aviares puede comprometer los servicios ecosistémicos que estas especies proporcionan, como la dispersión de semillas o el control de insectos, transformándolas en agentes de perturbación ambiental. Por ello, estudios locales que integren observaciones ecológicas, sanitarias y sociales son indispensables para generar información aplicada que oriente las políticas públicas (Giunchi et al., 2012).

En este contexto, el presente trabajo busca evaluar los impactos ambientales de las aves urbanas en dos zonas clave de Manta: el Parque “La Madre” y “El Espigón”. Se pretende identificar las especies más comunes, los principales tipos de impacto y proponer medidas de mitigación que fortalezcan la gestión ambiental municipal y promuevan una convivencia armónica entre la población y la fauna urbana.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El estudio se realizó en dos espacios urbanos del cantón Manta, provincia de Manabí: el Parque “La Madre” y “El Espigón”, ubicados en la zona central de la ciudad. Ambos presentan alta afluencia de visitantes y cuentan con infraestructura recreativa que favorece la presencia de aves urbanas, especialmente especies sinantrópicas adaptadas al entorno costero y a la actividad humana (Figura 1).

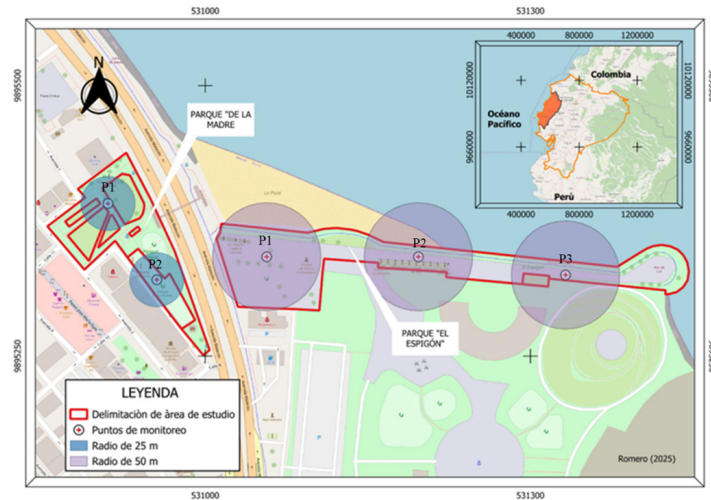


Figura 1. Área de estudio y ubicación de puntos de monitoreo

Monitoreo de avifauna

El monitoreo de avifauna se efectuó mediante el método de conteo por puntos. Se establecieron cinco puntos de observación: dos en el Parque “La Madre”, con un radio de 25 m cada uno, y tres en el Parque “El Espigón”, con un radio de 50 m. La selección de los puntos se realizó en función de la disponibilidad de hábitat y de la presencia visible de aves durante los reconocimientos preliminares.

Las observaciones se llevaron a cabo durante los fines de semana, en turnos matutinos (06:00–09:00) y vespertinos (16:00–18:30), con una frecuencia de cuatro jornadas mensuales durante los cinco primeros meses del año (enero – mayo). Se alternaron las semanas de monitoreo entre ambos parques para equilibrar el esfuerzo de muestreo. En cada punto se realizaron conteos de 10 minutos, seguidos de 5 minutos de pausa antes de iniciar el siguiente registro.

Se consideraron todas las aves observadas posadas en árboles, estructuras urbanas o en vuelo dentro del radio de observación. Para la identificación se utilizó una guía ilustrada de aves locales y binoculares de 10×50 mm. Con los registros obtenidos se calcularon la riqueza (número total de especies) y la abundancia (número total de individuos por especie) en cada sitio.

Posteriormente, se estimó el promedio mensual de avistamientos y de las principales actividades observadas (alimentación, descanso, vuelo o interacción). Para determinar la similitud en la composición de especies entre los puntos y entre los dos parques se aplicó el índice de Sørensen (IS), definido como:

$$Is = \frac{2c}{a + b}$$

donde (a) representa el número de especies registradas en el sitio 1, (b) las especies del sitio 2 y (c) las especies comunes entre ambos. El valor del índice varía entre 0 (sin especies en común) y 1 (similitud total).

Evaluación de los impactos ambientales

Para identificar y valorar los impactos ambientales generados por las aves urbanas se aplicó la Matriz Causa-Efecto de Luna Leopold, herramienta que relaciona las actividades observadas con los componentes ambientales afectados. Cada cruce entre actividad y componente se calificó según cinco criterios: importancia, magnitud, extensión, duración y reversibilidad, asignando valores numéricos que permiten determinar la intensidad del impacto (Tabla 1).

Tabla 1. Escala de Ponderación para la Clasificación de Impactos Ambientales.

	1.0	2.5	5.0	7.5	10.0
Extensión (E)	Puntual	Particular	Local	Generalizada	Regional
Duración (D)	Esporádica	Temporal	Periódica	Recurrente	Permanente
Reversibilidad (R)	Completamente reversible	Medianamente reversible	Parcialmente irreversible	Medianamente irreversible	Completamente irreversible

Valoración de impactos ambientales

La valoración cuantitativa se realizó mediante la siguiente ecuación:

$$Imp = We \times E + Wd \times D + Wr \times R$$

donde *Imp* representa la importancia del impacto; *E*, *D* y *R* los valores de extensión, duración y reversibilidad, respectivamente; y *We*, *Wd*, *Wr* sus pesos relativos, cumpliendo que $We + Wd + Wr = 1$. En este estudio se establecieron los valores: $We = 0.35$, $Wd = 0.35$ y $Wr = 0.30$.

La magnitud del impacto se determinó según juicio técnico del evaluador, utilizando una escala de 1 (bajo impacto) a 10 (alto impacto). Finalmente, el Valor de Impacto Ambiental (VIA) se calculó mediante:

$$VIA = \pm (Imp \times Mag)^{0.5}$$

El rango obtenido permitió clasificar los impactos en categorías de baja, media o alta significancia ambiental, facilitando la interpretación comparativa entre los sitios de estudio (Tabla 2).

Tabla 2. Criterios de Valoración para la Clasificación de Impactos

Categoría	Rango (Importancia)
Compatible	< 4,5
Moderado	4,6-7
Severo	> 7

Análisis FODA

Para establecer un diagnóstico estratégico que facilitara la formulación de estrategias de gestión ambiental adaptadas, se implementó el Análisis de Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas (FODA). Esta metodología permitió la integración sistemática de factores internos (controlables) y externos (no controlables) que

influyen en los impactos ambientales generados por la avifauna. La construcción de la matriz FODA se fundamentó en los datos obtenidos del monitoreo ambiental y en una revisión exhaustiva de literatura especializada, sirviendo como base analítica para la definición de estrategias de manejo ambiental específicas para el contexto local.

III. RESULTADOS

Composición, Estructura y Comportamiento de la avifauna

El monitoreo de la avifauna en el Parque "La Madre" identificó 22 especies distribuidas en 6 familias, con un total de 7109 individuos registrados durante el estudio (Tabla 3). La familia Columbidae (Palomas y Tórtolas) y la familia Icteridae (Clarineros y Negros) concentraron la mayor abundancia. La especie más abundante fue la Paloma bravía (*Columba livia*), la cual registró 4097 individuos en total, siendo significativamente más incidente en el periodo vespertino (2460 individuos) que en el matutino (1637 individuos). Las siguientes especies más abundantes fueron la Tórtola orejuda (*Zenaida auriculata*, 907 individuos), el Negro matorralero (*Dives warszewiczi*, 180 individuos) y el Pinzón sabanero azafranado (*Sicalis flaveola*, 353 individuos). El análisis de comportamiento reveló que las especies dominantes (*Columba livia* y *Zenaida auriculata*) exhibieron patrones de Perchado en infraestructura y Alimentación en ambos puntos (P1 y P2). Adicionalmente, se constató la presencia de Anidación y Apareamiento en especies como *Thraupis episcopus* y *Tyrannus melancholicus*, respectivamente, destacando que el Forrajeo y el Perchado en árbol fueron actividades comunes a la mayoría de las especies.

Tabla 3. Composición taxonómica de la avifauna y abundancia en el Parque “La Madre”

Nombre Común	Nombre científico	Familia	Mañana	Tarde
Cabezón nuquigrís	<i>Pachyramphus castaneus</i>	Tityridae	1	-
Clarínero coligrande	<i>Quiscalus mexicanus</i>	Icteridae	74	276
Gallinazo negro	<i>Coragyps atratus</i>	Cathartidae	-	3
Gallinazo cabecirrojo	<i>Cathartes aura</i>	Cathartidae	1	-
Garrapatero piquiliso	<i>Crotophaga ani</i>	Cuculidae	45	20
Garza nocturna coroniamarilla	<i>Nyctanassa violacea</i>	Ardeidae	1	-
Gorrión europeo	<i>Passer domesticus</i>	Passeridae	147	217
Halcón peregrino	<i>Falco peregrinus</i>	Falconidae	2	-
Mosquero Bermellón	<i>Pyrocephalus rubinus</i>	Tyrannidae	2	-
Negro matorralero	<i>Dives warszewiczi</i>	Icteridae	84	96
Paloma bravía	<i>Columba livia</i>	Columbidae	1637	2460
Periquito del Pacífico	<i>Forpus coelestis</i>	Psittacidae	2	18
Perlita tropical	<i>Polioptila plumbea bilineata</i>	Poliptilidae	21	22
Pinzón pechicarnesí	<i>Rhodospingus cruentus</i>	Thraupidae	2	4
Pinzón sabanero azafranado	<i>Sicalis flaveola</i>	Thraupidae	170	183
Piranga roja	<i>Piranga rubra</i>	Cardinalidae	2	3
Tangara azuleja	<i>Thraupis episcopus</i>	Thraupidae	345	228
Tangara palmera	<i>Thraupis palmarum</i>	Thraupidae	15	3
Tirano goliníneo	<i>Tyrannus niveigularis</i>	Tyrannidae	3	7
Tirano tropical	<i>Tyrannus melancholicus</i>	Tyrannidae	61	20
Tiranolete Silbador Sureño	<i>Camptostoma obseletum</i>	Tyrannidae	4	2
Tórtola melódica	<i>Zenaida meloda</i>	Columbidae	16	5
Tórtola orejuda	<i>Zenaida auriculata</i>	Columbidae	482	425
Total			3117	3992

El Parque "El Espigón" registró 23 especies y 1280 individuos, con *Quiscalus mexicanus* (474 individuos) como la especie más abundante. A diferencia del Parque “La Madre”, la abundancia matutina (830 individuos) superó significativamente a la vespertina (450 individuos). El análisis de comportamiento evidenció que las actividades predominantes fueron el Forrajeo y

el Perchado en árbol, asociados a su estructura natural. El Perchado en infraestructura fue limitado, y la Anidación solo se observó en *Nyctanassa violacea* y *Progne chalybea*, lo que sugiere un uso del espacio basado en recursos naturales y una menor dependencia antrópica.

Tabla 4. Composición taxonómica de la avifauna y abundancia el Parque “El Espigón”

Nombre Común	Nombre científico	Familia	Mañana	Tarde
Búho terrestre	<i>Athene cunicularia</i>	Strigidae	-	2
Clarinero coligrande	<i>Quiscalus mexicanus</i>	Icteridae	343	131
Coqueta festiva	<i>Lophornis chalybeus</i>	Trochilidae	2	-
Fragata magnífica	<i>Fregata magnificens</i>	Fregatidae	1	2
Gallinazo negro	<i>Coragyps atratus</i>	Cathartidae	5	3
Gallinazo cabecirrojo	<i>Cathartes aura</i>	Cathartidae	36	21
Garrapatero piquiliso	<i>Crotophaga ani</i>	Cuculidae	18	2
Garza nívea	<i>Egretta thula</i>	Ardeidae	13	-
Garza nocturna coroniamarilla	<i>Nyctanassa violacea</i>	Ardeidae	76	86
Garceta grande	<i>Ardea alba</i>	Ardeidae	-	1
Gaviota reidora	<i>Leucophaeus atricilla</i>	Laridae	30	11
Gorrión europeo	<i>Passer domesticus</i>	Passeridae	41	12
Martín pechigris	<i>Progne chalybea</i>	Hirundinidae	83	34
Mosquero Bermellón	<i>Pyrocephalus rubinus</i>	Tyrannidae	-	4
Mosquero de Baird	<i>Myiodynastes bairdii</i>	Tyrannidae	-	2
Negro matorralero	<i>Dives warszewiczi</i>	Icteridae	8	5
Paloma bravía	<i>Columba livia</i>	Columbidae	1	4
Pelícano pardo	<i>Pelecanus occidentalis</i>	Pelecanidae	3	1
Perico caretirrojo	<i>Aratinga erythrogenys</i>	Psittacidae	2	4
Perlita tropical	<i>Polioptila plumbea bilineata</i>	Poliptilidae	18	13
Pinzón sabanero azafranado	<i>Sicalis flaveola</i>	Thraupidae	48	44
Piranga roja	<i>Piranga rubra</i>	Cardinalidae	1	1
Tangara azuleja	<i>Thraupis episcopus</i>	Thraupidae	99	67
Tangara palmera	<i>Thraupis palmarum</i>	Thraupidae	2	-
Total			830	450

El monitoreo de la abundancia promedio de las cinco especies de aves más avistadas, durante la mañana y la tarde, reveló una marcada heterogeneidad espacial entre los dos puntos de muestreo. El Punto 1 exhibió una abundancia total significativamente superior, estando esta tendencia dominada por la Paloma doméstica (*Columba livia*), cuya población alcanzó un pico máximo de aproximadamente 470 individuos en mayo (M4), superando en gran medida a las otras cuatro especies en ese sector. En contraste, el Punto

2 mostró una abundancia total considerablemente menor y una distribución de especies más equitativa, donde la abundancia promedio de todas las especies se mantuvo consistentemente por debajo de los 70 individuos. En este segundo punto, la Tórtola torcaza (*Zenaida auriculata*) y el Gorrión común (*Passer domesticus*) fueron las especies más abundantes, indicando diferencias en las presiones de selección o recursos entre las dos áreas de muestreo (Figura 2).

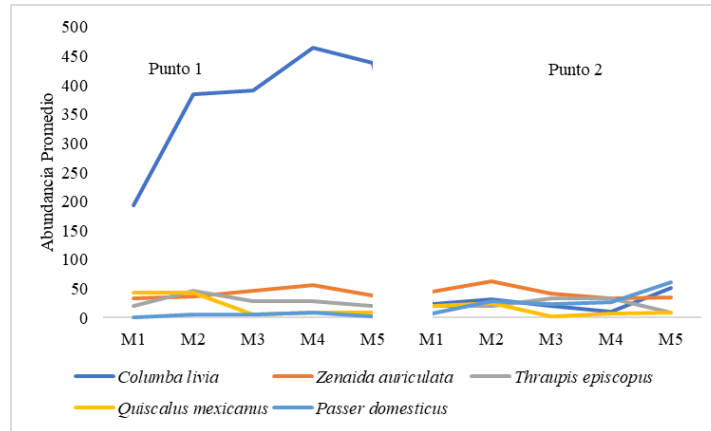


Figura 2. Promedio mensual de la abundancia de las cinco especies de avifauna más incidentales en el Parque “La Madre” durante la mañana y tarde. M1= enero; M2= febrero; M3=marzo; M4=abril; M5= mayo

El monitoreo de la abundancia promedio de cinco especies de aves en el Parque El Espigón reveló una marcada diferencia en la dinámica poblacional entre el hábitat interior y el costero. El Punto 1 (cercano a la calle) mostró una abundancia baja y estable, dominada consistentemente por el Zanate mayor (*Quiscalus mexicanus*), el cual registró la mayor abundancia promedio al inicio del muestreo (M1). Por el contrario, el Punto 3 (cercano al mar) se caracterizó por una alta variabilidad temporal y picos de abundancia,

siendo la Tórtola torcaza (*Zenaida auriculata*) la especie más prominente, alcanzando un pico máximo superior a 60 individuos en M2 y un segundo pico en M4, sugiriendo un uso intensivo y fluctuante de este hábitat costero. Además, el sitio costero (Punto 3) presentó un incremento progresivo en la abundancia de la Garcita de corona amarilla (*Nyctanassa violacea*) hacia el final del periodo (M5), indicando una potencial preferencia por este entorno marítimo.

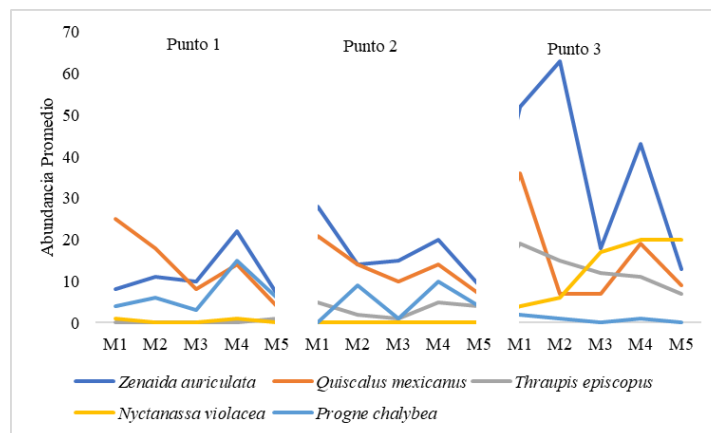


Figura 3. Promedio mensual de la abundancia de las cinco especies de avifauna más incidentales en el Parque “El Espigón” durante la mañana y tarde. M1= enero; M2= febrero; M3=marzo; M4=abril; M5= mayo

La similitud en la composición de especies entre el Parque “La Madre” y el Parque “El Espigón” fue determinada mediante el Índice de Sørensen. El resultado arrojó un valor de 0,73, indicando una alta coincidencia taxonómica entre las comunidades de avifauna de ambos ecosistemas urbanos. De un total combinado de 30 especies

registradas, 19 fueron especies compartidas.

El análisis comparativo del comportamiento reveló que las actividades principales de la avifauna difirieron según el nivel de naturalidad del parque. En el Parque "La Madre", la alta dominancia de especies sinantrópicas (*Columba livia*, *Zenaida auriculata*) se reflejó en un mayor registro de

Perchado en infraestructura (Pel) y Alimentación (AL), actividades asociadas a la interacción humana y estructuras artificiales. En contraste, en el Parque "El Espigón", el Forrajeo (FO) y el Perchado en árbol (PeA) fueron las conductas más frecuentes, lo que sugiere un uso del espacio más dependiente de los recursos ecosistémicos disponibles. La Anidación (AN) se registró en ambos parques, pero fue más variada en especies en "El Espigón" (*Nyctanassa violacea*, *Progne chalybea*), mientras que en el parque "La Madre" se identificó en *Thraupis episcopus*, indicando que ambos espacios cumplen funciones reproductivas esenciales en el entorno urbano.

Valoración de Impactos Ambientales

La evaluación de impactos ambientales sobre la avifauna en el Parque de la Madre y Espigón de Manta (Ecuador) evidenció un total de 27 impactos identificados, de los cuales 17 (63%) fueron negativos y 10 (37%) positivos. Los impactos negativos más frecuentes y severos se concentraron en el componente abiótico, principalmente por ruido (2 severos, 2 moderados) y material particulado en el aire (1 moderado), así como en el componente biótico, destacando la alteración estética de la fauna (4 impactos positivos convertidos en negativos por perturbación visual y sonora antropogénica). En el componente socioeconómico predominaron impactos negativos moderados asociados a la infraestructura (2) y al deterioro estético del paisaje (2). Los impactos positivos, aunque menos numerosos, se relacionaron principalmente con la capacidad de carga paisajística del suelo (3), la cantidad y estado de salud de especies florísticas (1 cada uno) y la alteración estética favorable de la fauna (4). En general, los efectos negativos superaron a los positivos, indicando una presión antropogénica significativa que compromete la calidad de los servicios que se ofrecen los parques.

Análisis FODA

El análisis FODA realizado sobre la avifauna en los parques "La Madre" y "El Espigón" de Manta identifica las siguientes características:

Fortalezas (F): alta diversidad de especies aviares (residentes y migratorias), funcionamiento como zonas de descanso y paso migratorio,

existencia de registros históricos que permiten comparaciones a largo plazo, y elevado potencial educativo y de participación comunitaria en conservación.

Oportunidades (O): integración de planes de manejo de fauna silvestre en el PDOT, desarrollo de ecoturismo basado en observación de aves, creación de ordenanzas municipales específicas, promoción de campañas de educación ambiental y establecimiento de alianzas interinstitucionales (academia, gobierno local y comunidad) para generar conocimiento científico y ejecutar acciones coordinadas.

Debilidades (D): ausencia de ordenanzas y planes de manejo específicos, falta de control efectivo sobre especies oportunistas (especialmente *Columba livia*), insuficiencia de recursos económicos y capacitación técnica, y alta presión antropogénica que provoca disturbios constantes y deterioro del hábitat.

Amenazas (A): proliferación descontrolada de palomas urbanas con impactos sanitarios, ecológicos y económicos, degradación progresiva de los hábitats urbanos, incremento de conflictos humano-ave que generan rechazo social, y efectos del cambio climático y la expansión urbana sobre los patrones migratorios y reproductivos de la avifauna.

Las estrategias de gestión propuestas para la avifauna en los parques "La Madre" y "El Espigón" de Manta se centran en el fortalecimiento institucional, la investigación y la educación ambiental. Se prioriza la creación de alianzas con universidades para implementar monitoreo participativo continuo, la instalación de señalética educativa que desincentive la alimentación artificial de aves y la incorporación de módulos específicos sobre avifauna urbana en programas cantonales de sensibilización. Asimismo, se recomienda elaborar y hacer cumplir ordenanzas municipales para el manejo ético de especies sinantrópicas, realizar diagnósticos técnicos de costos por inacción, e integrar planes de manejo de fauna en el PDOT. La promoción de clubes ambientales escolares y comunitarios con apoyo municipal busca garantizar la participación ciudadana y lograr un equilibrio sostenible entre conservación de la biodiversidad aviar y desarrollo urbano.

IV. DISCUSIÓN

Composición, estructura y comportamiento de la avifauna

Los resultados confirman el gradiente urbano clásico descrito por Allieri y Man-Ging (2015) y ampliamente observado en ciudades latinoamericanas, es decir, a mayor grado de antropización, mayor abundancia, pero menor diversidad y mayor dependencia de recursos humanos. El Parque “La Madre”, altamente intervenido y con alta afluencia de visitantes, registró 7.109 individuos (3,5 veces más que “El Espigón”) y una dominancia abrumadora de *Columba livia* (58 % del total), especie reconocida como uno de los sinántropos urbanos más exitosos a nivel global (Cabalceta & Barrientos, 2019; Pulido, 2023). Esta elevada densidad coincide con estudios previos en Manta Carrion-Zambrano et al., (2022) y otras ciudades costeras donde la alimentación artificial y los residuos orgánicos favorecen explosiones poblacionales de palomas (Contreras et al., 2005).

La mayor incidencia en horario vespertino en “La Madre” (56 % de los registros) responde directamente a la acumulación de desperdicios alimenticios y a la práctica habitual de alimentar aves al final del día, patrón ya reportado en plazas y malecones latinoamericanos (González-Urrutia, 2009). Por el contrario, “El Espigón” mostró predominio matutino (65 %) y una comunidad más equilibrada, con *Quiscalus mexicanus* y especies costeras que aprovechan recursos naturales (insectos, peces, néctar), lo que explica su menor dependencia de infraestructura y su menor potencial conflictivo (Ruiz et al., 2017).

Desde el punto de vista del manejo, *Columba livia* se consolida como la especie más problemática por su abundancia, comportamiento gregario y uso intensivo de estructuras artificiales para perchado y defecación masiva. Le siguen en menor medida *Zenaida auriculata* y *Quiscalus mexicanus*, aunque su impacto es significativamente inferior al de la paloma bravía. El alto índice de Sørensen (0,73) indica que ambos parques comparten el núcleo típico de aves urbanas tolerantes, pero la mayor riqueza de “El Espigón” (29 vs. 23 especies) demuestra que la conservación de franjas costeras con vegetación nativa sigue siendo clave para

mantener diversidad funcional dentro de la matriz urbana (Díaz et al., 2022; Murgui, 2009).

Impactos Ambientales

Se revelaron 27 impactos ambientales, con predominio de negativos (63 %) sobre positivos (37 %), resultado que coincide con la mayoría de los estudios urbanos realizados en ciudades latinoamericanas y europeas donde las poblaciones de aves sinantrópicas superan umbrales críticos (Dissanayaka et al., 2025; Del Carmen Arteaga et al., 2023). Los impactos negativos más severos se concentraron en tres grandes categorías: (i) contaminación por excretas y material particulado en aire, (ii) ruido persistente y (iii) deterioro de infraestructura y estética urbana, todos asociados principalmente a la alta densidad de *Columba livia* en el Parque “La Madre”.

El predominio de impactos negativos moderados a severos en el componente abiótico y socioeconómico refuerza la evidencia internacional de que las palomas urbanas constituyen el principal vector de conflicto humano-ave en parques y plazas públicas (Jadhav & Narkhede, 2025; Giunchi et al., 2012). En Manta, la acumulación de guano ácido sobre bancos, pisos, esculturas y vehículos genera costos recurrentes de limpieza y reparación que, extrapolando experiencias de ciudades similares, pueden superar fácilmente los 100 000 USD anuales solo en estas dos áreas verdes (estimación conservadora basada en datos de Barcelona; Senar et al., 2016).

Sin embargo, el balance no es enteramente negativo: los impactos positivos identificados (alteración estética favorable, control biológico de insectos, dispersión de semillas y valor educativo-paisajístico) son más evidentes en “El Espigón”, donde la comunidad aviar es más diversa y menos dependiente de recursos antrópicos. Este contraste demuestra que la calidad y cantidad de espacios verdes costeros con vegetación nativa sigue siendo el factor determinante para mantener servicios ecosistémicos netamente positivos (Lepczyk et al., 2017; Morelli et al., 2021).

Estos resultados confirman que, en ausencia de medidas de manejo poblacional específicas para *Columba livia*, los impactos negativos seguirán superando ampliamente a los positivos en entornos

altamente antropizados como “La Madre”, mientras que la conservación de franjas naturales como “El Espigón” permite sostener un balance favorable. Esto justifica plenamente la necesidad de intervenciones diferenciadas por sitio y especie.

Estrategias de manejo

El análisis FODA refleja con precisión la situación actual de la avifauna urbana en Manta y permite priorizar acciones realistas y de bajo costo. Las fortalezas (alta diversidad en “El Espigón”, función migratoria y valor educativo) y oportunidades (integración al PDOT, desarrollo de ecoturismo de aves y alianzas academia-municipio) superan claramente las debilidades y amenazas identificadas, lo que coincide con experiencias exitosas en ciudades costeras de Ecuador (Quito, Guayaquil) y Colombia (Cartagena, Barranquilla), donde la combinación de educación ambiental y ordenanzas específicas ha reducido hasta un 60 % la alimentación artificial de palomas en menos de tres años (Sánchez, 2025; Quito Informa, 2020).

La principal amenaza sigue siendo la proliferación descontrolada de *Columba livia* por la ausencia de regulación efectiva y la práctica cultural de alimentar aves. Esta debilidad es común en la mayoría de las ciudades latinoamericanas de tamaño medio y solo se revierte con estrategias combinadas: prohibición explícita de alimentación (multas progresivas), instalación de señalética educativa bilingüe, gestión eficiente de residuos y monitoreo participativo anual con universidades locales (Senar et al., 2017; Andrade et al., 2022).

Las estrategias propuestas (creación o actualización de ordenanza municipal específica, integración de planes de manejo de fauna urbana al PDOT, promoción de ecoturismo científico y clubes ambientales escolares) son viables, de bajo costo y han demostrado efectividad en contextos similares. Su implementación diferenciada (“La Madre” requiere control poblacional activo; “El Espigón” solo conservación de hábitat) permitiría reducir significativamente los impactos negativos en el primer parque sin comprometer los servicios ecosistémicos positivos del segundo, logrando el equilibrio deseado entre conservación de la biodiversidad aviar y bienestar ciudadano (Corzo, 2019).

V. CONCLUSIONES

El estudio en los parques “La Madre” y “El Espigón” de Manta confirma que la intensidad de la antropización determina el impacto neto de la avifauna urbana. Mientras “La Madre” presenta alta abundancia, pero dominancia extrema de *Columba livia* y fuerte presión negativa (contaminación por excretas, ruido y deterioro de infraestructura), “El Espigón” conserva mayor diversidad, uso natural del hábitat y balance favorable de servicios ecosistémicos, demostrando que la preservación de franjas costeras con vegetación nativa es clave para mantener beneficios ambientales en la ciudad.

Los resultados subrayan la urgencia de implementar medidas diferenciadas: control poblacional ético y prohibición de alimentación artificial en zonas altamente sinantrópicas como “La Madre”, junto al fortalecimiento de la protección del hábitat en “El Espigón”. La combinación de ordenanza municipal específica, educación ambiental continua y ecoturismo científico constituye la vía más viable y de menor costo para reducir conflictos humano-ave, garantizar la salud pública y conservar la biodiversidad aviar en el contexto urbano de Manta.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allieri, L. R., & Man-Ging, F. (2015). La Diversidad y uso de hábitat de aves en diferentes gradientes urbanos en la ciudad de Guayaquil, Ecuador. *Revista Científica Ciencias Naturales y Ambientales*, 8(2), 7. <https://doi.org/10.53591/cna.v8i2.219>
- Andrade, E., & Rangel, J. A. M. (2022). Estrategias para fortalecer el capital social y su importancia en la solución del conflicto ser humano-fauna urbana en la ciudad de Ibarra, Ecuador. *Derecho Animal Forum Of Animal Law Studies*, 13(1), 34-49. <https://doi.org/10.5565/rev/da.596>
- Asamblea Nacional del Ecuador. (2015). *Código Orgánico del Ambiente*.
- Cabalceta, A., & Barrientos, Z. (2019). Tradición: una nueva razón para alimentar las palomas urbanas (*Columba livia*; Columbiformes: Columbidae), y cómo controlarlas de manera sostenible. *UNED Research Journal*, 11(3). <https://doi.org/10.22458/urj.v11i3.2216>

- Carrión-Zambrano, P. E., Villavicencio-Cedeño, E. F., Becerra-Carrión, J. G., & Castillo-Ruperti, R. J. (2022). Monitoreo de riqueza y abundancia de avifauna urbana en dos áreas verdes de Manta, Ecuador. *FIGEMPA Investigación y Desarrollo*, 14(2), 102-110. <https://doi.org/10.29166/revfig.v14i2.3729>
- Contreras, A., Tejena, A., & García, J. (2005). Las aves como plagas, controles y manejo. *Ciencia UANL*, 93-98. <https://www.redalyc.org/pdf/402/40260114.pdf>
- CORDIS - EU. (2020). *Social life in the city: How urbanization affects cooperation and competition among social birds*. <https://doi.org/10.3030/795921>
- Corzo, G. T. (2019). Manejo de la avifauna como parte de la gestión del arbolado urbano en Bogotá D. C. *Territorios*, 40, 83. <https://doi.org/10.12804/revistas.urosario.edu.co/territorios/a.6253>
- Del Carmen Arteaga, M., Asmat, I., León, D., & Falcón, N. (2023). Percepciones acerca de la presencia de palomas en espacios públicos y su importancia en la salud pública en un distrito de Lima, Perú. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 34(1), e23120. <https://doi.org/10.15381/rivep.v34i1.23120>
- Díaz, M., Ramos, A., & Concepción, E. D. (2022). Changing urban bird diversity: how to manage adaptively our closest relation with wildlife. *Ecosistemas*, 31(1), 2354. <https://doi.org/10.7818/ecos.2354>
- Dissanayaka, D., Rajini, P., & Samarakoon, W. (2025, 1 enero). *Bird nesting and droppings in High-rise buildings: A literature review*. <https://doi.org/10.31705/icfmf2025.7>
- Gibb, H., & Hochuli, D. F. (2002). Habitat fragmentation in an urban environment: large and small fragments support different arthropod assemblages. *Biological Conservation*, 106(1), 91-100. [https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(01\)00232-4](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(01)00232-4)
- Giunchi, D., V. Y., Emilio, N., Vanni, L., & Soldatini, C. (2012). Feral Pigeons: Problems, Dynamics and Control Methods. En *InTech eBooks*. <https://doi.org/10.5772/31536>
- Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Manta. (2018). *Ordenanza No. 010 para la protección, control y bienestar de la fauna urbana del cantón Manta*. <https://manta.gob.ec/repositorio-general-ordenanzas/>
- González-Urrutia, M. (2009). Avifauna urbana en América Latina: estudio de casos. *Gestión Ambiental*, 17, 55-68. https://www.researchgate.net/publication/332820153_AVIFAUNA_URBANA_EN_AMERICA_LATINA_ESTUDIO_DE_CASOS
- Herrera, Y., Perdomo, S., & Cardona, J. (2015). Psitacosis y salmonelosis: zoonosis que involucran a las aves. *Revista Colombiana de Ciencia Animal - RECIA*, 7(1), 100. <https://doi.org/10.24188/recia.v7.n1.2015.429>
- Jadhav, S., & Narkhede, P. (2025). Pigeons & Buildings: Understanding the impacts and Mitigation Strategies. *IJERT*, 13-2278-0181. <https://doi.org/10.17577/IJERTCONV13ISO4026>
- Lepczyk, C. A., Aronson, M. F. J., Evans, K. L., Goddard, M. A., Lerman, S. B., & MacIvor, J. S. (2017). Biodiversity in the City: Fundamental Questions for Understanding the Ecology of Urban Green Spaces for Biodiversity Conservation. *BioScience*, 67(9), 799-807. <https://doi.org/10.1093/biosci/bix079>
- Morelli, F., Reif, J., Díaz, M., Tryjanowski, P., Ibáñez-Álamo, J. D., Suhonen, J., Jokimäki, J., Kaisanlahti-Jokimäki, M., Møller, A. P., Bussière, R., Mägi, M., Kominos, T., Galanaki, A., Bukas, N., Markó, G., Pruscini, F., Jerzak, L., Ciebiera, O., & Benedetti, Y. (2021). Top ten birds indicators of high environmental quality in European cities. *Ecological Indicators*, 133, 108397. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.108397>
- Murgui, E., & Hedblom, M. (2017). Ecology and Conservation of Birds in Urban Environments. En *Springer eBooks*. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-43314-1>
- Negrete, I. V. J., Regalado, S. I. T., Cuascota, D. L. R., Cárdenas, E. A. H., & Vega, S. C. F. (2019). Riqueza y abundancia de las aves urbanas de nueve áreas verdes de la ciudad de Sangolquí (Ecuador): Estudio

preliminar. *Siembra*, 6(1), 001-014. <https://doi.org/10.29166/siembra.v6i1.1514>

Nemeth, E., & Brumm, H. (2010). Birds and Anthropogenic Noise: Are Urban Songs Adaptive? *The American Naturalist*, 176(4), 465-475. <https://doi.org/10.1086/656275>

ONU. (2020). *World Cities Report 2020: The Value of Sustainable Urbanization*. https://unhabitat.org/sites/default/files/2020/10/wcr_2020_report.pdf

Pulido, V. (2023). A cinco siglos de la introducción de la paloma de Castilla (*Columba livia* Gmelin, 1789) en el Perú. *Revista Peruana de Biología*, 30(4), e26245. <https://doi.org/10.15381/rpb.v30i4.26245>

Quito Informa. (2020, 17 enero). *Manejo integral de fauna urbana incide en los sectores urbanos y rurales de Quito*. <https://www.quitoinforma.gob.ec/2020/01/17/manejo-integral-de-fauna-urbana-incide-en-los-sectores-urbanos-y-rurales-de-quito/>

Ruiz, J. R. L., Murillo, J. R., & Merino, J. A. (2017). Diversidad de aves en gradientes urbanos, potencial uso recreativo y aviturismo en la ciudad de Guayaquil. *RePEc: Research Papers In Economics*, 10(22), 50. <http://www.eumed.net/rev/turydes/22/aviturismo-guayaquil.html>

Sánchez, D. (2025, 12 febrero). *Cartagena destina 1,3 millones al control de plagas y mosquito tigre en un contrato de cuatro años*. Murcia Plaza. <https://murciaplaza.com/murciaplaza/cartagena/cartagena-destina-13-millones-al-control-de-plagas-y-mosquito-tigre-en-un-contrato-de-cuatro-anos>

Senar, J. C., Montalvo, T., Pascual, J., & Peracho, V. (2016). Reducing the availability of food to control feral pigeons: changes in population size and composition. *Pest Management Science*, 73(2), 313-317. <https://doi.org/10.1002/ps.4272>

Yoda, T. (2019). Managing Urban Crow Populations in Japan. *Human-wildlife Interactions*, 13(3), 12. <https://doi.org/10.26077/7p56-2c75>

Utilización de quitosano (*Litopenaeus vannamei*) y almidón (*Zea mays*) como coagulante en aguas residuales domésticas

Luis Guevara-Vinza¹; Gabriela Andrade-Dicao²;
Jaime Naranjo-Moran^{3*}; Diego Muñoz-Naranjo⁴

Resumen

Los establecimientos gastronómicos generan grandes volúmenes de aguas residuales contaminadas con aceites y grasas vegetales, afectando al ambiente y la salud pública. Se evaluó el potencial coagulante del quitosano obtenido de exoesqueleto de camarón *Litopenaeus vannamei* y almidón de maíz *Zea mays* para el tratamiento de aguas residuales domésticas. El quitosano se obtuvo mediante desproteínización, desmineralización y desacetilización del exoesqueleto, alcanzando un grado de desacetilación superior al 80%. Se aplicaron tres tratamientos con diferentes concentraciones de biocoagulantes en dosis de 0,5 g, con tres réplicas cada uno. El tratamiento 2, compuesto por 0,3 g de almidón de maíz y 0,2 g de quitosano, demostró la mayor eficiencia estadística ($F=70,11$; $p\text{-valor}=0,0001$). Este tratamiento logró una reducción del 92,6% en aceites y grasas, 44,2% en DQO y 57% en turbidez. Los biocoagulantes evaluados permitieron la remoción efectiva de contaminantes mediante procesos de coagulación, floculación y filtración, demostrando su potencial como alternativas económicas y ambientalmente sostenibles para el tratamiento de aguas residuales domésticas con alto contenido de lípidos.

Palabras clave: almidón de maíz; biocoagulantes; quitosano; turbidez; tratamiento de aguas.

Use of chitosan (*Litopenaeus vannamei*) and starch (*Zea mays*) as a coagulant in domestic wastewater

Abstract

Food service establishments generate large volumes of wastewater contaminated with vegetable oils and fats, harming the environment and public health. The coagulation potential of chitosan obtained from the shrimp exoskeleton of *Litopenaeus vannamei* and corn starch from *Zea mays* was evaluated for the treatment of domestic wastewater. Chitosan was obtained through deproteinization, demineralization, and deacetylation of the exoskeleton, achieving a degree of deacetylation greater than 80%. Three treatments with different biocoagulant concentrations were applied at a total dose of 0.5 g, with three replicates each. Treatment 2, consisting of 0.3 g of corn starch and 0.2 g of chitosan, showed the highest statistical efficiency ($F=70.11$; $p\text{-value}=0.0001$). This treatment achieved a reduction of 92.6% in oils and fats, 44.2% in COD, and 57% in turbidity. The evaluated biocoagulants enabled the effective removal of contaminants through coagulation, flocculation, and filtration processes, demonstrating their potential as cost-effective and environmentally sustainable alternatives for the treatment of domestic wastewater with high lipid content.

Keywords: corn starch; biocoagulants; chitosan; turbidity; water treatment.

Recibido: 07 de diciembre 2025

Aceptado: 07 de abril 2026

¹ Universidad Politécnica Salesiana, Carrera de Ingeniería Ambiental, Campus María Auxiliadora, kilómetro 19.5 Vía a La Costa, CP 090901. Guayaquil, Ecuador; lguevara@ups.edu.ec; <https://orcid.org/0009-0006-4073-8626>

² Universidad Politécnica Salesiana, Carrera de Ingeniería Ambiental, Campus María Auxiliadora, kilómetro 19.5 Vía a La Costa, CP 090901. Guayaquil, Ecuador; gandrade@ups.edu.ec; <https://orcid.org/0000-0002-1147-7811>

³ Universidad Politécnica Salesiana, Grupo de Investigación en Aplicaciones Biotecnológicas (GIAB); Carrera de Biotecnología, Campus María Auxiliadora, kilómetro 19.5 Vía a La Costa, CP 090901. Guayaquil, Ecuador; jnaranjo@ups.edu.ec; <https://orcid.org/0000-0002-4410-9337>

⁴ Ingeniería Ambiental, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Agraria del Ecuador, 59304, Av. 25 de Julio y Pio Jaramillo, Guayaquil, Ecuador; dmunoz@uagraria.edu.ec; <https://orcid.org/0000-0003-2203-0588>

*Autor de correspondencia

I. INTRODUCCIÓN

El agua dulce representa el 2,5% del total de agua existente en el planeta y es apta para consumo humano (Rudel Olmos *et al.*, 2003). En aguas residuales domésticas, el contenido de grasas y aceites oscila entre 30 a 50mg/L, constituyendo acerca del 20% de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO). Dado este contexto, los desechos aceitosos representan uno de los principales desafíos no solo en la industria petrolera y petroquímica, sino también en la producción alimentaria, cosmética y farmacéutica (Okada & Peterson, 2000).

En las aguas residuales de restaurantes, las concentraciones típicas de grasas y aceites van desde 1,000 hasta 2,000mg/L o más, procedentes de alimentos como mantequilla, aceites vegetales, carnes y manteca, entre otros (Elias, 2006). El incremento de establecimientos que preparan alimentos con aceites para freír, grasas, mantecas, mantequillas y margarinas ha generado un aumento en las descargas de aguas residuales con alto contenido de grasas y aceites (Llangova, 2015).

En Ecuador, el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos indica que el 54,36% de los hogares arrojan el aceite usado con el resto de la basura, el 23,65% lo queman, entierran, botan a quebradas o fuentes de agua, mientras que el 21,36% lo guardan, venden o usan como alimento para animales (INEC, 2016). Según el Listado Nacional de Desechos Peligrosos y Especiales establecido en el Suplemento del Registro Oficial N° 856, emitido por el Ministerio del Ambiente del Ecuador, el aceite vegetal residual es considerado como un desecho especial que, sin ser peligroso, por su naturaleza puede impactar el entorno ambiental y la salud, debido al volumen que se genera y por su difícil degradación (MAE, 2012).

En la actualidad, existe una creciente contaminación de los cuerpos de agua, causada por el desarrollo industrial, factor que produce grandes volúmenes de contaminantes, esto afecta la disponibilidad de agua apta para el consumo (Albarracín, 2015; Calles, 2012; Calles *et al.*, 2009). Por otra parte, innovaciones industriales ya utilizan películas bioplásticas sostenibles elaboradas con almidón derivado de *Zea mays*, *Colocasia*

esculenta y *quitosano*, estas son reconocidas por sus propiedades antibacterianas, antioxidantes, resistencia a la humedad y al bloqueo de rayos UV (Dang *et al.*, 2025; Deng *et al.*, 2024; Kour *et al.*, 2025). El presente trabajo de investigación pretende promover el desarrollo de soluciones prácticas, económicas y amigables para el ambiente en la descontaminación de aguas residuales, mediante el uso del quitosano y el almidón de maíz, aprovechando sus propiedades similares que permitan lograr efectos de biocoagulación de materiales lípidos de consistencia líquida o sólida.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

Tipo de investigación

La investigación fue de tipo experimental, se realizó la aplicación del quitosano y el almidón de maíz como biocoagulantes. Se caracterizó la calidad del agua residual proveniente antes y después del tratamiento primario (trampa de grasa); luego, el agua pasó a un tratamiento de coagulación utilizando el test de jarras (Guzmán Sánchez *et al.* 2025), lo cual permitió evaluar la cantidad y porcentaje de eficiencia de la dosis óptima para un adecuado tratamiento del agua contaminada. El diseño experimental utilizado fue completamente al azar (DCA), con tres tratamientos y tres réplicas por tratamiento (n=9 unidades experimentales), sin considerar otros factores de interés. Las pruebas realizadas en el laboratorio se ejecutaron al azar, de forma que los posibles efectos ambientales y temporales se distribuyeran de manera homogénea entre los tratamientos.

Variables

Como variables independientes se incluyeron: materia orgánica (DQO mg/L), volumen extraído de aceites y grasas (GyA Volumen/L), concentración y dosis del quitosano y almidón de maíz (mg). Como variable dependiente: porcentaje de eficiencia de la dosis óptima conjunta en el tratamiento del agua.

Preparación de biocoagulantes

El quitosano se preparó en forma de polvo molido. El almidón de maíz se preparó con la misma estructura física que el quitosano para utilizarlos en las muestras.

Tratamientos aplicados.

Se realizaron tres tratamientos con tres réplicas cada uno, aplicando 0,5g totales de biocoagulantes con diferentes proporciones:

- Tratamiento 1: 0,25g de quitosano + 0,25g de almidón de maíz
- Tratamiento 2: 0,2g de quitosano + 0,3g de almidón de maíz
- Tratamiento 3: 0,3g de quitosano + 0,2g de almidón de maíz

Obtención del quitosano

Se utilizó el procedimiento descrito por

Ricardo Starbird (2011) y Hernández *et al.* (2009), modificado en algunas fases: lavado y secado, desmineralización, desproteínización y desacetilación. Para el proceso de desacetilación, mediante el cual la quitina es convertida en quitosano, se pesó una cantidad de quitina y se vertió en una solución de NaOH al 50% en una relación 1:4 sólido-líquido, bajo las siguientes condiciones: primero por 2 horas a 60°C y luego por 2 horas a 100°C (Figura 1). El quitosano posee un peso molecular comprendido en el intervalo de $2,30$ y $2,80 \times 10^{-1}$ g/mol (de Queiroz Antonino *et al.*, 2017).

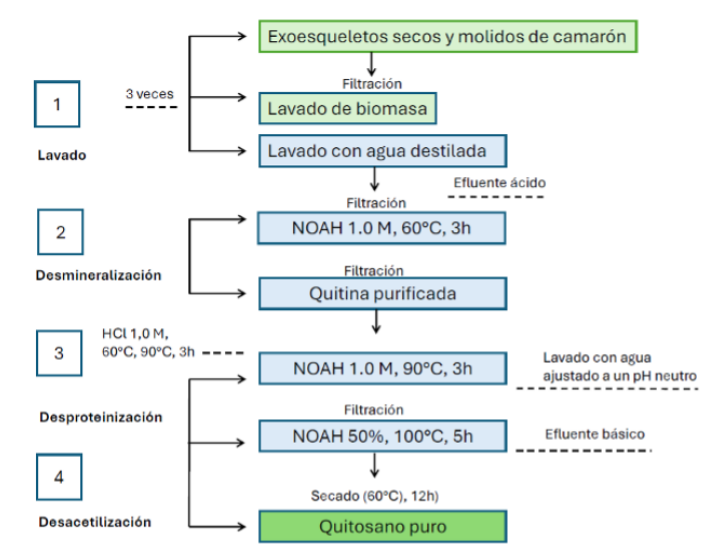


Figura 1. Proceso de obtención de quitosano a partir de camarón (*Litopenaeus vannamei*).

Caracterización del agua residual

Para este objetivo se tomaron 4 litros de agua residual doméstica de una trampa de grasa, del nivel 1, donde aún no es sometida al tratamiento primario. Cada muestra se consideró representativa del lugar. Las muestras fueron llevadas a dos laboratorios: IPSOMARY S.A. (laboratorio acreditado) y el Laboratorio de Suelos y Aguas de la Universidad Agraria, para su caracterización inicial.

Análisis de la dosis óptima. Se realizaron tres muestras y un testigo. Tomando los 4L de la muestra representativa recolectada, se colocaron en matraces de 500mL, añadiendo las dosis correspondientes de biocoagulantes según cada tratamiento. Mediante agitación manual durante 2 minutos se removió la solución y se dejó reposar

durante 1 hora. Al pasar este tiempo se evidenció la formación de flocúlos y sedimentos en cada una de las muestras tratadas. Después se procedió a realizar una caracterización final de pH, turbidez y sólidos disueltos totales.

Análisis estadístico

Se emplearon técnicas estadísticas de análisis descriptivo (media, varianza y desviación estándar). Los datos obtenidos fueron tabulados para elaborar cuadros y gráficos para el análisis estadístico descriptivo. Se aplicó análisis estadístico inferencial mediante prueba de hipótesis con respecto a los parámetros establecidos de pH, turbidez y sólidos disueltos totales. En el análisis estadístico se aplicó ANOVA y la prueba de Tukey, que permiten comparar los efectos de dos fuentes

de variación, evaluando uno o más factores al diferenciar las medias de las variables dependientes en los diversos niveles de los factores con relación al porcentaje en el tratamiento.

III. RESULTADOS

Caracterización inicial del agua residual

El cuadro 1 presenta los resultados de la

caracterización inicial del agua residual doméstica realizada en el laboratorio acreditado IPSOMARY S.A. Los valores iniciales de aceites y grasas fueron de 1,630 mg/L, la DQO alcanzó 2,750mg/L y el pH fue de 5,82, lo que indica una alta carga contaminante proveniente de las actividades del restaurante.

Tabla 1. Parámetros de caracterización inicial y final de aguas residuales domésticas.

Parámetro	Unidad	Valor inicial	Valores finales	Reducción (%)
Aceites y grasas	mg/L	1,630	121	92,6
DQO	mg/L	2,750	1,535	44,2
pH		5,82	6,45	-
Turbidez	NTU	348	149	57
Sólidos disueltos totales	mg/L	1,450	899	38
pH	-	5,9	6,38	-

La caracterización realizada en el Laboratorio de Suelos y Aguas de la Universidad Agraria mostró valores iniciales de turbidez de 348 NTU, sólidos disueltos totales de 1,450mg/L y pH de 5,90. Estos resultados confirman que el agua se encontraba

contaminada por un gran volumen de aceites, grasas y materia orgánica en descomposición, debido a que el restaurante arroja los residuos al fregadero durante el lavado de platos (Figura 2).

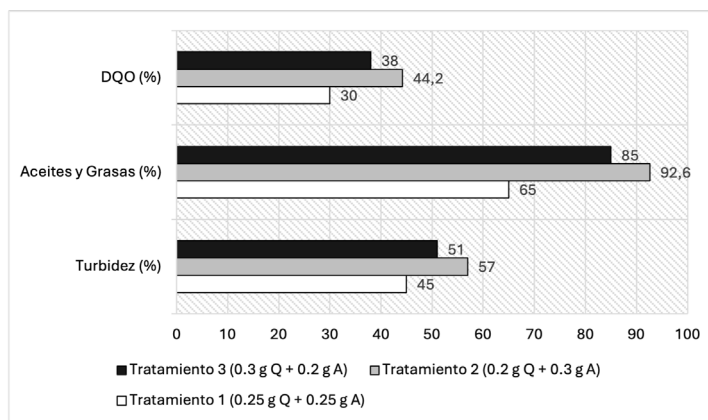


Figura 2. Aguas domésticas tratadas con el coagulante de quitosano y almidón de maíz

Análisis de la dosis óptima de biocoagulantes. De acuerdo con el análisis de variancia (ANOVA) y el Test de Tukey, se evidenció que el tratamiento 2 es más efectivo que los otros, con un valor $F=70,11$ y $p\text{-valor}=0,0001$. Debido a que el nivel de significancia es menor a 0,05, se acepta la hipótesis alternativa (H_a) y se rechaza la hipótesis nula (H_0).

El tratamiento 2, compuesto por 0,3g de almidón de maíz y 0,2g de quitosano, demostró ser la dosis más efectiva para la reducción de turbidez,

logrando un porcentaje de remoción promedio del 57%. Este resultado se atribuye a la capacidad del almidón de maíz para formar puentes entre las partículas coloidales, mientras que el quitosano actúa desestabilizando las cargas de la materia orgánica en suspensión.

Comparación de resultados iniciales y finales. Los resultados finales obtenidos en el laboratorio acreditado IPSOMARY S.A., una vez aplicada la dosis óptima de biocoagulantes. Se evidenció una reducción del 92,6% en aceites y

grasas (de 1,630mg/L a 121mg/L) y del 44,2% en DQO (de 2,750mg/L a 1,535mg/L). Esta considerable reducción se debe a que al aplicar los biocoagulantes se logró la coagulación y floculación de los contaminantes, los cuales fueron removidos mediante filtración con toallas absorbentes.

En turbidez, se observó una reducción promedio del 57% en el resultado final, lo cual se debe a que se consiguió desestabilizar las cargas de la materia orgánica en suspensión y se formaron pequeños flóculos sedimentables. En cuanto a los sólidos disueltos totales, casi todas las dosis resultaron efectivas, como indicó el análisis estadístico.

IV. DISCUSIÓN

El método de Hernández *et al.* (2009), aunque con algunos ajustes, demostró ser eficaz para la elaboración del quitosano con un grado de desacetilación mayor al 80%. Sin embargo, se encontró que el uso de ácidos y bases en solución para la desmineralización y desproteínización no logra la obtención de quitosano con altos grados de pureza, mientras no se asegure un proceso de desacetilación cuidadoso, por otra parte, el grado de desacetilación bacteriana que alcanza ronda el 74,9% (Rakshit, *et al.*, 2023), lo que permite entender las propiedades de mucoadhesividad y unión a las moléculas de colesterol.

Los resultados obtenidos demuestran que la combinación de quitosano y almidón de maíz como biocoagulantes representa una alternativa viable, económica y sostenible con el medio ambiente para el tratamiento de aguas residuales domésticas con alto contenido de grasas y aceites. La efectividad del tratamiento se debe a la sinergia entre ambos biocoagulantes: el quitosano, por su naturaleza policatiónica, neutraliza las cargas negativas de las partículas coloidales presentes en el agua, mientras que el almidón de maíz facilita la formación de flóculos de mayor tamaño y densidad, promoviendo una mejor sedimentación. Los prometedores resultados de este estudio abren un amplio abanico de oportunidades para futuras investigaciones y desarrollos tecnológicos. Es imperativo avanzar hacia la optimización del proceso de producción mediante métodos biotecnológicos, como la desacetilación enzimática del quitosano (Harmsen, *et al.*, 2019), y validar su rendimiento técnico-

económico a través de un escalamiento a nivel piloto e industrial, lo que abre una oportunidad biotecnológica (Bonin *et al.*, 2020). Se recomienda explorar sinergias con otros biocoagulantes nativos, como los extraídos de moringa o nopal, y expandir su aplicación a efluentes de industrias clave como la láctea o la pesquera. Para una comprensión más profunda de los mecanismos de acción, será crucial realizar una caracterización físico-química avanzada mediante técnicas como FTIR (Okwuenu *et al.*, 2025) y SEM (Soygun *et al.*, 2020), complementada con un análisis de ciclo de vida que cuantifique su sostenibilidad integral (Piekarska *et al.*, 2023). Se debe caracterizar nuevas quitinas desacetilasas como la que se activa en frío para la producción ecológica de quitosano bioactivo a partir de *Shewanella psychrophila* WP2 (SpsCDA) se sobreexpresó en *Escherichia coli* BL21 (Abd El-Ghany *et al.*, 2025) Seguido de la modificación química de los polímeros que podría mejorar su efectividad, mientras que la investigación sobre la recuperación, reutilización del coagulante y la valorización de los lodos generados (para compostaje o biogás) fortalecería su perfil de economía circular (Romal *et al.*, 2025). Finalmente, estos esfuerzos deberían culminar en la propuesta de una normativa técnica nacional que estandarice el uso de biocoagulantes, facilitando así su transferencia tecnológica y adopción a gran escala.

V. CONCLUSIONES

En síntesis, la investigación valida de manera concluyente la viabilidad técnica del sistema binario quitosano (*L. vannamei*) / almidón (*Z. mays*) como una estrategia de tratamiento robusta y sostenible. La interacción sinérgica entre ambos biopolímeros demostró una eficiencia estadística superior ($F=70.11$; $p<0.0001$), alcanzando remociones críticas del 92,6% en aceites y grasas y 57% en turbidez. Este rendimiento se sustenta en un mecanismo físico-químico acoplado, donde el comportamiento policatiónico del quitosano desestabiliza las cargas coloidales, mientras que la matriz reticular del almidón maximiza la formación de flóculos densos mediante puenteo polimérico. Desde una perspectiva de economía circular, esta formulación no solo ofrece una

alternativa competitiva frente a los coagulantes inorgánicos convencionales, sino que materializa la revalorización de subproductos agroindustriales masivos, mitigando a la vez el impacto de los vertidos domésticos y la gestión de residuos sólidos.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abd El-Ghany, M. N., Hamdi, S. A., Zahran, A. K., Abou-Taleb, M. A., Heikel, A. M., Abou El-Kheir, M. T., Farahat, M. G. (2025). Characterization of novel cold-active chitin deacetylase for green production of bioactive chitosan. *AMB Express*, 15(1):5. <https://doi.org/10.1186/s13568-024-01804-2>

Albarracín, P. (2015). Evaluación y caracterización de grasas y aceites residuales de cocina para la producción de biodiésel: Un caso de estudio. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*. 31(3):295-304.

Bonin, M., Sreekumar, S., Cord-Landwehr, S., Moerschbacher, B. M. (2020). Preparation of Defined Chitosan Oligosaccharides Using Chitin Deacetylases. *International journal of molecular sciences*, 21(21), 7835. <https://doi.org/10.3390/ijms21217835>

Calles, C., Águila, A., Flores, A., Viveros, N., Ramos, C. (2009). Obtención y caracterización de quitosano a partir de exoesqueletos de camarón. *Superficies y Vacío*. 22(1):57-60.

Calles, J. (2012). El agua en el Ecuador. Disponible en: <http://agua-ecuador.blogspot.com/2012/04/la-contaminacion-del-aguaen-ecuador.html>

Instituto Nacional de Estadística y Censos, INEC. (2016). Documento técnico. Información Ambiental en Hogares 2016. Disponible en: http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Hogares/Hogares_2016/Documento%20tecnico.pdf

Dang, X., Han, S., Wang, X. (2025). Versatile corn

starch-based sustainable food packaging with enhanced antimicrobial activity and preservative properties. *Journal of colloid and interface science*, 694, 137698. <https://doi.org/10.1016/j.jcis.2025.137698>

De Queiroz Antonino, R. S. C. M., Lia Fook, B. R. P., De Oliveira Lima, V. A., De Farias Rached, R. Í., Lima, E. P. N., Da Silva Lima, R. J., Peniche Covas, C. A., Lia Fook, M. V. (2017). Preparation and Characterization of Chitosan Obtained from Shells of Shrimp (*Litopenaeus vannamei* Boone). *Marine drugs*, 15(5):141. <https://doi.org/10.3390/md15050141>

Deng, B., Gu, J., Zhang, S., Huang, J.; Zhang, X., Zhou, J., Wang, W., Fan, B., Liu, J., Li, L., Su, M., Li, B. (2024). Low-Cytotoxicity, Broad-Spectrum Corn Starch-Based Antibacterial Particles that Inhibit Multidrug-Resistant Bacteria. *ACS applied bio materials*, 7(1):256-268. <https://doi.org/10.1021/acsabm.3c00848>

Elias, X. (2006). Reciclaje de residuos industriales: Residuos sólidos urbanos y fangos de depuradora. Ediciones Díaz de Santos. Madrid, España. 686p.

Guzmán Sánchez, A. F., Huertas Daza, E. D., Y Jaimes Galvis, D. C. (2025). Diagnóstico y propuesta de optimización hidráulica técnico-ambiental para la planta de tratamiento de agua potable del sector 46 de la vereda Mancilla en el municipio de Facatativá, Cundinamarca. *Luna Azul*, (59), 195-219. <https://doi.org/10.17151/luaz.2024.59.10>

Harmsen, R. A. G., Tuveng, T. R., Antonsen, S. G., Eijnsink, V. G. H., Sørli, M. (2019). Can we make Chitosan by Enzymatic Deacetylation of Chitin?. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 24(21):3862. <https://doi.org/10.3390/molecules24213862>

Kour, M., Chaudhary, S., Kumar, R. (2025). Divulging the contrasting potential of sustainable starch based bioplastic films derived from *Zea mays* and *Colocasia* esculenta incorporated with chitosan and CQDs: detailed characterization and efficient role in lychee fruit packaging. *International journal of biological macromolecules*, 309(Pt 2), 142996. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2025.142996>

- Ministerio del Ambiente del Ecuador, MAE. (2012). Listado Nacional de Desechos Peligrosos y Especiales. Registro Oficial N° 856. Quito, Ecuador.
- Okada, M. y Peterson, S.A. (2000). Water pollution control policy and management. The Japanese experience. GYOSEI. Tokyo, Japan. 4p.
- Okwuenu, P. C., Onosakponome, I., Oparaji, E. H., Isoje, A. O. (2025). Characterization of chitin and chitosan from shells of water snail (*Pila ampullacea*) using Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR). *International journal of biological macromolecules*, 333(Pt 2), 149012. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2025.149012>
- Piekarska, K., Sikora, M., Owczarek, M., Józwił-Pruska, J., Wiśniewska-Wrona, M. (2023). Chitin and Chitosan as Polymers of the Future-Obtaining, Modification, Life Cycle Assessment and Main Directions of Application. *Polymers*, 15(4):793. <https://doi.org/10.3390/polym15040793>
- Rakshit, S., Pal, K., Mondal, S., Jana, A., Mondal, K. C., Halder, S. K. (2023). Extraction of chitosan from biologically-derived chitin by bacterial chitin deacetylase: Process optimization and product quality assessment. *International journal of biological macromolecules*, 244, 125389. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.125389>
- Ricardo Starbird, P. (2011). Obtención de quitosano a partir de desechos de camarón. *Tecnología en Marcha*. 24(3):21-30.
- Romal, J. R. A., Cheng, M. H., Ong, S. K. (2025). The recovery of dysprosium(III) using a modified phosphorylated chitosan resin by rapid small-scale column testing and its environmental impact assessment. *Journal of environmental management*, 380:125117. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2025.125117>
- Rudel Olmos, P., Colaboradores. (2003). El agua en el medio ambiente: muestreo y análisis. Editorial Plaza y Valdés S.A. de C.V. México. p.24-25.
- Soygun, K., Soygun, A., Dogan, M. C. (2020). The effect of gastric acid on chitosan modified glass ionomer cement: SEM-EDS. *Microscopy research and technique*, 83(1):3-9. <https://doi.org/10.1002/jemt.23382>

Relación entre crecimiento vegetativo y producción de maní (*Arachis hypogaea* L.) en la Amazonía ecuatoriana

Marco Vizuete-Montero^{1*}; Carlos Carpio-Quillay²; Jennifer Vargas-Bereche³;
Liseth Grefa-Alvarado⁴; Carlos García-Vargas⁵; Martha Calle-Urgiles⁶

Resumen

El maní (*Arachis hypogaea* L.) se presenta como una alternativa promisoriosa para la diversificación agrícola de la Amazonía ecuatoriana; sin embargo, las relaciones entre crecimiento vegetativo y productividad permanecen poco exploradas en ecosistemas tropicales húmedos. Este estudio evaluó experimentalmente, durante 75 días posteriores a la siembra, las relaciones entre parámetros morfológicos y variables productivas del cultivo mediante ensayos de campo en condiciones edafoclimáticas amazónicas. Se implementó un diseño experimental con 270 plantas distribuidas en tres tratamientos de fertilización (T1:0.38 g/planta; T2: 0.75 g/planta; T3: 1.50 g/planta), con aplicaciones quincenales. Se evaluaron altura de planta, diámetro de tallo, número de ramas, flores y vainas, así como la masa de vaina y semilla. Los análisis estadísticos incluyeron análisis de varianza, prueba de Tukey y Análisis de Componentes Principales (ACP). Los resultados evidenciaron diferencias estadísticamente significativas en la altura de la planta ($p=8.6e-5$) entre tratamientos, indicando una respuesta del crecimiento vegetativo al nivel de fertilización durante el periodo evaluado. En contraste, no se observaron diferencias estadísticamente significativas en el peso de la semilla ($p=0.263$), lo que demuestra que el incremento del crecimiento vegetativo no se tradujo en aumentos productivos en las fases tempranas del cultivo. El APC explicó el 68.2% de la variabilidad total, identificando una diferenciación funcional entre variables vegetativas y reproductivas en condiciones locales.

Palabras clave: *Arachis hypogaea*, ecosistema tropical, fertilizaciones diferenciadas, compensaciones fisiológicas, productividad agrícola.

Relationship between vegetative growth and production of peanut (*Arachis hypogaea* L.) in the Ecuadorian Amazon

Abstract

Peanuts (*Arachis hypogaea* L.) are a promising alternative for agricultural diversification in the Ecuadorian Amazon; however, the relationships between vegetative growth and productivity remain poorly explored in humid tropical ecosystems. This study experimentally evaluated, for 75 days after planting, the relationships between morphological parameters and crop productivity variables through field trials under Amazonian soil and climate conditions. An experimental design was implemented with 270 plants distributed across three fertilization treatments (T1: 0.38 g/plant; T2: 0.75 g/plant; T3: 1.50 g/plant), with fortnightly applications. Plant height, stem diameter, number of branches, flowers, and pods were evaluated, as well as pod and seed mass. Statistical analyses included analysis of variance, Tukey's test, and principal component analysis (PCA). The results showed statistically significant differences in plant height ($p=8.6e-5$) between treatments, indicating a response of vegetative growth to the level of fertilization during the evaluation period. In contrast, no statistically significant differences were observed in seed weight ($p=0.263$), demonstrating that increased vegetative growth did not translate into increased production in the early stages of cultivation. PCA explained 68.2% of the total variability, identifying a functional differentiation between vegetative and reproductive variables under local conditions.

Keywords: *Arachis hypogaea*, tropical ecosystem, differentiated fertilization, physiological trade-offs, agricultural productivity.

Recibido: 17 de julio 2025
Aceptado: 31 de marzo 2026

¹ Escuela Superior Politécnica de Chimborazo; marco.vizuete@esepoch.edu.ec; <https://orcid.org/0000-0001-8272-419X>

² Escuela Superior Politécnica de Chimborazo; julio.carpio@esepoch.edu.ec; <https://orcid.org/0009-0006-3032-7364>

³ Escuela Superior Politécnica de Chimborazo; jennifer.vargas@esepoch.edu.ec; <https://orcid.org/0009-0008-8422-8390>

⁴ Escuela Superior Politécnica de Chimborazo; liseth.grefa@esepoch.edu.ec; <https://orcid.org/0009-0002-5046-4578>

⁵ Investigador independiente; carlytos24@gmail.com; <https://orcid.org/0009-0007-4525-2104>

⁶ Unidad Educativa Presidente Tamayo; marthacalle75@yahoo.es; <https://orcid.org/0009-0007-7939-4426>

*Autor de correspondencia

I. INTRODUCCIÓN

El maní (*Arachis hypogaea L.*) es una leguminosa oleaginosa de importancia económica mundial, cultivada principalmente en regiones tropicales y subtropicales por pequeños, medianos y grandes productores comerciales (Desmae et al., 2022). Esta especie tetraploide, única en su género, presenta características geocárpicas distintivas que han llevado a su adaptación en diversos ecosistemas agrícolas (Song et al., 2023). En la región amazónica ecuatoriana, el cultivo de maní representa una alternativa potencial para la diversificación agrícola, dado su uso tanto en sistemas de subsistencia como en esquemas productivos de pequeña escala, especialmente en contextos de agricultura sostenible (Abady et al., 2019 ; Dey et al., 2004).

A pesar de su relevancia agronómica, existe una brecha significativa de información experimental sobre la relación específica entre crecimiento vegetativo y la producción de maní bajo condiciones edafoclimáticas propias de la Amazónica ecuatoriana. Investigaciones previas se han centrado principalmente en regiones semiáridas de África y Asia, donde las condiciones climáticas y edáficas difieren considerablemente del ecosistema tropical amazónico (Olayinka y Etejere, 2015). Esta diferencia ambiental limita la extrapolación directa de los resultados y subraya la necesidad de investigaciones locales que permitan comprender el comportamiento del cultivo en ambientes locales.

Estudios recientes han demostrado y comprobado que el crecimiento vegetativo del maní presenta correlaciones positivas significativas con el rendimiento final. El rendimiento de semillas correlaciona positivamente con todos los parámetros fisiológicos de crecimiento ($r^2 = 0,69-0,95$), indican la importancia de estos índices como predictores de productividad (Naab et al., 2009). Las investigaciones de Asante et al. (2020); Paredes et al. (2025), sugieren que las rizobacterias promotoras del crecimiento influyen en el crecimiento, rendimiento y absorción de nutrientes, estableciendo vínculos entre desarrollo vegetativo y productividad.

Dentro de la importancia que tiene esta investigación está en conocer las relaciones que existe entre crecimiento vegetativo y producción en el maní amazónico es crucial para desarrollar estrategias de manejo específico que optimicen la productividad en

este ecosistema único. Por otro lado, las leguminosas son importantes para el bienestar ambiental, dado que contribuyen a reducir las emanaciones de gases de efecto invernadero, ya que liberan de entre 5 y 7 veces menos los Gases de Efecto Invernadero (GEI) por unidad de área comparando con otros cultivos, lo que refuerza su importancia en sistemas agrícolas sostenibles y resilientes (Desmae et al., 2022); Asante et al. (2020). Los sistemas de cultivos diversificados, especialmente aquellos que incluyen leguminosas, han demostrado ventajas de rendimiento del 20% en sistemas basados en leguminosas, subrayando el potencial que tiene el maní en la agricultura amazónica.

En este contexto, se plantea la hipótesis de que existen asociaciones entre parámetros de crecimiento vegetativo (altura de la planta, diámetro del tallo y número de ramas) y variables productivas del maní, las cuales pueden manifestarse de manera diferenciada bajo distintos niveles de fertilización. Dichas asociaciones, sin embargo, pueden variar según el momento fenológico evaluado y las condiciones ambientales específicas, por lo que se deben evaluar con cautela.

Por lo tanto, el presente trabajo investigativo tuvo como objetivo evaluar experimentalmente las relaciones entre crecimiento vegetativo y producción en maní bajo las fases vegetativas y reproductivas tempranas, mediante ensayos de campo en la finca experimental de “La Belleza” del cantón Francisco de Orellana (El Coca). Los resultados buscan aportar evidencia empírica local, que contribuya al entendimiento del comportamiento agronómico del maní en condiciones amazónicas, sin pretender extrapolaciones más allá del periodo evaluado.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño y lugar de estudio

Esta investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo de tipo experimental, para ello se utilizó el método experimental puro, esto permitió establecer relaciones causales entre el tipo de fertilización y las variables agronómicas del cultivo de maní (*Arachis hypogaea L.*). Se aplicó un muestreo probabilístico aleatorio estratificado, lo que permitió asegurar representatividad en las unidades muestrales y controlar el efecto borde, garantizando la validez interna del estudio (Fuentes y Cordovil, 2021).

La investigación se efectuó en la Finca experimental “La Belleza” ubicada geográficamente en las coordenadas Zona 18 M; Coordenada este 272857.55 m E; Coordenada Norte 9929695.72 m S, en la región amazónica ecuatoriana. Este predio corresponde a un ecosistema tropical húmedo con precipitación anual promedio de 3200 mm, con una temperatura promedio de 26°C y con una humedad relativa del 85%.

Población y muestra

La población experimental consistió en 900 plantas de maní (*Arachis hypogaea L.*) distribuida uniformemente en el área de estudio. El tamaño de la muestra se determinó mediante análisis de potencia estadística, considerando un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$ y una potencia del 80% para detectar diferencias mínimas significativas entre tratamientos (Festing, 2018).

Para el control del efecto borde, se estableció una zona de amortiguamiento de 0,5 metros alrededor de cada unidad experimental, excluyendo estas plantas de las evaluaciones para evitar inferencias de factores externos que pudiera afectar la validez de los resultados (Vásquez et al., 2024). Por tanto, la muestra efectiva consistió en 30 plantas por unidad experimental, seleccionadas aleatoriamente de la zona central de la parcela, utilizando 270 plantas para las evaluaciones (Carvajal et al., 2025).

Instrumentos de recolección de datos

Se emplearon instrumentos calibrados y validados, como fue la cinta métrica para medición de altura, calibrador Vernier para el diámetro del tallo y balanza digital de precisión para la determinación de la masa de vainas y semillas. Los registros del número de ramas, flores y vainas se realizaron de forma manual. La recolección de datos se efectuó en intervalos de 15 días hasta los 75 días posteriores a la siembra, periodo que corresponde a las fases vegetativas y reproductivas tempranas del cultivo, siguiendo el procedimiento descrito por (Gómez y Gómez, 2004). Este periodo evaluado no cubre el ciclo fenológico completo del maní ni su madurez fisiológica.

Definición de variables.

Las variables independientes correspondieron

al tipo de tratamiento de fertilización T1 (0.38 g/planta), T2 (0.75 g/planta), T3 (1.50 g/planta), aplicados de manera uniforme en todas las unidades experimentales.

Las variables dependientes fueron: altura de la planta (cm), diámetro del tallo (mm), número de ramas, número de flores, número de vainas, masa de la vaina (g), masa de la semilla (g). Finalmente, la variable de control fue el manejo agronómico uniforme aplicado durante todo el periodo experimental.

Análisis estadístico

Los datos fueron procesados con el software RStudio 4.4.2. Se aplicó estadística descriptiva, ANOVA para determinar diferencias significativas entre tratamientos, y la prueba de Tukey al 5% ($p < 0.05$).

Adicionalmente se realizó un Análisis de Componentes Principales (ACP) para explorar relaciones multivariadas entre variables de crecimiento vegetativo y producción. La interpretación de los resultados estadísticos se limitó al periodo evaluado (75 días posteriores a la siembra), sin extrapolaciones al rendimiento final del cultivo, considerando que no se evaluaron las fases fenológicas avanzadas (R6-R8) del maní (R Core Team, 2023).

II. RESULTADOS

De acuerdo a la Figura 1, se muestra la altura de las plantas de maní en función a tres tratamientos (T1, T2, T3), cada una con tres réplicas (R1, R2, R3). Se observa una variabilidad entre tratamientos, donde T1 presenta alturas menores (0-40 unidades), mientras tanto T2 muestra un incremento notable (40-60 unidades) y T3 alcanza las mayores alturas, aunque con cierta dispersión en sus réplicas. Esta distribución indica diferencias en el crecimiento vegetativo asociadas a los tratamientos de fertilización, las cuales fueron confirmadas mediante el análisis estadístico, sin que ello implique una superioridad agronómica absoluta de un tratamiento sobre otro. La variabilidad intra-tratamiento sugiere la influencia de factores ambientales y heterogeneidad experimental, propios de ensayos de campo.

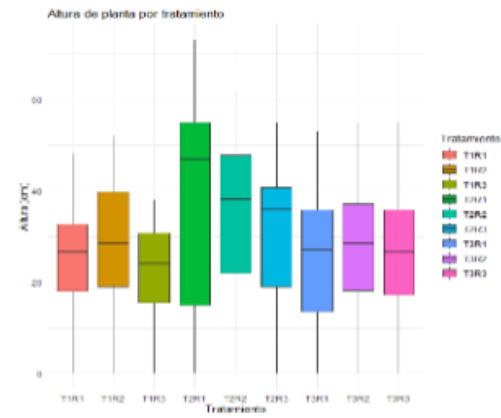


Figura 1. Altura de la planta de maní por tratamiento

De acuerdo a la Figura 2, la distribución del peso de las semillas de maní por tratamiento muestra valores entre 0 y 40 gramos, el tratamiento T1R1 presenta valores dispersos, alcanzando hasta 37 g; mientras tanto el T1R2 y T1R3 registran máximos cercanos a 40 g y 30 g respectivamente. Así mismo, T3R1 representa varios valores entre 30 y 40 g.

Si bien se observan diferencias descriptivas entre tratamientos y réplicas, estas no representan diferencias estadísticamente significativas, por lo que las variaciones observadas deben interpretarse como tendencias y no como efectos atribuibles directamente al tratamiento de fertilización. Además, se evidencia una alta variabilidad intra-tratamiento.

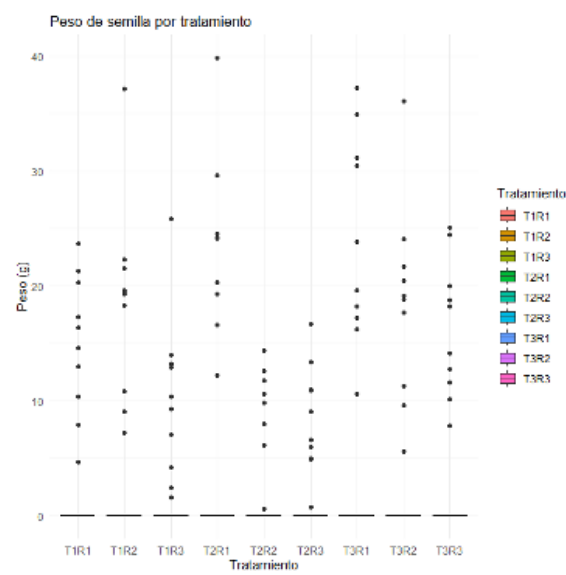


Figura 2. Peso de semilla por tratamiento

De acuerdo a la Tabla 1, el análisis de varianza (ANOVA) revela diferencias altamente significativas con un $(p = 8.6 \times 10^{-5})$, lo que indica que al menos uno de los tratamientos influyó de manera distinta sobre esta variable. la suma de cuadrados (9651) y media cuadrática (1206) asociadas al factor de

tratamiento con los valores residuales (1283332), evidenciado la existencia de variabilidad atribuible al tratamiento. Estos resultados confirman diferencias estadísticas en el crecimiento vegetativo, limitadas exclusivamente a la variable altura de planta dentro del periodo evaluado.

Tabla 1. Análisis de varianza (ANOVA), altura planta

	Df	Sum	Mean	F. value	Pr (>F)
Tratamiento	8	9651	1206	4.146	08.6e-05 ***
Residuales	441	1283332	291		

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Según los resultados presentados en la Tabla 2, el análisis de varianza corresponde al peso de la semilla no mostró diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos ($p= 0.263$). El valor de F obtenido no superó el valor crítico esperado, y la mayor proporción de la variabilidad total se explicó por el

error residual. Estos resultados indican que, durante el periodo evaluado, el tratamiento de fertilización no tuvo un efecto estadísticamente detectable sobre el peso de la semilla, por lo que no es posible establecer diferencias productivas entre tratamientos para esta variable.

Tabla 2. Análisis de varianza (ANOVA), peso de semilla

	Df	Sum	Mean	F. value	Pr (>F)
Tratamiento	8	557	69,64	1.259	0.263
Residuales	441	24385	55.29		

Con base a la Figura 3, el Análisis de Componentes Principales (PCA) permitió explorar la estructura multivariada de los datos, donde el primer componente (Dim1) explicó el 68.2% de la variabilidad total. Las variables altura de la planta, diámetro de tallo, peso de la semilla y peso de la vaina mostraron patrones diferenciados en el espacio

bidimensional. La disposición de las variables sugiere asociaciones funcionales entre componentes vegetativos y reproductivos, sin establecer relaciones causales ni jerárquicas de desempeño entre tratamientos. La contribución equilibrada de las variables al eje principal indica que ninguna de ellas domina de forma exclusiva la estructura de los datos.

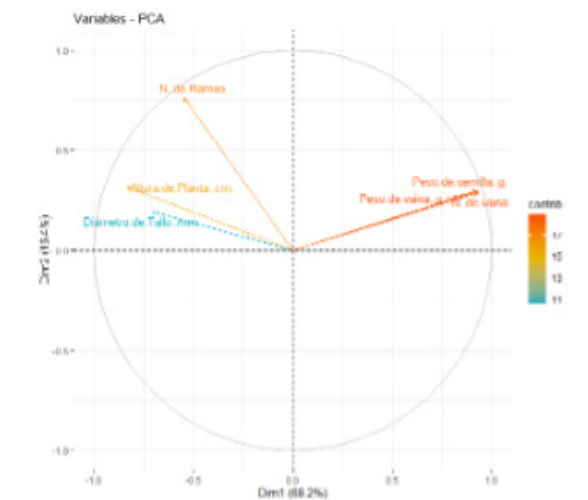


Figura 3. Gráficos de variables

Finalmente, la Figura 4, muestra la distribución de los tratamientos en el espacio definido por el APC. Los tratamientos T2R1 y T3R1 se agrupan en el extremo positivo del primer componente, asociado a valores relativamente mayores de variables vegetativas y reproductivas. Esta agrupación debe interpretarse como un patrón multivariado descriptivo, y no como

evidencia de optimización o superioridad productiva, especialmente considerando que algunas variables clave no presentaron diferencias estadísticamente significativas. Los restantes tratamientos se distribuyen en posiciones intermedias o negativas del eje principal, reflejando la variabilidad observada en el conjunto de datos.

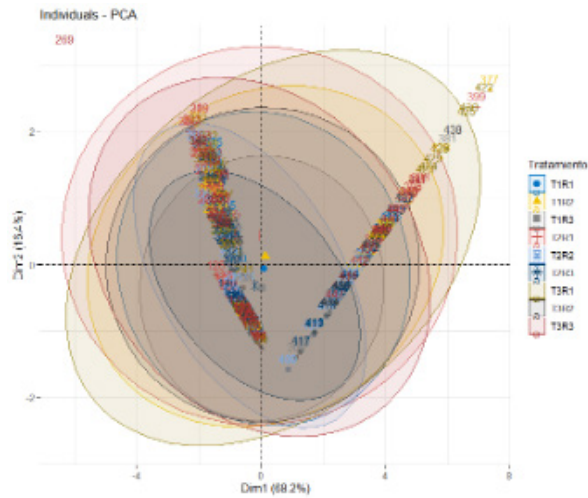


Figura 4. Individuos por tratamiento

III. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los resultados obtenidos en este estudio evidencian diferencias estadísticamente significativas en la altura de la planta del maní entre tratamientos de fertilización ($p=8.6 \times 10^{-5}$), resultado que corresponde exclusivamente al crecimiento vegetativo durante el periodo evaluado. En particular, el tratamiento T3 mostró valores superiores de la altura, lo cual indica una respuesta diferenciada al nivel de fertilización aplicado, sin que ello implique una mejora integral del rendimiento del cultivo. Este comportamiento es coherente con lo reportado por Abady et al. (2019); Akram et al. (2018), quienes documentaron que la fertilización influye principalmente en el desarrollo vegetativo inicial del maní.

Es importante destacar que los resultados del presente estudio se limitan a las variables evaluadas y al periodo experimental de 75 días posteriores a la siembra, por lo que las inferencias deben restringirse a estas condiciones. En este sentido, Valdés et al. (2024) reportaron incrementos del 20 – 30% en la altura de plantas asociadas a prácticas de manejo nutricional, dichos estudios se desarrollaron en contextos edafoclimáticos distintos, lo que limita su comparación directa con los resultados obtenidos en la Amazonía ecuatoriana.

La variabilidad observada entre réplicas dentro de un mismo tratamiento puede atribuirse a la heterogeneidad natural del suelo amazónico. Según Sánchez et al. (2024), los ecosistemas tropicales húmedos presentan mayor variabilidad espacial en sus propiedades edáficas en comparación con

ambientes semiáridos, lo que pueden generar respuestas diferenciadas en el crecimiento vegetativo. En el presente estudio, esta variabilidad se manifestó incluso bajo condiciones de manejo agronómico estable, lo que sugiere la influencia de factores edáficos y microclimas no controlados. Resultados similares han sido reportados por Valdés et al. (2024); Montero (2020); sin embargo, en este trabajo dicha heterogeneidad se reconoce como una fuente de variación experimental más que como un efecto atribuible al tratamiento.

En relación con el peso de la semilla, los resultados obtenidos en este estudio no mostraron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos ($p=0.263$). Este hallazgo indica que, durante el periodo evaluado, el incremento del crecimiento vegetativo no se produjo en un aumento proporcional de la producción reproductiva. Si bien Ramírez et al. (2023) reportaron correlaciones positivas entre variables de crecimiento y rendimiento final del maní, estos autores evaluaron el cultivo hasta fases avanzadas del ciclo fenológico, lo cual difiere del alcance temporal del presente estudio.

Por lo tanto, la ausencia de significancia estadística en el peso de la semilla debe interpretarse como parte del estudio y no como una contradicción directa con la literatura existente, sino más bien como una evidencia de que las relaciones entre crecimiento vegetativo y productividad pueden variar según el momento fenológico evaluado. En este contexto, Bozzer y Cisneros (2024), señalan que el llenado de semillas ocurre principalmente durante las fases R5-

R8, etapas que no fueron cubiertas en el presente experimento.

El Análisis de Componentes Principales (PCA), permitió explorar la estructura multivariada de los datos, mostrando que el primer componente explicó el 68.2% de la variabilidad total. En este estudio, el ACP se utilizó como una herramienta exploratoria, evidenciando una diferenciación funcional entre variables vegetativas y reproductivas, sin establecer relaciones causales ni jerárquicas de desempeño entre tratamientos. Resultados comparables han sido reportados por Bozzer y Cisneros (2024); Zhang et al. (2023); no obstante en el presente trabajo el ACP se interpreta únicamente como un apoyo para la comprensión conjunta de las variables evaluadas.

La agrupación de algunos tratamientos en el espacio multivariado, como T2R1 y T3R1, deben entenderse como un patrón descriptivo, asociado a combinaciones particulares de variables, y no como evidencia de optimización agronómica. Estudios como el de Asante et al. (2020); Paredes et al. (2025), han identificado patrones similares mediante técnicas de fenotipado avanzado, sin embargo, las comparaciones deben realizarse con cautela debido a las diferencias metodológicas y temporales entre estudios.

Finalmente, los resultados de este estudio se interpretaron considerando las limitaciones experimentales, particularmente la duración del ensayo y la variabilidad ambiental inherente al sistema amazónico. En este sentido, los hallazgos obtenidos constituyen una aproximación inicial al análisis de las relaciones entre crecimiento vegetativo y producción temprana del maní en la Amazonía ecuatoriana, aportando evidencia empírica local sin pretender generalizaciones más allá del alcance experimental evaluado.

IV. CONCLUSIONES

El presente estudio permitió evaluar las relaciones entre crecimiento vegetativo y producción temprana del maní (*Arachis hypogaea* L) bajo condiciones edafoclimáticas de la Amazonía ecuatoriana, considerando un periodo experimental de 75 días posteriores a la siembra, correspondiente a las fases vegetativas y reproductivas iniciales del cultivo.

Los resultados evidenciaron que la fertilización diferenciada generó diferencias estadísticamente

significativas únicamente en la altura de la planta, lo que indica una respuesta del crecimiento vegetativo al nivel de la fertilización aplicada durante el periodo evaluado. Este efecto se restringe al desarrollo vegetativo temprano y no puede interpretarse como una mejora integral del desempeño productivo del cultivo.

En contraste, no se detectaron diferencias estadísticamente significativas en el peso de la semilla entre tratamientos, lo que demuestra que el incremento del crecimiento vegetativo no se tradujo en aumentos productivos durante el proceso de evaluación. Este resultado pone de manifiesto que las relaciones entre crecimiento vegetativo y producción no son necesariamente lineales, especialmente cuando el cultivo no alcanza la madurez fisiológica.

Por otro lado, el análisis de Componentes Principales explicó una proporción elevada de la variabilidad total y permitió identificar una diferenciación funcional entre variables vegetativas y reproductivas. No obstante, estos patrones deben interpretarse de manera exploratoria, sin establecer relaciones causales ni jerarquías de desempeño entre tratamientos, y reconociendo la influencia de la variabilidad ambiental inherente de los sistemas amazónicos.

En conjunto, los resultados confirman que las inferencias del estudio deben limitarse estrictamente al periodo evaluado, ya que no se analizaron las fases fenológicas avanzadas responsables del llenado de semillas y del rendimiento final del cultivo. En este sentido, el estudio aporta evidencia empírica local relevante, pero parcial, sobre el comportamiento temprano del maní en la Amazonía ecuatoriana.

Finalmente, se concluye que las futuras investigaciones deberían extender el periodo experimental hasta la madurez fisiológica del cultivo, incorporar evaluaciones adicionales del rendimiento final y considerar diseños experimentales con mayor control de la variabilidad ambiental, con el fin de comprender de manera integral las relaciones entre crecimiento vegetativo y productividad del maní en ecosistemas tropicales húmedos.

Conflictos de interés

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Declaración de disponibilidad de datos

Los datos con que se basan las conclusiones de este estudio pueden solicitarse al autor correspondiente.

Declaración de uso de tecnologías de IA

Durante la preparación de este manuscrito se utilizaron tecnologías de IA, en concreto Claude, para perfeccionar el lenguaje, generar ideas para los resúmenes y crear esquemas de contenidos estructurados.

V. REFERENCIAS

- Abady, S., Hussein, H., Pasupuleti, J., y Mashilo, J. (2019). Groundnut (*Arachis hypogaea* L.) improvement in sub-Saharan Africa: a review. *CABI digital library*, 69(6), 528-545. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/09064710.2019.1601252>
- Akram, N., Shafiq, F., y Ashraf, M. (2018). Peanut (*Arachis hypogaea* L.): A Prospective Legume Crop to Offer Multiple Health Benefits Under Changing Climate. *Comprehensive Reviews*, 17, 1325-1338. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/1541-4337.12383>
- Asante, M., Dzorgbenyui, B., y Atakora, W. (2020). Respuestas al crecimiento, la nodulación y el rendimiento del maní (*Arachis hypogaea* L.) influenciadas por la aplicación combinada de inoculante de *Rhizobium* y fósforo en la zona de sabana de Guinea de Ghana. *International Journal of agronomy*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1155/2020/8691757>
- Bozzer, C., y Cisneros, J. (2024). Análisis espacial multivariado para zonificación por riesgo de erosión eólica en sur de Córdoba. *Ciencia del suelo*, 42(1). <https://ojs.suelos.org.ar/index.php/cds/article/view/844/380>
- Carvajal, A., Romero, B., Díaz, S., y Santamaría, S. (2025). Identificación de áreas prioritarias para conectar fragmentos boscosos en una zona de los Andes, Colombia. *Colombia Forestal*, 28(1). <https://doi.org/https://doi.org/10.14483/2256201x.21956>
- Desmae, H., Sako, D., y Konate, D. (2022). Optimum Plant Density for Increased Groundnut Pod Yield and Economic Benefits in the Semi-Arid Tropics of West Africa. *Agronomy*, 12(6). <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/agronomy12061474>
- Dey, R., Pol, K., Bhatt, D., y Chauhan, S. (2004). Growth promotion and yield enhancement of peanut (*Arachis hypogaea* L.) by application of plant growth-promoting rhizobacteria. *Microbiological Research*(159), 371-394. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.micres.2004.08.004>
- Festing, M. (2018). On determining sample size in experiments involving laboratory animal. *LAL laboratory Animals*, 52(4). <https://doi.org/https://doi.org/10.1177/0023677217738268>
- Fuentes, S., y Cordovil, J. (2021). Hipótesis sobre el (des) encuentro entre la investigación artística y la investigación científica. *Índex, revista de arte contemporáneo*, 12. <https://doi.org/https://doi.org/10.26807/cav.vi12.423>
- Gómez, K., y Gómez, A. (2004). *Statistical procedures for agricultural reseaech*. [https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=PVN7_XRhpUC&oi=fnd&pg=PA1&dq=+Statistical+procedures+for+agricultural+research+\(2nd+ed.\)&ots=Ht878gmut8&sig=Ruvrqqca8IL3Eb58N3NajUnKNDQ&redir_esc=y#v=onepage&q=Statistical%20procedures%20for%20agricultural%2](https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=PVN7_XRhpUC&oi=fnd&pg=PA1&dq=+Statistical+procedures+for+agricultural+research+(2nd+ed.)&ots=Ht878gmut8&sig=Ruvrqqca8IL3Eb58N3NajUnKNDQ&redir_esc=y#v=onepage&q=Statistical%20procedures%20for%20agricultural%2)
- Macías, A., Moreira, J., y Muentes, R. (2024). Macronutrientes en el cultivo de maní (*Arachis hypogaea* L.): una revisión. *Revista Científica Agroindustria, Sociedad y Ambiente (A.S.A.)*, 22, 59-79. <https://doi.org/http://doi.org/10.5281/zenodo.14433147>
- Montero, J. (2020). Importancia nutricional y económica del maní (*Arachis hypogaea* L.). *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 7(2). http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S2409-16182020000200014&script=sci_arttext
- Naab, J., Chimphango, S., y Dakora, F. (2009). N₂ fixation in cowpea plants grown in farmers' fields in the Upper West Region of Ghana, measured using ¹⁵N natural abundance. *Symbiosis*, 48, 37-46. <https://link.springer.com/article/10.1007/BF03179983>
- Olayinka, B., y Etejere, E. (2015). Growth analysis and yield of two varieties of groundnut (*Arachis hypogaea* L.) as influenced by different weed control

methods. *Plant Physiology reports*, 20(2), 130 - 136. <https://doi.org/DOI.10.1007/s40502-015-0151-x>

Osuna, J., Hernández, S., Pacheco, A., Osuna, T., Parra, S., y Romero, C. (2025). Efecto de la salinidad en poblaciones de chile silvestre del Noroeste de México. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 11(3). <https://doi.org/https://doi.org/10.19136/era.a11n3.4092>

Paredes, S., Fernández, R., Ortiz, D., y Huespe, D. (2025). Efecto de la fertilización con nitrógeno y fósforo en mijo perenne: influencia en la producción y calidad forrajera en el sudeste de La Pampa. *Semiárida*, 7 - 19. [https://doi.org/http://dx.doi.org/10.19137/semiarida.2025\(2\).7-18](https://doi.org/http://dx.doi.org/10.19137/semiarida.2025(2).7-18)

R Core Team. (2023). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.r-project.org>

Ramírez, L., Luna, Á., Chabla, J., y Gálvez, P. (2023). Modelización del rendimiento con Aquacrop-FAO en el cultivo de maní (*Arachis hypogaea* L.), Ecuador. *Manglar*, 20(151 -63). <https://doi.org/http://doi.org/10.57188/manglar.2023.006>

Reyes, J., LLerena, L., Torres, J., Rodríguez, S., y Sariñana, M. (2025). Respuesta Morfológica y Fenológica de Plantas de Chile Pimiento a la Suplementación de Nanopartículas de Selenio. *Terra Latinoamericana*(43). <https://doi.org/https://doi.org/10.28940/terra.v43i.2084>

Sánchez, D., Bautista, D., y Cabrera, K. (2024). Uso equivalente de la tierra e índices de crecimiento y eficiencia fisiológica en cultivos intercalados de yuca, maní y maíz. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 27(2). <https://doi.org/https://doi.org/10.31910/rudca.v27.n2.2024.2603>

Song, H., Huang, Y., Ding, L., Duan, Z., y Zhang, J. (2023). *Arachis species: High-quality forage crops—nutritional properties and breeding strategies to expand their utilization and feeding value*, 23(1). <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/qlr2.12059>

Valdés, M., Díaz, K., y Hernández, H. (2024). Sistemas agroforestales en la Región Amazónica Ecuatoriana. *Ciencia Latina*, 8(1), 8587-8613. https://doi.org/https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i1.10185

Vásquez, S., Villavicencio, E., Guamán, A., Molina, M., y Mestanza, C. (2024). Efecto de la densidad de plantas sobre los componentes del rendimiento de fréjol cultivado en condiciones de campo en un valle interandino de Ecuador. *LA GRANJA. Revista de Ciencias de la Vida*, 39(1). <https://doi.org/https://doi.org/10.17163/lgr.n39.2024.10>

Zhang, H., Wang, L., Xiuliang, J., Liming, B., y Yufeng, G. (2023). High-throughput phenotyping of plant leaf morphological, physiological, and biochemical traits on multiple scales using optical sensing. *The Crop Journal*, 11. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cj.2023.04.014>

Optimización de condiciones de operación de las materias primas de la elaboración de jabón prieto

Natalia Maricela Palacios Castro¹; Pedro David Vega Cedeño²; Wilmer Ponce Saltos³; Ricardo José Baquerizo-Crespo⁴; Yunet Gómez-Salcedo⁵; Medardo Zambrano-Arcentales^{6*}; Jorge Washington Tumbaco Vera⁷; José Francisco Díaz Izurieta⁸

Resumen

La elaboración de jabón prieto es parte de la tradición de varias comunidades en Ecuador. El presente trabajo tuvo como objetivo determinar las condiciones óptimas de tratamiento de las materias primas para obtener jabón prieto a partir de piñón (*Jatropha curcas L.*) y cenizas de la cáscara de cacao. En paralelo se realizó el mismo experimento usando KOH en lugar de cenizas. En primer lugar, se realizó una extracción Soxhlet de la grasa de las semillas. En segundo lugar, por medio de un diseño experimental, se encontró que la mejor combinación de ceniza y agua arrojó una concentración promedio de 11% de KOH en dos días. Con estos datos establecidos, se procedió a realizar los experimentos de saponificación utilizando la grasa de 50 gramos de semillas en soluciones de KOH en un rango de tiempo de 105 a 255 minutos. Como variable de respuesta se consideró la alcalinidad libre en forma de KOH. Los resultados estadísticamente óptimos de los experimentos corresponden al uso de 11g de KOH y, para el caso de la lejía, 22 g de hidróxidos. Finalmente, se identificó el tipo de jabón obtenido según la norma INEN.

Palabras clave: jabón prieto, jabón artesanal, *Jatropha curcas L.*, cenizas de la cáscara de cacao.

Optimization of operating conditions for raw materials in the production of black soap

Abstract

The production of black soap is part of the tradition of several communities in Ecuador. The objective of this study was to determine the optimal treatment conditions for raw materials to obtain black soap from pine nuts (*Jatropha curcas L.*) and cocoa shell ash. The same experiment was conducted in parallel using KOH instead of ash. First, a Soxhlet extraction of the seed fat was performed. Second, using an experimental design, it was found that the optimal combination of ash and water yielded an average KOH concentration of 11% over two days. With these data established, saponification experiments were conducted using the fat from 50 grams of seeds in KOH solutions over a time range of 105 to 255 minutes. Free alkalinity in the form of KOH was considered the response variable. The statistically optimal results of the experiments correspond to the use of 11 g of KOH and, in the case of lye, 22 g of hydroxides. Finally, the type of soap obtained was identified according to the INEN standard.

Keywords: black soap, artisanal soap, *Jatropha curcas L.*, cocoa shell ash.

Recibido: 28 de agosto 2025

Aceptado: 08 de abril 2026

¹ Laboratorio LASA, Manta, Manabí, Ecuador; npalacios0720@gmail.com; <https://orcid.org/0009-0005-6629-3445>

² Pablo Sáenz, Parque Industrial, Ambato, Tungurahua, Ecuador; pedrovc1996@gmail.com; <https://orcid.org/0009-0003-2851-6949>

³ INIAP, Laboratorio de Bromatología y Calidad, Manabí, Ecuador; wilmer.ponce@iniap.gob.ec; <https://orcid.org/0000-0002-4250-5184>

⁴ Universidad Técnica de Manabí, Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas, Ecuador; ricardo.baquerizo@utm.edu.ec; <https://orcid.org/0000-0002-6268-3965>

⁵ Universidad Técnica de Manabí, Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas, Ecuador; yunet.gomez@utm.edu.ec; <https://orcid.org/0000-0002-6614-8644>

⁶ Universidad Técnica de Manabí, Facultad de Ciencias Básicas, Departamento de Química, Ecuador; medardo.zambrano@utm.edu.ec; <https://orcid.org/0000-0003-3949-7491>

⁷ INIAP, Estación Experimental Portoviejo, Manabí, Ecuador; jorge.tumbaco@iniap.gob.ec; <https://orcid.org/0009-0008-8308-679X>

⁸ Fundación Pacto Divino / AMBICORP S.A., Baños de Agua Santa, Ecuador; jfdiazizurieta@gmail.com; <https://orcid.org/0009-0006-5723-0319>

*Autor de correspondencia

I. INTRODUCCIÓN

El jabón es un agente tensoactivo que se utiliza en cada uno de los hogares de todo el mundo para la limpieza en general [1, 2]. Este se obtiene al reaccionar grasas con álcalis de tal forma que la unión con los ácidos grasos se descompone y forma la glicerina y la sal de sodio denominada jabón [3]. En Ecuador existe una fuente vegetal y sostenible de grasas que es el piñón (*Jatropha curcas L*) [2, 4, 5]. Las aplicaciones que posee el piñón son variadas, entre estos se encuentra el control de plagas, biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos, utilidad medicinal [6], extracción del aceite para la elaboración de biocombustibles y jabón, entre otros [7]. La literatura refleja investigaciones relacionadas a la elaboración del jabón a partir de la pasta de piñón, estas no incluyen el uso de alguna ceniza vegetal como fuente de álcali en la saponificación, sino que describen un proceso en el que emplean hidróxido de sodio y se realiza una comparación con muestras de jabón prieto realizado de manera artesanal [8].

Se considera que el uso del piñón como ingrediente de jabón es el más rentable debido al rico contenido en ácido palmítico y altos niveles de hidrofobicidad lo que resulta en la elaboración de un producto suave, duradero, incluso bajo el más simple proceso de fabricación [9]. Además, se ha descrito la síntesis de jabón medicinal presentando un estudio de los parámetros de calidad de este, los resultados muestran un rendimiento del 97% de saponificación y un porcentaje de materia grasa total del 60%, con una actividad antimicrobial de 29%, lo cual caracteriza al jabón, según las normas de la Oficina de Normas de la India (BIS, por sus siglas en inglés) como uno de grado III y que puede ser usado para propósito general de baño [10]. En países como Portugal la producción de este jabón es comercial y es usado como una alternativa para las personas que presenten alguna reacción alérgica a los jabones comunes y en países del oeste de África como Zambia, Nigeria, Zimbabwe es comercializado como un jabón suave para lavar ropa, estos procesos excluyen las cenizas como fuente del álcali de manera que usan hidróxido de sodio o potasio en solución [11].

En trabajos recientes se ha encontrado que se busca abordar el problema de la disponibilidad de recursos para la producción de jabón proponiendo la

revalorización materias primas poco convencionales en esta industria [12–14]. También mencionan la importancia de un jabón con valor añadido en términos de cuidado de la piel [15, 16]. En general, los trabajos utilizan hidróxido de sodio producido industrialmente como reactivo evidenciando pocos estudios que utilicen una fuente biodegradable de álcali como las cenizas vegetales. En Ecuador la mayoría de las personas que elaboran el jabón prieto (un tipo de jabón artesanal) derivado del piñón lo realizan empíricamente a partir de esta semilla con ceniza para obtener lejía y conocimientos obtenidos entre las generaciones. Sin embargo, no existe un método estandarizado para la producción de jabón prieto, lo cual ocasiona productos de baja calidad que no cumplen con normas técnicas, así como el enranciamiento de las grasas o aceites que no reaccionaron en la saponificación o un exceso de álcali en el producto [17].

Este trabajo tuvo como objetivo principal optimizar las condiciones de operación para el tratamiento de las materias primas utilizadas en la producción de jabón prieto a partir de semillas de piñón y cenizas de cáscara de cacao. Se utilizó hidróxido de potasio como control positivo. Para esto se evaluó la relación agua – ceniza, así como el tiempo retención de estos dos componentes para extraer la mayor concentración de hidróxidos. Después, utilizando una cantidad fija de semillas de piñón, se evaluó la mejor concentración y tiempo de retención para obtener el mejor jabón en términos de alcalinidad libre. Finalmente, se analizó y comparó el jabón obtenido con las normas técnicas ecuatorianas.

A pesar de los avances reportados en la producción de jabones a partir de materias primas no convencionales, persiste una limitada estandarización en el uso de fuentes alternativas de álcali, particularmente en contextos artesanales. En este sentido, la presente investigación aporta evidencia experimental sobre la viabilidad de emplear cenizas de cáscara de cacao como sustituto parcial de hidróxidos industriales, contribuyendo al desarrollo de procesos más sostenibles y adaptados a condiciones locales.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

Materias primas

Para la obtención de jabón prieto, se empleó

como materia grasa semillas de piñón y como álcalis hidróxido de potasio y cenizas de cacao. Las semillas de piñón, hidróxido de potasio y las cenizas se obtuvieron del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), estación Portoviejo. Se determinó el contenido de grasa en las semillas mediante extracción Soxhlet utilizando hexano. Las cenizas se sometieron a tamizado para eliminar las partículas de mayor tamaño como carbón, hojas, ramas, trazas de cáscaras no carbonizadas y piedras. Posteriormente, se realizó un análisis de espectrometría de masas con plasma de acoplamiento inductivo para caracterizar las cenizas.

Determinación de la proporción agua – ceniza para la obtención de lejía

Para el análisis de la influencia de la proporción agua y ceniza, se realizaron 3 intervalos de cantidad de ceniza en gramos por cada 100 ml de agua destilada. El primer intervalo comprendió desde 0.100 g de ceniza hasta 0.500 g con un punto intermedio. El segundo intervalo fue desde 30.0 g hasta 60.0 g con dos puntos intermedios. En el tercer intervalo se consideró el trabajo de [18] en el cual emplean 46.0 g como límite inferior y se propuso como límite superior 96.0 g con 1 punto intermedio. Los puntos intermedios en cada intervalo fueron equidistantes entre sí. Para todos los experimentos se empleó un tiempo de contacto de 24 horas.

Determinación del tiempo de retención

Se seleccionaron las soluciones de ceniza entre los intervalos que presentaron una mayor concentración y se evaluaron tiempos de retención en un periodo de 3 días. Se midió el cambio en la concentración valorada como hidróxido de potasio presente en la solución, lo cual se realizó por medio de análisis volumétrico con ácido sulfúrico. Con los mejores resultados de los experimentos previos se realizó un diseño factorial n^k , con 3 niveles para cada factor, precisados como CC para la cantidad de ceniza en gramos y TR tiempo de retención en minutos. En la tabla I se detallan las combinaciones obtenidas para el diseño propuesto, los factores se presentan como variable codificada.

Tabla 1. Diseño experimental de la relación ceniza – agua

Unidad Experimental	CC	TR
1	-1	-1
2	-1	0
3	-1	1
4	0	-1
5	0	0
6	0	1
7	1	-1
8	1	0
9	1	1

Evaluación de la saponificación de jabón prieto

Para la evaluación del proceso de obtención de jabón prieto se realizaron dos experimentos. El primero empleó KOH grado reactivo cuyos resultados se emplearon como punto de comparación para los resultados obtenidos con las cenizas de cacao. Los resultados se obtuvieron a partir del empleo de la NTE INEN 821 que establece el método para determinar la alcalinidad libre y la alcalinidad total en agentes tensoactivos, valorándose la alcalinidad libre como porcentaje de hidróxido de potasio. La norma mencionada presenta medición de alcalinidad libre por NaOH según la ecuación 1.

Ecuación 1

$$AL_{NaOH} = \frac{40 \cdot M \cdot V}{m}$$

Donde: AL_{NaOH} , alcalinidad libre expresada como porcentaje en masa de hidróxido de sodio; 40, masa molecular del hidróxido de sodio en g/mol; M , molaridad de la solución de ácido clorhídrico; V , volumen de ácido clorhídrico consumido en litros; m , masa de la muestra en gramos. Ya que en este trabajo se expresó la alcalinidad libre como porcentaje de hidróxido de potasio, la ecuación 1 se ajusta con la masa molecular correspondiente obteniéndose la ecuación 2.

Ecuación 2

$$AL_{KOH} = \frac{56 \cdot M \cdot V}{m}$$

Saponificación con hidróxido de potasio

Para el proceso de saponificación se emplearon 50.0 g de semillas de piñón y las condiciones experimentales desarrolladas en [19] en la cual se detalla que el índice de saponificación del aceite de piñón es 186 mg KOH/g de aceite. Por lo cual se desarrolló un diseño de experimento factorial n^k . Los factores involucrados fueron la concentración de hidróxido de potasio (COH) y el tiempo de reacción (TRx). A partir del resultado previo, y a causa de que el hidróxido de potasio genera un efecto hidrolítico sobre la materia orgánica, el factor COH se duplicó, triplicó y cuadruplicó con respecto al resultado previo correspondiente a la dosis mínima necesaria para la saponificación del contenido de aceite en las semillas. Además, se evaluaron tiempos de reacción desde 105 min hasta 255 minutos en intervalos igualmente espaciados. Cada unidad experimental se realizó por triplicado. No se consideró el efecto de la temperatura en el análisis de resultados, la misma se mantuvo en un intervalo entre 70 a 80 °C. En la tabla II, se presenta el diseño experimental codificado.

Tabla 2. Diseño experimental de la saponificación

Unidad Experimental	COH o CL	TR
1	-1	-1
2	-1	0
3	-1	1
4	0	-1
5	0	0
6	0	1
7	1	-1
8	1	0
9	1	1

Saponificación con solución de lejía

Esta etapa se realizó bajo las mismas condiciones de la experimentación con KOH, con el cambio de las soluciones de hidróxido de potasio por lixiviados provenientes de ceniza de cacao (Tabla II). Los factores modificados fueron concentración de la solución de lejía (CL) y tiempo de reacción (TRx), cada factor a tres niveles igualmente espaciados. El factor CL se estableció entre 10.8 y 21.6 gramos, asimismo el factor TRx varió entre 105 y 255 minutos. Para cada unidad experimental se realizaron réplicas por triplicado.

Análisis de calidad del jabón prieto

El análisis de calidad del jabón prieto se realizó con base a las NTE INEN 839 que exponen los requisitos fisicoquímicos de agentes surfactantes, jabón en barra. Por lo que se consideró el jabón en mejor condición con alcalinidad libre de las saponificaciones con hidróxido de potasio y ceniza de cacao para evaluar el tipo y calidad.

III. RESULTADOS

Materia grasa en las semillas de piñón

La extracción Soxhlet permitió conocer el porcentaje de grasa presente en las semillas de piñón con un promedio de 58.22%±3% (Tabla III), valor utilizado en el respectivo balance de masa para establecer estequiométricamente las cantidades de KOH a usar dentro del experimento. Para 50.0 g de semillas con un contenido aproximado de aceite de 29.11 g, junto con el índice de saponificación de 186 mg KOH/g de aceite se determinó 5.40 g KOH como la cantidad mínima de KOH necesaria para la saponificación del aceite. Debido a la materia orgánica presente en la semilla se dispuso a usar soluciones 10.8% de hidróxido de potasio como límite mínimo y 21.8% como límite máximo para llevar a cabo el diseño de experimento.

Tabla 3. Porcentaje de materia grasa presente en las semillas de piñón

Muestra	Semillas (g)	Balón (g)	Peso final (g)	% grasa
1	19.574	1286.011	1297.727	59.85
2	19.747	1279.742	1290.978	56.89
3	19.557	1047.962	1059.292	57.93

Caracterización de la ceniza

El porcentaje de metales presentes en la ceniza de cáscara de cacao por medio de ICP-MS se detalla en la Tabla IV.

Tabla 4. Porcentaje de materia grasa presente en las semillas de piñón

Elemento	Total (ppm)
Ca3158	1119.0
Cr2055	0.2898
Fe2599	232.1
K_7664	3842.0
Mn2576	9.324
Na7889	77.03

El análisis demuestra que el potasio es el elemento predominante en la ceniza, lo cual resulta relevante dado que este constituye el principal precursor para la formación de hidróxidos durante la obtención de lejía, influyendo directamente en la eficiencia del proceso de saponificación.

Determinación de la proporción agua – ceniza para la obtención de lejía

En la tabla V se detalla el porcentaje de hidróxido de potasio obtenido a partir de soluciones de ceniza a diferentes concentraciones.

Tabla 5. Porcentaje de hidróxido de potasio en la solución de ceniza

Intervalo	CC [g]	KOH [%]
1	0.10	0.02
1	0.25	0.07
1	0.50	0.11
2	30	3.69
2	40	4.74
2	50	5.27
2	60	6.32
3	46	4.22
3	71	5.80
3	96	8.17

Determinación del tiempo de retención

En la determinación de la proporción agua – ceniza para la obtención de lejía se estableció que el intervalo 3 presentó mayores concentraciones de KOH. A continuación, se presenta el comportamiento de dichas soluciones a través del tiempo (Figura 1).

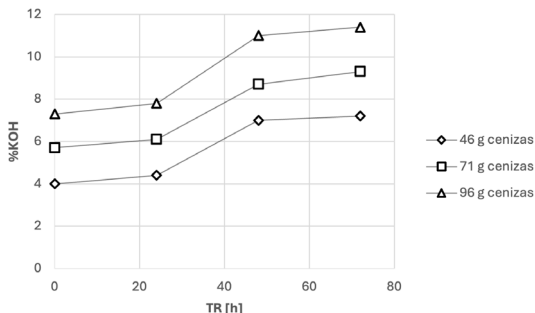


Figura 1. Relación entre las concentraciones de KOH y el tiempo para distintas cantidades de ceniza

Ya que se encontró que luego de 48 horas no existe una mayor diferencia en la concentración de KOH, se procedió a realizar el diseño experimental con ese límite de tiempo. Los resultados obtenidos se encuentran en la Tabla VI.

Tabla 6. Porcentaje de hidróxido de potasio en la solución de ceniza.

Unidad Experimental	CC [g]	TR [h]	KOH [%]
1	46	0	3.87 ± 0.30
2	46	24	4.39 ± 0.30
3	46	48	6.94 ± 3.64
4	71	0	5.66 ± 0.34
5	71	24	6.06 ± 0.26
6	71	48	8.78 ± 2.90
7	96	0	7.38 ± 0.79
8	96	24	7.82 ± 0.40
9	96	48	10.98 ± 2.39

El análisis del diseño experimental indica que al ajustar el modelo se estima un R² de 76.387%, un error estándar del modelo muestra que la desviación estándar de los residuos es 1.46488. El error medio absoluto (MAE) de 1.02021 es el valor promedio de los residuos. El estadístico de Durbin-Watson (DW) prueba los residuos para determinar si existe alguna correlación significativa basada en el orden en que se presentan los datos en el archivo. La prueba de varianza se realizó con un nivel de confianza (α) del 5% y demuestra que existe una relación directa entre la cantidad de ceniza y el tiempo de retención en la obtención de una solución alcalina. El diseño de experimento se asocia a un modelo que contempla los factores A (CC, concentración de ceniza), B (TR, tiempo de retención), BB como factores significativos. Se reporta que no existe una incidencia de los factores ambientales y experimentales sobre los resultados, esto se refleja en el elevado p-valor, asignado al factor bloque. Para las interacciones AB y AA no se reflejan valores significativos. En la Figura 2 se presenta el diagrama de Pareto relacionado al diseño del experimento.

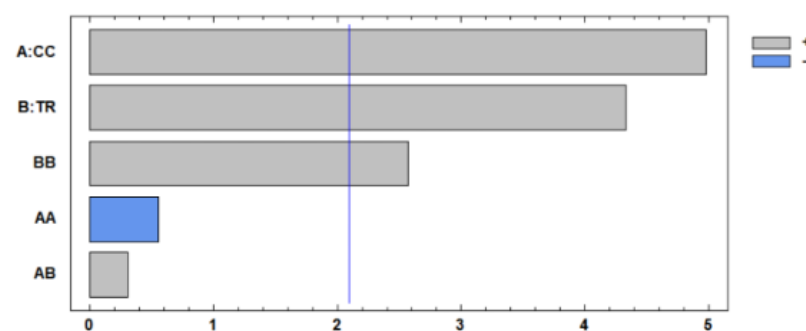


Figura 2. Diagrama de Pareto estandarizada para %KOH

El diagrama de Pareto presentado indica que los factores A, B y BB tienen una influencia positiva sobre el proceso. Esto indica que a medida que incrementan los valores de A y B, se incrementa la variable respuesta. No obstante, los incrementos de B

influyen de mayor manera debido a que este registra una interacción doble BB. Dicho comportamiento se observa en la superficie de respuesta estimada, presentada en la Figura 3.

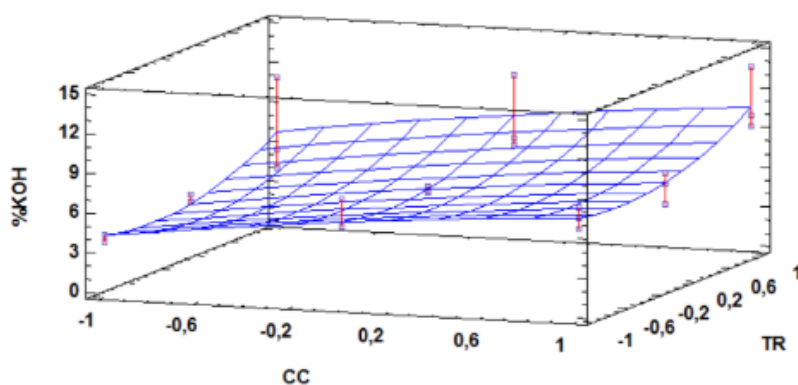


Figura 3. Superficie de respuesta para %KOH.

La superficie de respuesta estimada confirma lo presentado por el diagrama de Pareto, puesto que indica que en los mayores tiempos de retención las concentraciones de KOH se incrementan de forma

exponencial. La ecuación que describe a dicha superficie se presenta a continuación.

Ecuación 3

$$\%KOH = 6.088 + 1.719CC + 1.493TR - 0.3307CC^2 + 0.1318CC \cdot TR + 1.540 \cdot TR^2$$

Debido a la poca significación de los factores AA y AB, estos se pueden despreciar del modelo.

Los datos obtenidos a partir de la aplicación de las NTE INEN 821 en las saponificaciones con hidróxido de potasio y solución de lejía se presentan en las tablas VII y VIII respectivamente.

Evaluación de la saponificación de jabón prieto

Tabla 7. Porcentaje de alcalinidad libre al final de la saponificación con hidróxido de potasio

Unidad Experimental	COH [g]	TRx [min]	AL _{KOH}
1	10.8	105	0.48 ± 0.08
2	10.8	180	0.17 ± 0.05
3	10.8	255	0.15 ± 0.07
4	16.2	105	1.56 ± 0.30
5	16.2	180	1.34 ± 0.04
6	16.2	255	1.22 ± 0.04
7	21.6	105	2.42 ± 0.55
8	21.6	180	3.44 ± 0.40
9	21.6	255	3.07 ± 0.31

Tabla 8. Porcentaje de alcalinidad libre al final de la saponificación con solución de lejía.

Unidad Experimental	CL [g]	TRx [min]	AL _{KOH}
1	10.8	105	0.06 ± 0.01
2	10.8	180	0.06 ± 0.01
3	10.8	255	0.06 ± 0.01
4	16.2	105	0.06 ± 0.02
5	16.2	180	0.05 ± 0.01
6	16.2	255	0.05 ± 0.02
7	21.6	105	0.04 ± 0.01
8	21.6	180	0.09 ± 0.07
9	21.6	255	0.04 ± 0.01

El diagrama de Pareto presentado en la Figura 4 (con su respectiva ecuación) muestra que existe un efecto de mezcla entre los efectos A (COH, concentración de hidróxido de potasio) y B (TRx, tiempo de retención) con ligera influencia significativa de la COH sobre TRx, mientras que la Figura 5 (con su respectiva ecuación) demuestra que la influencia entre CL (A, concentración de lejía) y TRx (B, tiempo de reacción) no es tan significativa. Las superficies de respuesta estimada correspondientes a las Figuras 6 y 7 exhiben grandes diferencias entre sí, la primera como indica el diagrama de Pareto, el porcentaje de alcalinidad libre al final del proceso es proporcional

a la concentración inicial de hidróxido de potasio y debido a la ligera influencia entre la concentración del mismo con el tiempo de reacción la respuesta óptima para minimizar la variable medida pertenece a una menor concentración inicial de KOH y el mayor tiempo de reacción establecido. Entre tanto, para la Figura 7 ocurre lo mismo con relación a la concentración del álcali, no obstante, al no existir otra interacción significativa entre las variables, la respuesta óptima para minimizar la variable medida tiene lugar con la mayor concentración de lejía junto con el mayor tiempo de reacción.

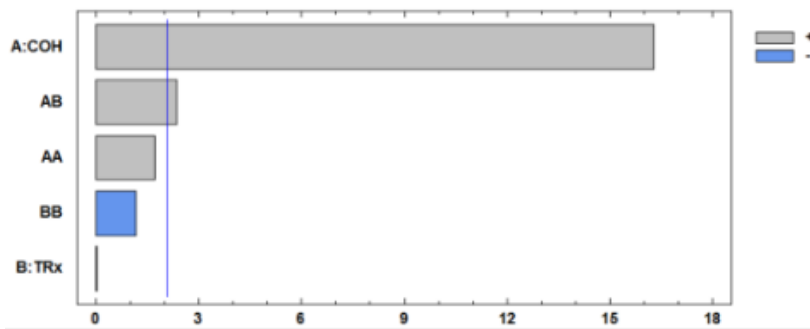


Figura 4. Diagrama de Pareto estandarizada para alcalinidad libre con KOH.

Ecuación 5

$$AL_{KOH} = 1.485 + 1.355COH - 0.003289TRx + 0.2502COH^2 + 0.2417COH \cdot TRx - 0.1698TR^2$$

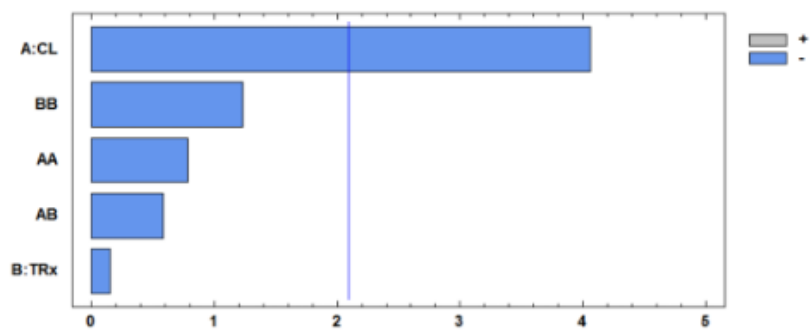


Figura 5. Diagrama de Pareto estandarizada para alcalinidad libre con lejía.

Ecuación 6

$$AL_{KOH} = 0,05844 - 0,0105CL - 0,0004056TRx - 0,003522CL^2 - 0,001858CL \cdot TRx - 0,005539TR^2$$

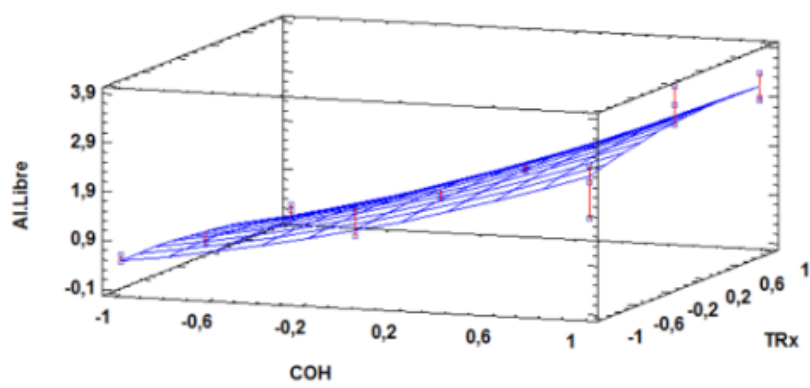


Figura 6. Superficie de respuesta estimada para la alcalinidad libre con KOH.

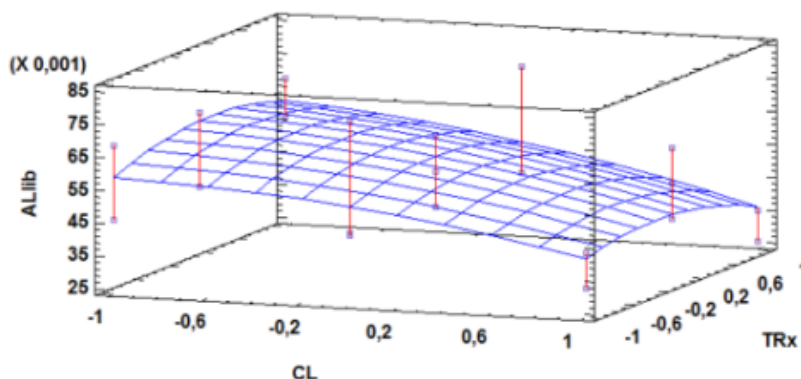


Figura 7. Superficie de respuesta estimada para la alcalinidad libre con lejía.

Análisis de calidad del jabón prieto
Se realizó el respectivo análisis de calidad a los jabones tratados con los diferentes álcalis bajo las

condiciones que tenían mejor resultado de alcalinidad libre, los cuáles son expuestos a continuación (Tabla IX).

Tabla 9. Análisis al jabón de la reacción con KOH y con lejía. A Excepción del pH, los requisitos están expresados como porcentaje en masa.

Requisitos	KOH	Lejía
Materia grasa total	40.5 ± 1.15	26.7 ± 1.53
Humedad y materia volátil	37.4 ± 2.05	18.7 ± 1.03
Alcalinidad libre como NaOH	0.08 ± 0.00	0.04 ± 0.01
Materia insoluble en agua	8.40 ± 0.19	51.0 ± 14.6
pH	10.9 ± 0.07	11.2 ± 0.04
Cloruros	0	0

El tipo de jabón obtenido con KOH se ajusta a un tipo III: jabón para lavar, cuya formulación puede utilizar relleno, perfumes, pigmentos o colorantes. Mientras que el jabón obtenido con lejía no se ajusta en los tipos que se presentan en la norma.

IV. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Determinación de la proporción agua-ceniza para la obtención de lejía

El análisis estadístico evidencia que los factores CC y TR influyen en el proceso de obtención de lejía, así como una interacción cuadrática del tiempo de retención (TR²). El rendimiento del álcali obtenido en los experimentos sigue la tendencia planteada en otros trabajos [20] quienes explican que para un volumen de agua, la cantidad de álcali en el lixiviado variará en relación al material de donde se deriva la ceniza, este plantea además los rendimientos de ceniza de vaina de cacao donde existe una mayor presencia de carbonatos que de hidróxidos, los cuales se forman a partir de la autoionización del agua en H⁺ y OH⁻ que al entrar en contacto con el material,

los K₂CO₃ se ionizan en K⁺ y CO₃⁻², lo que resulta en la disminución del H⁺ con la consecuente formación de HCO₃⁻.

Además, se aumenta la presencia de OH⁻, esto provoca un incremento del pH del medio. El sodio y potasio están ligados a la matriz orgánica y junto a la excesiva liberación de CO₂ en la combustión, se favorece la formación de los carbonatos. Según [21] los elementos que forman la ceniza pueden provenir de dos formas:

En la estructura química de la biomasa que reacciona en la combustión y pueden volatilizarse;

Los adicionados como partículas minerales de las tierras donde han sido cultivadas que no se volatilizan.

Los componentes que se volatilizan dependen de muchos factores, principalmente la morfología y composición química del combustible, así como de la temperatura de combustión y el tiempo de residencia. Las cenizas absorben agua a causa de su sequedad inicial, grado de finura que ofrece gran superficie de contacto, textura irregular y porosa, así mismo

menciona que las cenizas denominadas brutas las cuales contienen minerales absorben sensiblemente más líquido que las trituradas o molidas [22].

Evaluación de la relación agua – material graso y el tiempo de mezcla que generan la solución con mayor concentración de material saponificable

Los resultados que presentaron un mejor rendimiento en relación con la alcalinidad libre en ambos experimentos corresponden a las condiciones de:

Menor dosis junto al mayor tiempo de reacción respecto a la saponificación con KOH.

Mayor dosis con el mayor tiempo de reacción para el proceso con lejía o lixiviado proveniente de la ceniza del cacao.

El comportamiento de las semillas en contacto con KOH responde a un proceso de hidrólisis alcalina de la materia orgánica, en el cual no se requieren altas temperaturas, pero sí extensos tiempos de reacción, este proceso separa la lignina y la hemicelulosa [23] provocando una solvatación parcial de la misma [24]. Esto explica el comportamiento observado en el cual a dosis mayores de KOH industrializado en el primer experimento existe una mayor proporción de alcalinidad libre y apariencia viscosa del producto, mientras que la menor correspondiente a una dosis doble fue suficiente para obtener una muestra con una alcalinidad menor y apariencia sólida.

Respecto a los resultados obtenidos en la saponificación con lejía, se considera la presencia de los carbonatos no disociados en contacto con el agua utilizando así una lejía impura en hidróxido de potasio afectando el rendimiento de la reacción y obteniéndose muestras de una apariencia muy distinta a las del primer experimento, con material orgánico sin solvatar pero a su vez mostrando baja alcalinidad libre.

Calidad del jabón prieto obtenido a través de las NTE INEN 839.

Se observa que los parámetros de materia grasa total e insoluble en agua para los jabones producidos difieren entre sí, no obstante, la calidad de los jabones se encuentra dentro de las Normas Técnicas Ecuatorianas correspondientes. En un trabajo se analizaron jabones bajo condiciones de materia

prima de aceite de *Jatropha curcas* y determinaron un tipo III dentro de las normas establecidas por la Oficina de Estándares de la India (BIS-Bureau of Indian Standards), que evalúa el tipo de jabón con una materia grasa total de 60,2% [10], mientras que las NTE INEN 0823 las evalúa hasta con 40% como valor mínimo.

La diferencia de parámetros entre los jabones obtenidos se asume como resultado del bajo rendimiento a causa de los carbonatos presentes en la solución de lejía. Esto impidió que la materia grasa saponifique adecuadamente. Esto justifica que en los valores de materia insoluble en agua para el jabón realizado con lejía el promedio es aproximadamente del 50% muy por encima del 8% obtenido por el jabón con KOH.

Los resultados obtenidos evidencian el potencial de las cenizas vegetales como fuente alternativa de álcali en procesos de saponificación; sin embargo, las limitaciones observadas en la eficiencia del proceso, asociadas a la presencia de carbonatos y variabilidad en la composición química, sugieren la necesidad de estandarizar los métodos de obtención de lejía. En este contexto, el uso de hidróxidos industriales continúa ofreciendo mayor control del proceso, aunque con menor sostenibilidad. Por tanto, el equilibrio entre eficiencia y sostenibilidad representa un desafío clave para futuras investigaciones en este campo.

V. CONCLUSIONES

La relación de agua – ceniza que genera una solución con mayor alcalinidad es aquella que tiene 96 g ceniza por cada 100 ml de agua en un tiempo de retención de 48 horas y depende de las condiciones que ha sido tratada la ceniza para obtener una mayor disociación de carbonatos a hidróxidos. Se estableció que para una reacción de saponificación con mayor cantidad de materia saponificable usando semillas de piñón y KOH basta con una solución al 10.8%, mientras que, con lejía, éste es el cuadruplicado de la cantidad requerida para una reacción normal con aceite y un tiempo de reacción para ambos de 4 horas y 15 min. Finalmente, la calidad del jabón realizado con KOH ingresa en el rango de tipo III dentro de la normal, mientras que el jabón con lejía presentó cumplimiento de calidad en parámetros de alcalinidad libre y humedad y materia volátil,

mientras que los demás no cumplen con las normas sin determinar a la vez que tipo de jabón se considera.

Los resultados obtenidos permiten establecer que el uso de cenizas de cáscara de cacao constituye una alternativa viable para la producción de jabón prieto; no obstante, su desempeño está condicionado por la composición química de la ceniza y la presencia de compuestos no reactivos. En este sentido, futuras investigaciones deberían enfocarse en la estandarización del proceso y en la optimización de las condiciones de obtención de la lejía, con el objetivo de mejorar la eficiencia de saponificación y garantizar la calidad del producto final

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Requeno Ardón CE, Madrid Guzmán MG (2012) Fabricación de jabones medicinales a partir de los extractos naturales: *Myroxylon balsamum* (Bálsamo de El Salvador); *Simarouba glauca* DC. (Aceituno) y su evaluación antimicrobiana contra *Staphylococcus aureus*. Universidad de El Salvador. <https://repositorio.ues.edu.sv/items/71a69f1d-a278-4c20-8ab9-c9a512c7b94a/full>

Zavala-Hernández JT, Córdova-Téllez L, Martínez-Herrera J, Molina-Moreno JC (2015) Desarrollo del fruto y semilla de *Jatropha curcas* L. e indicadores de madurez fisiológica de la semilla. *Revista Fitotecnia Mexicana* 38:275. <https://doi.org/10.35196/rfm.2015.3.275>

Spitz Luis (2016) *Soap Manufacturing Technology* (Second Edition). AOCs Press. <https://www.sciencedirect.com/book/9781630670658/soap-manufacturing-technology>

Alonso O, Lezcano JC (2014) Artrópodos asociados a *Jatropha curcas* Linnaeus. Funciones y estrategia para su manejo. *Pastos y Forrajes* 37:3–16. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=269131241001>

INIAP (2013) *Manual de buenas prácticas agrícolas para el cultivo de piñón (Jatropha curcas)*. Portoviejo. <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5517>

Albarraçín P (2010) Estudios de Caracterización de Aceites Usados en Frituras para ser Utilizados en la Obtención de Jabón. *Revista Investigación y Desarrollo*

32:1–7. <https://www.facet.unt.edu.ar/revistacet/revista-cet-32/>

Toral OC, Iglesias JM, Montes de Oca S, et al (2008) *Jatropha curcas* L., una especie arbórea con potencial energético en Cuba. *Pastos y Forrajes* 31:191–207. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0864-03942008000300001

Moreno Amado M (2003) *Guía para procesos de cerería, jabonería y cremas*. Bogotá

Alnadif AAMariod, Mirghani MESaeed, Hussein IHassan (2017) *Unconventional oilseeds and oil sources*. Academic Press. <https://www.sciencedirect.com/book/9780128094358/unconventional-oilseeds-and-oil-sources>

Juzer Ali R, Geetha S (2014) *Synthesis of Medicinal Soap from Non Edible (Jatropha Oil) and Study of its Quality Parameters including Antimicrobial Activity*. *Research Journal of Chemical Sciences*. 4:58-62. <https://www.isca.in/rjcs/Archives/v4/i4/9.ISCA-RJCS-2014-041.php>

Shahinuzzaman M, Yaakob Z, Moniruzzaman M (2016) *Medicinal and cosmetics soap production from Jatropha oil*. *J Cosmet Dermatol* 15:185–193. <https://doi.org/10.1111/jocd.12209>

Duarte JC, Vieira RP (2020) *Optimization of fat bleaching in soap production: from laboratory to industrial scale*. *Chemical Papers* 74:209–215. <https://doi.org/10.1007/s11696-019-00871-1>

Moniz P, Martins D, Oliveira AC, et al (2022) *The Biorefinery of the Marine Microalga Cryptocodinium cohnii as a Strategy to Valorize Microalgal Oil Fractions*. *Fermentation* 8:502. <https://doi.org/10.3390/fermentation8100502>

Prakash Pandurangan, Narendrakumar Gopakumar, Balakumar Palanisamy Kaliyappan, et al (2020) *Cultivation of Spirulina platensis Having Humic Acid as Substrate for Soap Production*. *Biointerface Res Appl Chem* 11:8895–8903. <https://doi.org/10.33263/BRIAC112.88958903>

- Thirunavukkarasu A, Nithya R, Sivashankar R, et al (2023) Green soap formulation: an insight into the optimization of preparations and antifungal action. *Biomass Convers Biorefin* 13:299–310. <https://doi.org/10.1007/s13399-020-01094-1>
- Sisodiya S, Gautam S, Aneja D, Debnath M (2024) Exploring the usage of Olive leaf and green synthesized Olive leaf metallic nanoparticles as soap supplement for the formulation and optimization of innovative germicidal herbal soap. *Ind Crops Prod* 219:119012. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2024.119012>
- Saldarriaga Zambrano GE (2014) Dosificación óptima de hidróxido de sodio como reactante de la alcalinidad del jabón en barra a base de piñón (*Jatropha curcas* L.). Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí. <https://biblioteca.espam.edu.ec/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=10641>
- Casanovas Cosío E, Vera Saldarriaga HE, Cuaces CRM (2014) Tecnología para la producción artesanal del Jabón Prieto de *Jatropha curcas* L. *Revista Agrogeoambiental* 7. <https://doi.org/10.18406/2316-1817v7n12015598>
- Castillo Ospina AM, Cuartas A. P, Velásquez Jiménez JA (2011) Obtención de biodiesel a partir de aceite de *Jatropha curcas* L por transesterificación etanólica. *Revista Investigaciones Aplicadas* 5:34–41. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3688140>
- Babayemi JO, Dauda KT, Nwude DO, Kayode AAA (2010) Evaluation of the Composition and Chemistry of Ash and Potash from Various Plant Materials-A Review. *Journal of Applied Sciences* 10:1820–1824. <https://doi.org/10.3923/jas.2010.1820.1824>
- Melissari B (2012) Comportamiento de cenizas y su impacto en sistemas de combustión de biomasa. Memoria de Trabajos de Difusión Científica y Técnica 10:69–82. <https://revistas.um.edu.uy/index.php/ingenieria/article/view/366>
- Santaella Valencia LE (2001) Caracterización física, química y mineralógica de las cenizas volantes. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina* 10:47–62. <https://doi.org/10.18359/rcin.1379>
- Balat M (2011) Production of bioethanol from lignocellulosic materials via the biochemical pathway: A review. *Energy Convers Manag* 52:858–875. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2010.08.013>
- Brodeur G, Yau E, Badal K, et al (2011) Chemical and Physicochemical Pretreatment of Lignocellulosic Biomass: A Review. *Enzyme Res* 2011:1–17. <https://doi.org/10.4061/2011/787532>

Exploring occupational well-being of primary school teachers in educational quality

Mozhdeh Asadi Ghahnavieh^{*1}; Amin Baratian²

Abstract

Background: Teacher occupational well-being plays a central role in educational quality, teacher effectiveness, and student achievement. Although research has underscored its multidimensional nature, comprehensive and culturally relevant instruments remain scarce, particularly in developing countries.

Objective: This study aimed to identify and classify the components of occupational well-being among primary school teachers as an initial step toward developing a validated, context-responsive measurement tool.

Methods: A qualitative phenomenological design was adopted. Semi-structured interviews were conducted with 24 primary school teachers (≥5 years' experience) and 10 experts in elementary education from five districts in Tehran. Data were collected over a six-month period and analysed using Colaizzi's (1978) seven-step method, supported by MAXQDA software. Sampling continued until data saturation was achieved.

Results: Analysis produced seven overarching themes and 23 subthemes representing the multidimensional nature of occupational well-being: (1) educational factors; (2) economic conditions; (3) social status and public representation; (4) physical and mental health; (5) organizational practices; (6) job security and stability; and (7) family-related issues.

Conclusion: The findings provide an empirically grounded framework that reflects the socio-cultural realities of teachers working in resource-constrained contexts. This framework offers a foundation for the development of a psychometrically robust questionnaire and can inform policy interventions aimed at improving teacher support, retention, and educational quality.

Keywords: Teacher occupational well-being; phenomenological study; primary education; qualitative research.

Explorando el bienestar ocupacional de los docentes de primaria en la calidad educativa

Resumen

Antecedentes: El bienestar ocupacional docente desempeña un papel fundamental en la calidad educativa, la eficacia del profesorado y el rendimiento estudiantil. Aunque la literatura internacional ha destacado su naturaleza multidimensional, aún existen pocas herramientas de medición que sean integrales y culturalmente pertinentes, especialmente en países en desarrollo como Irán.

Objetivo: Este estudio tuvo como propósito identificar y clasificar los componentes del bienestar ocupacional en docentes de educación primaria, como paso inicial para el desarrollo de un instrumento de medición válido y contextualizado.

Métodos: Se adoptó un diseño cualitativo fenomenológico. Se realizaron entrevistas semiestructuradas con 24 docentes de educación primaria (≥5 años de experiencia) y 10 expertos en educación básica de cinco distritos de Teherán. Los datos se recolectaron durante seis meses y se analizaron mediante el método de siete pasos de Colaizzi (1978), con apoyo del software MAXQDA. El muestreo se prolongó hasta alcanzar la saturación teórica.

Resultados: El análisis produjo siete temas principales y 23 subtemas que reflejan la naturaleza multidimensional del bienestar ocupacional: (1) factores educativos; (2) condiciones económicas; (3) estatus social y representación pública; (4) salud física y mental; (5) prácticas organizacionales; (6) seguridad y estabilidad laboral; y (7) aspectos familiares.

Conclusiones: Los hallazgos proporcionan un marco conceptual empíricamente fundamentado que refleja las realidades socioculturales de los docentes en contextos con recursos limitados. Este marco constituye una base para el desarrollo de un instrumento psicométrico robusto y puede orientar políticas destinadas a mejorar el apoyo docente, la retención del profesorado y la calidad educativa.

Palabras clave: Bienestar ocupacional docente; educación primaria; estudio fenomenológico; investigación cualitativa.

Recibido: 02 de octubre 2025

Aceptado: 02 de febrero 2026

¹ Department of Curriculum Development & Instruction Methods, Faculty of Psychology and Education, University of Tehran, Tehran, Iran; article.asadi@gmail.com; <https://orcid.org/0009-0003-6025-4002>

² Department of Educational Counseling, Ferdowsi University of Mashhad, Borujen, Iran; aminbaratian@mail.um.ac.ir; <https://orcid.org/0000-0001-8806-943X>

^{*}Corresponding author

I. INTRODUCTION

Teachers are the backbone of any educational system, and their psychological and physical well-being is directly linked to instructional quality and student outcomes (OECD, 2020; Dreer, 2023). Research has shown that teachers with high levels of well-being demonstrate greater resilience, motivation, and job satisfaction (Dreer, 2023; Wang et al., 2024). Conversely, low occupational well-being is associated with emotional exhaustion, reduced organizational commitment, and somatic complaints (Belcastro, 1982; Dreer, 2023). Teacher well-being is widely conceptualized as a multidimensional construct encompassing psychological, physical, social, and cognitive domains.

Research has demonstrated that these dimensions are closely linked to instructional quality, student outcomes, teacher attrition, and broader policy contexts (OECD, 2020; Granziera et al., 2023). Recent reviews highlight that teacher well-being is shaped by a combination of individual and organizational antecedents, including workload, class size, leadership practices, and access to professional development.

These factors have been shown to influence classroom processes, turnover intentions, and ultimately student learning outcomes (Aziku et al., 2024; Nwoko et al., 2024). Contemporary empirical work also shows dynamic changes in teachers' well-being across a term and its associations with relatedness, job demands, and resources (Collie, 2023). Nonetheless, validated and context-responsive measures of teacher occupational well-being remain scarce, particularly for primary school teachers in non-Western settings such as Iran.

Educational, economic, and societal conditions in Iran differ substantially from those in Europe and North America, limiting the applicability of existing instruments.

This gap justifies the use of a qualitative, phenomenological approach to ground measurement development in teachers' lived experiences. While international studies have addressed various dimensions of teacher well-being—psychological, social, emotional, and physical (Hascher & Waber, 2021; Kurrle, Klusmann & Raufelder, 2025), little attention has been paid to the specific challenges faced by teachers in Iran and other developing

countries. There is no validated instrument capturing the multidimensional nature of primary school teachers' occupational well-being in Iran, where teachers face high levels of stress due to economic pressures, large class sizes, and limited professional development opportunities. This study presents a novel contribution by identifying the specific components of occupational well-being for Iranian primary school teachers. This framework not only advances the understanding of teacher well-being but also provides a context-specific instrument that could be adapted to other regions with similar socio-economic challenges, such as Latin America. Given the pivotal role of elementary education in shaping children's cognitive and social development, and the high levels of stress reported by Iranian teachers, identifying the components of their occupational well-being is an urgent priority. Furthermore, many of the challenges identified in the Iranian context—such as economic constraints, large class sizes, and limited institutional support—are also reported in several Latin American countries.

As such, examining teachers' occupational well-being in Iran can generate context-sensitive insights that may be informative for other educational systems facing similar socio-economic conditions.

The study of Iranian teachers' well-being is not only essential for improving their working conditions but also contributes to the global conversation about the importance of teacher support in enhancing educational outcomes. This study reports the qualitative phase of a larger mixed-methods project aimed at constructing and validating an occupational well-being questionnaire for primary school teachers. The qualitative phase was designed to explore teachers' lived experiences and expert perspectives to identify the main and subcomponents of occupational well-being. Importantly, the scope and focus of the study align with the scientific mission of Ciencia UNEMI, which prioritizes research that advances educational quality and supports evidence-based policy development. The findings provide practical implications for policymakers, particularly in developing countries, where challenges such as economic instability, large class sizes, and limited professional development opportunities are prevalent.

II. MATERIAL AND METHODS

Design

A qualitative phenomenological approach was adopted to explore primary school teachers' lived experiences of occupational well-being and to generate an empirically grounded framework to inform subsequent instrument development. This approach was chosen because it facilitates an in-depth understanding of participants' subjective meanings and contextual realities prior to quantitative operationalization (Neubauer et al., 2019; Alhazmi & Kaufmann, 2022).

Participants and Sampling

Participants included 24 primary school teachers (19 female, 5 male) with a minimum of five years of teaching experience and 10 experts in elementary education with at least 20 years of professional experience. Teachers were eligible to participate if they: (a) were currently employed in a primary school; (b) had at least five years of teaching

experience; and (c) were willing to discuss their experiences of occupational well-being. Experts were selected based on their extensive professional experience, familiarity with national curriculum policies, and involvement in teacher training or educational consultancy. Participants were recruited from five districts in Tehran (1, 2, 6, 14, and 19) using purposive criterion sampling to capture variation in socio-economic conditions, resource availability, and cultural context. Sampling and preliminary analysis occurred concurrently. Theoretical saturation was reached when no new codes, categories, or meaningful variations emerged in the final interviews, indicating that additional data would not generate further conceptual insights.

Experts were interviewed to provide contextual and pedagogical perspectives and contributed to validating the relevance and completeness of emerging categories during analysis. Participant characteristics are presented in Table 1.

Table 1. Participant characteristics

Participant (ID)	Gender	Years of teaching experience	Education level	Grade taught
1	Female	25	Master's	Grade 1
2	Female	12	Bachelor's	Grade 6
3	Female	10	Associate	Grade 3
4	Male	15	Bachelor's	Grade 2
5	Female	25	Bachelor's	Grade 4
6	Female	8	Bachelor's	Grade 6
7	Male	22	Bachelor's	Grade 5
8	Female	22	Diploma	Grade 3
9	Female	11	Master's	Grade 1
10	Female	10	Master's	Grade 6
11	Male	8	Bachelor's	Grade 4
12	Male	10	Diploma	Grade 2
13	Female	14	Bachelor's	Grade 6
14	Female	15	Bachelor's	Grade 1
15	Female	9	Master's	Grade 5
16	Female	28	Bachelor's	Grade 3
17	Male	11	Bachelor's	Grade 2
18	Female	17	Master's	Grade 3
19	Female	5	Bachelor's	Grade 1
20	Male	16	Diploma	Grade 5
21	Female	19	Master's	Grade 3
22	Female	7	Bachelor's	Grade 1
23	Female	6	Master's	Grade 3
24	Female	12	Bachelor's	Grade 1

Data Collection

Data were collected over a six-month period through semi-structured interviews lasting approximately 30–45 minutes, conducted face-to-face, by phone, or through online platforms, depending on participants' availability and preference. Interviews began with broad, open-ended questions such as:

“What does teacher well-being mean to you?”

“Which factors most influence your occupational well-being?”

“What strategies do you think could improve teachers' well-being?”

Probing questions were used to encourage elaboration and capture deeper meanings. All interviews were audio-recorded with consent and transcribed verbatim. Data collection and analysis occurred simultaneously to monitor emerging trends. Saturation was confirmed when the final three interviews yielded no new codes or themes, suggesting conceptual redundancy and stability in the emerging framework.

Data Analysis

Transcripts were analysed using Colaizzi's (1978) seven-step method: (1) reading and re-reading transcripts; (2) extracting significant statements; (3) formulating meanings; (4) clustering themes; (5) developing an exhaustive description; (6) producing the fundamental structure; and (7) validating findings by returning to participants. Coding and theme development were supported by MAXQDA software. Credibility and dependability were enhanced through member checking, peer debriefing and maintaining an audit trail.

Data were analysed using Colaizzi's (1978) seven-step phenomenological method. First, transcripts were read repeatedly to ensure immersion, followed by the extraction of significant statements representing participants' experiences. Meanings were inductively formulated from these statements and organized into conceptually related codes.

Coding and theme development were conducted in MAXQDA using an iterative, inductive approach. Initial open codes were generated from participants'

language and contextual descriptions. These codes were grouped into higher-order categories based on conceptual similarity and refined into subthemes and overarching themes through constant comparison. Coding criteria and category definitions were documented and revised throughout the process to ensure conceptual clarity and consistency.

To enhance methodological rigor, several strategies were implemented. Investigator triangulation was achieved by having two researchers independently code a subset of transcripts, with discrepancies resolved through discussion and consensus. Member checking was conducted by sharing preliminary themes with participants to verify interpretive accuracy. Additionally, peer debriefing and an audit trail were used to document analytic decisions, enhance confirmability, and support replicability.

Analysis continued until stable thematic patterns emerged, resulting in a coherent framework that reflected teachers' lived experiences and contextual challenges.

Ethical Considerations

The study received permission from the Tehran Education Department. All participants provided informed consent and were assured of confidentiality, anonymity, and the voluntary nature of participation. Participants were informed of their right to withdraw at any stage without consequence.

III. RESULTS

Analysis yielded seven main themes with 23 subthemes reflecting the multidimensional nature of occupational well-being among primary school teachers.

Beyond listing the themes, the analysis revealed how these components interact to shape teachers' lived experiences. Educational, economic, and organizational pressures were not isolated factors but formed mutually reinforcing patterns that intensified stress and reduced well-being. These interconnections provide a deeper understanding of the systemic nature of occupational well-being in primary education.

Figure 1 illustrates the overall model of teachers' occupational well-being, showing the seven main components identified in the qualitative phase.



Figure 1. Model of Teachers' Occupational Well-Being

Thematic analysis produced seven main themes, each with several subthemes. Table 2 presents the main themes, subthemes, and representative categories illustrating teachers' occupational well-being.

Table 2. Main Themes, Subthemes, and Key Categories of Teachers' Occupational Well-Being

Main Theme	Subtheme	Key Categories / Examples
Education	Volume of educational content	Mismatch between content and time
	Facilities and educational space	Inadequate facilities; Unsafe classrooms
	Number and arrangement of students	Overcrowded classes; Poor student evaluation; Aggressive students
	Colleague relations	Lack of trust and collegiality
	Teacher's role	Teacher as manager/advisor
Economic	Income	Low income; Inflation gap; Financial worries
	Insurance and housing	High housing costs; Incomplete insurance
Social	Teachers' status and position	Low social value; Negative portrayal in media
	Mass media influence	Misrepresentation of teachers' role in society
Health	Mental health	Stress; Insomnia; Mental preoccupations
	Physical health	Neck pain; Long periods of writing
Organizational	Further education support	Professional growth opportunities; Modern teaching methods
	In-service training classes	Quality and timing of classes
	Creativity workshops	Innovative teaching
	Inefficient evaluation system	Bureaucracy; Subjective grading
	Managerial interference	Lack of decision-making power; Managerial imposition
	Appropriate feedback	Reward and recognition; Motivation improvement
Job stability	Teacher's authority in parents' view	Parental pressure; Lack of managerial support
	Job loss	Temporary contracts; Unfulfilled promises
Family issues	Fear of job change	Transfer threats
	Work-life balance	Limited time with family; Long commuting distances

Figure 2 further illustrates the hierarchical structure of the main themes, subthemes, and codes identified in the thematic analysis.

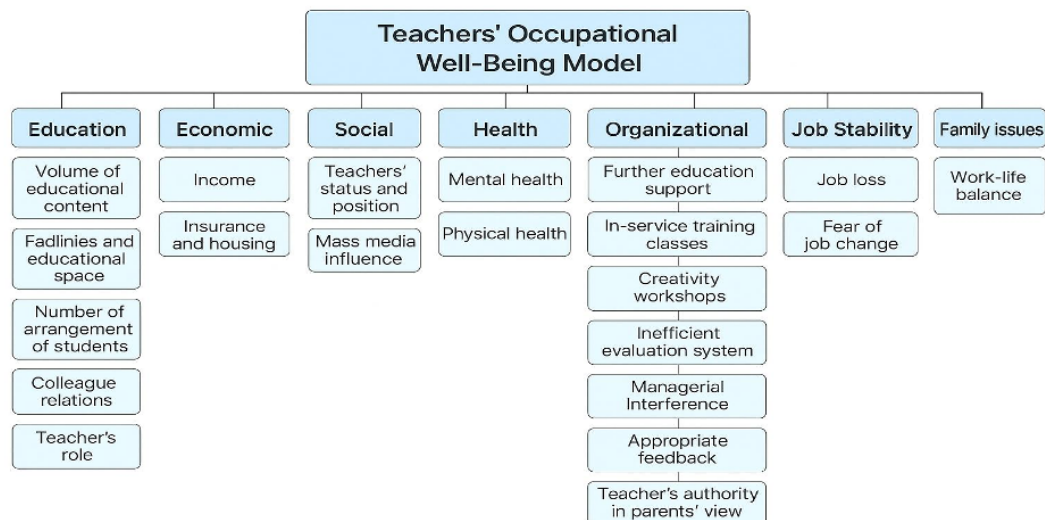


Figure 2. Thematic tree of teachers' occupational well-being derived from qualitative analysis.

1. Educational Factors

Teachers highlighted several constraints within the teaching–learning environment. Excessive curriculum load and administrative paperwork limited opportunities for meaningful instruction (“With a 4-hour shift and 35 students, I spend more time silencing the class than teaching” – Teacher 12). Inadequate facilities, such as unsafe classrooms and lack of modern equipment, further impaired instructional quality. Large class sizes (35–40 students) hindered assessment and classroom management, while behavioural challenges and strained collegial relationships contributed additional stress. Many teachers reported assuming multiple informal roles—including social worker—without institutional support. These findings indicate that educational pressures collectively restricted teachers’ autonomy, reduced instructional quality, and generated cumulative strain that shaped daily professional experiences.

2. Economic Factors

Financial strain emerged as one of the most influential determinants of well-being. Many teachers described a pronounced mismatch between income and workload (“With this salary you can barely survive” – Teacher 2). High housing costs and inadequate supplementary insurance intensified financial insecurity (“Even with 34

years of service some teachers still rent” – Teacher 8). Economic pressures extended beyond material hardship, influencing teachers’ motivation, sense of professional worth, and long-term retention within the system.

3. Social Status

Participants emphasized the impact of societal perceptions on their professional identity. Teachers felt undervalued by parents and administrators (“Parents’ opinions are prioritised over ours” – Teacher 6). Media portrayals often depicted teachers negatively, reinforcing stereotypes and diminishing public respect. Low social status interacted with organizational and economic pressures, weakening teachers’ sense of recognition and reducing their emotional resilience in the workplace.

4. Health

Teachers described well-being as inseparable from physical and mental health. Long periods of writing and speaking contributed to musculoskeletal problems (“Many experienced teachers develop arthritis in neck and hands” – Teacher 5). Financial stress and excessive workload triggered anxiety, rumination, and disrupted sleep (“I’m constantly worried; I can’t sleep” – Teacher 2). Health challenges reflected the cumulative effects of organizational conditions, demonstrating how physical and

psychological strain reinforced broader patterns of occupational stress.

5. Organizational Factors

Internal policies and managerial practices significantly shaped teachers' experiences. Participants reported insufficient opportunities for professional development, low-quality training sessions, and limited support for further education. Performance evaluations were often perceived as subjective and lacking transparency ("Managers impose their personal opinions" – Teacher 16). Teachers also felt their authority was undermined by parental interference and inconsistent administrative backing. These patterns highlight the importance of organizational culture and leadership in shaping teachers' sense of fairness, professional growth, and control over their work.

6. Job Security and Stability

Employment instability was a persistent concern, particularly for teachers who had not transitioned to permanent posts despite years of service ("Every protest brings threats of transfer" – Teacher 11). Fear of retaliation and uncertainty about future placement created constant anxiety and discouraged open communication. Job insecurity undermined long-term commitment and trust in the educational system, functioning as a core structural stressor.

7. Family and Personal Issues

Work–life balance emerged as a major challenge. Teachers described heavy workloads that left little time or energy for family responsibilities ("I'm so exhausted I can't take care of my family" – Teacher 14). Long commutes contributed to fatigue, while limited childcare options created additional stress for teachers with young children ("Leaving my child at a faraway kindergarten is hard for both of us" – Teacher 20).

These experiences illustrate how occupational demands spill over into personal life, highlighting the porous boundary between professional responsibilities and family well-being.

IV. DISCUSSION

This study provides a comprehensive, empirically grounded framework of occupational well-being

among Iranian primary school teachers. While the seven identified themes resonate with established international models of teacher well-being—such as Ryff's (1989) psychological well-being framework and McCallum and Price's (2010) multidimensional model—the findings also reveal context-specific dynamics that are less visible in studies conducted in high-income educational systems. In particular, economic insecurity, housing instability, and negative media portrayals emerged as central determinants shaping teachers' lived experiences.

From a comparative perspective, the prominence of economic strain in this study aligns with international evidence linking financial insecurity to reduced teacher motivation and retention (OECD, 2020; Dreer, 2023). However, unlike many studies from Western contexts where workload or autonomy are often the dominant stressors, financial pressure in the Iranian context functioned as a structural condition that permeated multiple domains of well-being. This finding suggests that teacher well-being in resource-constrained systems may be more strongly shaped by macroeconomic and labor conditions than by individual or school-level factors alone.

Theoretically, these findings extend existing models of teacher well-being by emphasizing the interaction between individual, organizational, and socio-economic dimensions. While prevailing frameworks often conceptualize well-being primarily at the psychological or organizational level, the present study highlights the need to incorporate broader structural and societal conditions—such as employment security and public valuation of the teaching profession—into theoretical accounts of occupational well-being. In this sense, the study contributes a context-sensitive perspective that complements and refines dominant Western-centric models.

The results also carry important implications for educational policy and practice. Consistent with critiques of neoliberal approaches to educational reform (Acton & Glasgow, 2015), the findings suggest that interventions focused solely on enhancing individual resilience or coping skills are unlikely to produce sustainable improvements in teacher well-being. Instead, effective policy responses should prioritize structural reforms, including reducing class sizes, addressing income insecurity, improving

housing and insurance support, and ensuring transparent and fair evaluation systems. Without such systemic changes, efforts to improve well-being risk placing responsibility on individual teachers rather than addressing the conditions that generate occupational stress.

Although grounded in the Iranian educational context, the findings have relevance for other developing and middle-income countries, particularly in regions such as Latin America where teachers face similar economic constraints, large class sizes, and limited institutional support. Nevertheless, caution is warranted in transferring these results to contexts with different labor regulations or welfare systems. Future research could examine the applicability of the proposed framework across diverse educational settings and explore how policy environments moderate the relationship between structural conditions and teacher well-being.

Finally, the qualitative insights generated in this phase informed the development of a subsequent quantitative instrument, ensuring strong content validity by grounding measurement items in teachers' lived experiences. Together, these findings provide a foundation for both theory-driven research and evidence-based policy aimed at improving teacher well-being and educational quality.

V. CONCLUSION

This study employed a phenomenological approach to explore teachers' and experts' lived experiences of occupational well-being and identified seven interconnected components and 23 subcomponents shaping primary school teachers' professional lives in Iran. These findings confirm the multidimensional nature of teacher well-being and highlight the influence of educational, organizational, economic, and social conditions.

From a theoretical perspective, the study extends existing models of teacher well-being by incorporating context-specific structural and societal factors that are often underrepresented in dominant frameworks. The proposed conceptual model emphasizes the interaction between individual experiences and broader institutional and socio-economic conditions, offering a more comprehensive understanding of occupational well-being in resource-constrained educational settings.

Methodologically, this research demonstrates the value of phenomenological inquiry as a foundation for measurement development. By grounding the framework in qualitative evidence derived from both teachers and experts, the study provides a robust empirical basis for the subsequent construction and validation of a context-sensitive occupational well-being questionnaire.

In practical terms, the findings underscore the need for policy and organizational interventions that move beyond individual-level solutions and address systemic determinants of teacher well-being, including workload, job security, income stability, and organizational support. Future research may examine the applicability of this framework in other educational contexts and evaluate its utility for informing policy reforms aimed at improving teacher support, retention, and educational quality.

VI. REFERENCES

- Acton, R., & Glasgow, P. (2015). Teacher wellbeing in neoliberal contexts: A review of the literature. *Australian Journal of Teacher Education*, 40(8), 99–114. <https://doi.org/10.14221/ajte.2015v40n8.6>
- Alhazmi, A. A., & Kaufmann, A. (2022). Phenomenological qualitative methods applied to the analysis of cross-cultural experience in novel educational social contexts. *Frontiers in Psychology*, 13, 785134. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.785134>
- Aziku, M., Asimiran, S., Yusof, H. M., & Abdurrahman, A. (2024). A systematic review of teacher well-being research during the COVID-19 pandemic: Individual and organisational antecedents and outcomes. *Frontiers in Psychology*, 15, 11414468. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2024.11414468>
- Belcastro, P. A. (1982). Burnout and its relationship to teachers' somatic complaints and illnesses. *Psychological Reports*, 50(3C), 1045–1054. <https://doi.org/10.2466/pro.1982.50.3c.1045>
- Collie, R. J. (2023). Teacher well-being and sense of relatedness with students: Examining associations over one school term. *Teaching and Teacher Education*, 132, 104233. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2023.104233>

Dreer, B. (2023). On the outcomes of teacher well-being: A systematic review. *Frontiers in Psychology*, 14, 1205179. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1205179>

Granziera, H., Martin, A. J., & Collie, R. J. (2023). Teacher well-being and student achievement: A multilevel analysis. *Social Psychology of Education*. <https://doi.org/10.1007/s11218-022-09751-1>

Hascher, T., & Waber, J. (2021). Teacher well-being: A systematic review of the research literature (2000–2019). *Educational Research Review*, 34, 100411. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2021.100411>

Kurrle, K., Klusmann, U., & Raufelder, D. (2025). Teacher well-being: A conceptual systematic review. *Education Sciences*, 15(6), 766. <https://doi.org/10.3390/educsci15060766>

Neubauer, B. E., Witkop, C. T., & Varpio, L. (2019). How phenomenology can help us learn from the lived experience. *Perspectives on Medical Education*, 8(2),

90–97. <https://doi.org/10.1007/s40037-019-0509-2>

Nwoko, J. C., Anderson, E., Adegboye, O., Malau-Aduli, A. E. O., & Malau-Aduli, B. S. (2024). Navigating teachers' occupational well-being in the tides of classroom processes and school structures. *Education Sciences*, 14(11), 1225. <https://doi.org/10.3390/educsci14111225>

OECD. (2020). Teachers' well-being: A framework for data collection and analysis. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/ebd7bc10-en>

Öztürk, M., Atmaca, Ç., & Karakaş, A. (2024). A systematic review of primary school teachers' well-being. *Frontiers in Psychology*, 15, 1358424. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2024.1358424>

Wang, X., Gao, Y., Wang, Q., & Zhang, P. (2024). Relationships between self-efficacy and teachers' well-being in middle school English teachers: The mediating role of teaching satisfaction and resilience. *Behavioral Sciences*, 14(8), 629. <https://doi.org/10.3390/bs14080629>

Neurobiología de las habilidades interpersonales en adolescentes: Revisión sistemática

María Vanessa Triviño Burbano^{1*}; Viviana Michelle Moreno Flor²;
Nicole Valeska Arias Chávez³; Maria Karolina Calderón Veliz⁴;
Jordy Alexander Mejia Rodas⁵; Jeremy William Molina Salvatierra⁶

Resumen

La presente revisión tiene como objetivo analizar la producción académica en la última década en torno al desarrollo de adolescentes y sus habilidades interpersonales con el fin de identificar pautas y establecer brechas de conocimiento y espacios de intervención educativa. La búsqueda fue realizada en Scopus, Web of Science y Scielo, siguiendo lineamientos PRISMA para encontrar documentos publicados entre 2020 y 2025. Tras el proceso de filtro inicial de 530 documentos, 25 investigaciones fueron finalmente elegidas. Los hallazgos apuntan como predictores significativos del bienestar biopsicosocial y el desempeño académico el desarrollo de la comunicación asertiva, la empatía, la regulación de la emocionalidad y la resolución colaborativa de conflictos. Los programas de neurociencia educativa, aprendizaje socioemocional y los de enfoque cognitivo-conductual son los que mayor impacto y efectividad evidencian. Por lo tanto, se concluye que las instituciones educativas gozan de una oportunidad de posicionamiento estratégico para el fortalecimiento de estas competencias a través de intervenciones sistemáticas y sostenidas en el tiempo.

Palabras clave: habilidades interpersonales, adolescentes, neurobiología, aprendizaje socioemocional, educación.

Neurobiology of interpersonal skills in adolescents: Systematic review

Abstract

This systematic review examines scientific literature published between 2020 and 2025 on adolescent development and interpersonal skills, with the aim of identifying key patterns, research gaps, and implications for educational practice. The study followed the PRISMA 2020 guidelines and included a structured search in Scopus, Web of Science, and SciELO databases. A total of 530 records were identified, of which 25 studies met the inclusion criteria after a rigorous screening process.

Findings indicate that interpersonal skills—particularly assertive communication, empathy, emotional regulation, and collaborative conflict resolution—are strongly associated with adolescents' biopsychosocial well-being and academic performance. Evidence also highlights the effectiveness of interventions based on social-emotional learning, educational neuroscience, and cognitive-behavioral approaches, especially when implemented in a sustained and context-integrated manner.

However, the review reveals important limitations in the existing literature, including methodological heterogeneity, a predominance of cross-sectional designs, and limited representation of Latin American contexts.

This study contributes by integrating neurobiological and socioeducational perspectives, offering a comprehensive framework for understanding interpersonal skill development in adolescence and supporting the design of evidence-based educational strategies.

Keywords: interpersonal skills, adolescents, neurobiology, social-emotional learning, education.

Recibido: 03 de enero 2026

Aceptado: 13 de abril 2026

¹ Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador, Carrera de Psicología/Psicología Clínica; mtrivino@ups.edu.ec; <https://orcid.org/0000-0001-5812-9788>

² Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador, Carrera de Psicología Clínica; vmorenof@est.ups.edu.ec; <https://orcid.org/0009-0006-7336-2629>

³ Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador, Carrera de Psicología; nariasc@est.ups.edu.ec; <https://orcid.org/0009-0000-2806-7600>

⁴ Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador, Carrera de Psicología; mcalderonv3@est.ups.edu.ec; <https://orcid.org/0009-0007-9453-1898>

⁵ Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador, Carrera de Psicología; jmejia8@est.ups.edu.ec; <https://orcid.org/0009-0003-1654-7609>

⁶ Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador, Carrera de Psicología; jmolinas5@est.ups.edu.ec; <https://orcid.org/0009-0001-4024-3117>

I. INTRODUCCIÓN

Para Santa Cruz et al., (2023), la adolescencia se considera un período de transición a la vida adulta, donde se presentan cambios neurobiológicos, emocionales, cognitivos y sociales que transforman a un adulto, esta fase oscila entre 12 a 17 años, donde se ratifica la plasticidad cerebral para reorganizar la identidad, consolidan las funciones ejecutivas y salud mental.

Wesley et al. (2024) señalan que durante las últimas décadas, el discurso global en educación y bienestar de los adolescentes ha comenzado a desplazarse hacia la inclusión de habilidades socioemocionales como componentes estructurales en los currículos educativos. Organizaciones internacionales, incluyendo la UNESCO (2023), han destacado la necesidad de fortalecer estas habilidades debido a problemas emergentes como la ansiedad y depresión aumentadas, el ciberacoso, la erosión de la comunidad, el uso problemático de la tecnología y el aumento de la presión social y académica. Además, el impacto post-pandémico ha profundizado los desafíos psicoemocionales en los adolescentes, incluyendo la autorregulación, el apego afectivo y las habilidades sociales.

Cioca et al., (2024), en este escenario, las habilidades interpersonales son cruciales para la vida diaria y para interactuar con las dinámicas del siglo XXI. Su naturaleza transversal permite articular el bienestar socioemocional, la inclusión, el liderazgo colaborativo, el compromiso cívico y el rendimiento académico. Desde un punto de vista técnico, estas habilidades abarcan la capacidad de comunicarse de manera asertiva, regular las emociones al interactuar con otros, cooperar por un objetivo común, empatizar con diferentes perspectivas, leer señales sociales y resolver conflictos de manera constructiva. La literatura especializada coincide en que constituyen un conjunto complejo que involucra procesos cognitivos (atención, memoria de trabajo social, funciones ejecutivas), emocionales (empatía, regulación emocional, mentalización) y conductuales (asertividad, resolución de conflictos, cooperación y negociación).

En este contexto, el presente estudio tiene como objetivo analizar la evidencia científica reciente sobre el desarrollo de habilidades interpersonales en adolescentes desde una perspectiva neurobiológica

y socioeducativa, identificando patrones, vacíos de investigación e implicaciones para la práctica educativa.

Base neurobiológica: una oportunidad de apertura

Giordano et al., (2025), afirman que la adolescencia es un momento ideal para adquirir nuevas habilidades interpersonales. Esto se explica, en parte, por la reorganización del cerebro adolescente. Para Redolar (2023), indica que el desarrollo de la corteza prefrontal, especialmente las áreas dorsolaterales, ventromedial, orbitofrontal, y la integración de redes frontolímbicas, generan mejoras en la regulación emocional, la toma de perspectiva, el control de impulsos y la toma de decisiones sociales. Mientras tanto, el sistema límbico, especialmente la amígdala, está hiper-responsiva. Esto hace que el individuo sea emocional y socialmente sensible. Como resultado, los adolescentes pueden acceder fácilmente a las influencias sociales y al aprendizaje relacional.

Este escenario es una oportunidad, no una restricción. La neuroplasticidad sináptica significa que la estructura, y los aspectos emocionales y cognitivos del cerebro pueden experimentar cambios duraderos. Esto es especialmente relevante cuando se implementan programas educativos orientados al desarrollo socioemocional, especialmente aquellos centrados en la competencia social. En términos más simples, los cerebros de los adolescentes no solo son receptivos a estímulos sociales, sino que también necesitan estar involucrados en el aprendizaje social, la pedagogía relacional y los marcos adaptativos.

Importancia Socioeducativa: una Competencia Estratégica

Li et al., (2024), argumentan que el bienestar emocional de los individuos también se ve afectado por las habilidades interpersonales. Sin embargo, estas habilidades también son fuertes predictores del rendimiento académico. Yue et al., (2024), Varios metaanálisis han demostrado que los estudiantes que tienen mayores competencias emocionales y sociales obtienen mejores calificaciones, muestran una mayor persistencia académica y son menos propensos a demostrar comportamientos disruptivos; también tienden a participar en mayor medida en actividades

colaborativas. Como resultado, esta evidencia ha apoyado un creciente cambio mundial hacia la enseñanza de competencias de aprendizaje social y emocional (SEL), que han tomado la forma de un sistema educativo y de desarrollo humano unificado dentro de las escuelas.

Para Jong et al., (2024) las “Habilidades para la Vida” en el mundo actual, el éxito profesional no se determina solo por el conocimiento técnico; también es fundamental poder trabajar, conectar, liderar y prosperar en equipos diversos. Derin et al., (2025), la empleabilidad futura depende de estas habilidades interpersonales, que se han considerado cada vez más, no como “habilidades complementarias”, sino como un componente estratégico del capital humano, junto con la comunicación, el trabajo en equipo, la negociación, la inteligencia emocional y la resolución de conflictos.

Commodari et al., (2024), relatan que desde la perspectiva escolar, estas habilidades impactan directamente en la calidad del clima institucional. Latifian et al., (2024), instituciones educativas con estudiantes y docentes empáticos, cooperativos y comunicativamente efectivos informan menos violencia, menos casos de acoso escolar, mayor satisfacción escolar, mejores relaciones pedagógicas y culturas organizativas estructuradas de manera más sostenible. Kavici et al., (2024), el ecosistema social moderno plantea desafíos sin precedentes para los adolescentes y, por extensión, para los responsables de políticas públicas y educadores:

Hiperconectividad digital:

Guo et al., (2024) fundamentan que la interacción mediada por pantallas ha cambiado los patrones de socialización. Si bien facilita la comunicación, también amplifica riesgos como el ciberacoso, conflictos digitales, comunicación impulsiva y pérdida de habilidades conversacionales cara a cara.

Aumento de problemas de salud mental:

Para Urban et al., (2024), mencionan que la depresión y la ansiedad han aumentado significativamente entre los adolescentes. La disminución de redes de apoyo emocional y el aumento de factores estresores psicosociales crean desafíos para la regulación emocional interpersonal

Aislamiento social y debilitamiento comunitario:

Brailovskaia (2024), después de la pandemia, muchos adolescentes sufrieron un deterioro de sus habilidades de socialización, lo que generó problemas en la reestructuración de relaciones, mentalización y resolución de conflictos.

Demandas académicas y presión social:

La sobrecarga y la competencia académicas pueden dañar la cooperación, incrementar la irritabilidad social y restringir oportunidades para interacciones constructivas.

Creciente diversidad social y cultural:

Torres et al., (2020) indican que los entornos educativos son cada vez más diversos y requieren habilidades interculturales, de empatía y comunicación efectiva para gestionar conflictos y fomentar la inclusión. López (2024), la educación socioemocional se convierte en una estrategia de prevención, mitigación de riesgos y promoción del bienestar general.

La revisión sistemática responde a una necesidad estratégica en los campos educativo, psicológico y comunitario, para proporcionar una síntesis integral y actual de la evidencia sobre las habilidades interpersonales de los adolescentes, que a su vez:

- Fortalecerá las políticas educativas y de salud mental,
- Apoyará decisiones pedagógicas basadas en evidencia,
- Comprenderá tendencias emergentes y oportunidades,
- Abordará vacíos de investigación para guiar futuros estudios.

Aguado et al., (2025) relata que alineando con las tendencias globales, el estudio adopta un enfoque interdisciplinario en el que las habilidades interpersonales se definen como:

- Las competencias cognitivas incluyen mentalización, atención social, toma de perspectivas y pensamiento prosocial.
- Las competencias emocionales incluyen empatía cognitiva y afectiva, regulación emocional interpersonal y conciencia social.
- Las competencias conductuales incluyen comunicación asertiva, cooperación,

resolución colaborativa de conflictos y negociación.

Este marco permite consolidar evidencia a través de múltiples campos de estudio mientras se reconoce la naturaleza multidimensional del desarrollo humano.

Evgin et al., (2025), invertir en educación para enseñar habilidades interpersonales es, por lo tanto, una estrategia de impacto social efectiva y sin precedentes para las comunidades y con un costo-beneficio positivo para las instituciones educativas y las empresas.

II. METODOLOGÍA

La presente investigación se desarrolló como una revisión sistemática de la literatura científica, siguiendo las directrices de la declaración PRISMA 2020, con el propósito de garantizar transparencia, reproducibilidad y rigor metodológico.

Estrategia de búsqueda

La búsqueda se realizó en las bases de datos Scopus, Web of Science y SciELO, seleccionadas por su cobertura en ciencias sociales, educación y psicología. Es importante señalar que Springer no fue considerada como base de datos, sino como editorial, por lo que se excluye de la estrategia formal.

Se utilizaron descriptores en inglés y español combinados mediante operadores booleanos:

("interpersonal skills" OR "social skills") AND ("adolescents" OR "teenagers")

AND ("neurobiology" OR "brain" OR "neuroscience")

Y en español:

("habilidades interpersonales" OR "habilidades sociales") AND ("adolescentes")

AND ("neurobiología" OR "cerebro")

Se aplicaron los siguientes filtros:

- Periodo: 2020–2025
- Idiomas: inglés y español
- Tipo de documento: artículos científicos revisados por pares

Proceso de selección

El proceso de selección se desarrolló en cuatro fases:

- Identificación: Se obtuvieron 530 registros iniciales
- Depuración: Se eliminaron 80 duplicados (n = 450)
- Cribado: Se excluyeron 340 artículos por no cumplir criterios temáticos o metodológicos
- Elegibilidad: 110 artículos fueron evaluados a texto completo
- Inclusión final: 25 estudios cumplieron los criterios establecidos

Evaluación de calidad

La calidad metodológica de los estudios incluidos fue evaluada mediante la herramienta CASP (Critical Appraisal Skills Programme), permitiendo analizar validez, relevancia y rigor.

Adicionalmente, se realizó un análisis de riesgo de sesgo considerando:

- Diseño del estudio
- Tamaño muestral
- Control de variables

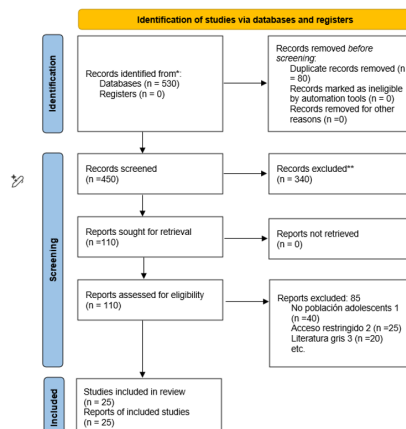


Figura 1.

Tabla 1. Características de los estudios incluidos

Nº	Primer autor	País	Tipo de estudio	Muestra/edad	Objetivo	Hallazgos fundamentales
1	Cioca	Rumania	Cuantitativo	Adolescentes con discapacidad neuromotora	Analizar afrontamiento, IE y edad.	Mayor IE se asocia con mejores estrategias de afrontamiento.
2	Brailovskaia	Alemania	Cuantitativo	Adolescentes y adultos jóvenes	Validar modelo sobre uso adictivo de redes.	Relación circular entre ansiedad y uso compulsivo.
3	Commodari	Italia	Cuantitativo transversal	Adolescentes jugadores online	Estudiar mediación parental y habilidades sociales.	Habilidades sociales reducen uso escapista.
4	Derin	Turquía	Cuantitativo	Niños y adolescentes	Relacionar TDAH, habilidades y riesgo digital.	El TDAH predice riesgo en internet y bajas habilidades.
5	Demirdöğen	Turquía	Multicéntrico	Adolescentes	Explorar adicción digital, escapismo y afrontamiento.	Afrontamiento evitativo aumenta uso problemático.
6	De Jong	Países Bajos	Piloto	Terapeutas para adolescentes	Comparar habilidades interpersonales en sesiones.	Mayor efectividad en contextos benignos que desafiantes.
7	Dori	España	Cuantitativo	Adolescentes	Identificar perfiles de ansiedad social.	Perfil alto presenta mayor deterioro interpersonal.
8	Echeverría	Ecuador	Revisión/teórico	Adolescentes escolares	Analizar desarrollo de habilidades sociales.	Habilidades fortalecen adaptación y bienestar.
9	Evgin	Turquía	Cuantitativo	Adolescentes escolares	Explorar estrés y adicción digital.	Incrementa estrés académico.
10	González Londoño	Colombia	Cuantitativo	Jóvenes	Vincular habilidades sociales y salud mental.	Buenas habilidades predicen menor sintomatología.
11	Guo	China	Cuantitativo	Adolescentes	Evaluar estilos parentales e IA.	Relaciones disfuncionales median adicción.
12	Kavici	Turquía	Cuantitativo	Adolescentes	Analizar adicción internet, ansiedad y BMI.	Ansiedad en adolescentes
13	Latifian	Irán	Cuantitativo	Estudiantes secundarios	Examinar IA, resiliencia y salud mental.	Resiliencia mitiga efectos negativos.
14	Liu	China	Revisión	Adolescentes	Estudiar riesgos suicidas y socioemocionales.	Las habilidades socioemocionales reducen riesgo.
15	López ÁJM	México	Teórico	Adolescentes	Describir marco conceptual sobre habilidades sociales.	Desarrollo social influye en adaptación.
16	López Sosa	Cuba	Cuantitativo	Adolescentes preuniversitarios	Explorar estrés académico y habilidades.	Estrés alto disminuye habilidades sociales.
17	Navarrete	Ecuador	Cuantitativo	Adolescentes 12-14	Caracterizar habilidades sociales.	Déficits en asertividad y comunicación.

18	Redolar	España	Teórico	Bases neuronales	Explora la plasticidad del encéfalo	Bases neuronales en la etapa de la adolescencia.
19	Ruiz-Falcón	México	Cuantitativo	Adolescentes confinamiento	Relacionar prácticas parentales y habilidades.	Prácticas positivas aumentan habilidades.
20	Ruales	Ecuador	Cuantitativo	Adolescentes	Examinar influencia de redes en habilidades.	Uso excesivo de la tecnología afecta a la interacción
21	Santa Cruz	Perú	Cuantitativo	Estudiantes secundarios	Describir habilidades sociales.	Déficits en autocontrol y comunicación.
22	Silva-Mirella	Brasil	Revisión	Niños y adolescentes	Revisar 20 años de investigaciones.	Ansiedad social afecta habilidades sociales.
23	Silvers	EE.UU.	Revisión	Adolescentes	Estudiar neurodesarrollo de autorregulación.	Mayor sensibilidad emocional afecta regulación.
24	Soraci	Italia	Validación	Adolescentes y jóvenes	Validar escala de escapismo en redes.	Escala presenta alta validez.
25	Tetik	Turquía	Cuantitativo	Universitarios	Examinar adicción redes y habilidades sociales.	Mayor adicción implica menor competencia social.

Se identificaron 530 registros iniciales, de los cuales 25 estudios cumplieron los criterios de inclusión tras el proceso de selección. Se eliminaron 80 artículos duplicados, quedando 450 referencias preseleccionadas, de las cuales 340 fueron excluidas por no cumplir criterios temáticos o metodológicos. Posteriormente, 110 artículos fueron evaluados a texto completo, excluyéndose 85 por no cumplir criterios de calidad, no abordar población adolescente o pertenecer a literatura gris.

Finalmente, quedaron 25 artículos que cumplieron con los requisitos establecidos. Los estudios revisados fueron predominantemente de diseño transversal (60%), seguidos por estudios experimentales (25%) y longitudinales (15%). A nivel geográfico, la mayoría provino de Europa y Asia, evidenciando una baja representación latinoamericana.

III. DISCUSIÓN

Los hallazgos de la presente revisión sistemática permiten afirmar que las habilidades interpersonales no son un elemento accesorio en la adolescencia, sino un eje central en su desarrollo integral. Los resultados confirman que estas competencias influyen directamente en la salud mental, la adaptación al entorno escolar y la calidad de las relaciones sociales, configurándose como un factor clave para

el bienestar biopsicosocial. No obstante, aunque los resultados muestran una tendencia consistente, también evidencian una importante diversidad metodológica entre los estudios analizados, lo que limita la comparabilidad y generalización de los hallazgos.

Desde una mirada más integradora, la evidencia sugiere que habilidades como la empatía, la comunicación asertiva, la regulación emocional y la resolución de conflictos no operan de forma aislada, sino como un sistema articulado que conecta procesos neurocognitivos con experiencias sociales. Este enfoque permite comprender que el desarrollo interpersonal en la adolescencia está profundamente vinculado a la interacción entre la maduración de la corteza prefrontal y la activación del sistema límbico, lo que favorece la construcción de conductas prosociales en contextos cada vez más complejos y demandantes.

Sin embargo, uno de los principales desafíos identificados es el predominio de estudios de corte transversal. Esta característica metodológica limita la posibilidad de establecer relaciones causales y dificulta comprender cómo evolucionan estas habilidades a lo largo del tiempo. La escasez de investigaciones longitudinales impide observar con claridad las trayectorias de desarrollo y su relación

con factores como el entorno familiar, el clima escolar o las condiciones socioculturales, lo que representa una brecha relevante en la literatura actual.

En el plano aplicado, los resultados muestran que las intervenciones basadas en aprendizaje socioemocional, enfoques cognitivo-conductuales y programas de neuroeducación generan impactos positivos sostenidos en el desarrollo de habilidades interpersonales. Especialmente efectivas resultan aquellas propuestas que integran metodologías activas, como el aprendizaje colaborativo o el juego de roles, y que involucran de manera conjunta a la escuela y la familia. Esto sugiere que el éxito de las intervenciones no depende únicamente de su diseño teórico, sino de su capacidad de integrarse de forma coherente en los contextos educativos reales.

A pesar de estos avances, la revisión también pone en evidencia importantes desafíos estructurales. La diversidad en los diseños de intervención, la falta de estandarización en los instrumentos de medición y la ambigüedad en la definición del concepto de habilidades interpersonales dificultan la consolidación de un cuerpo teórico homogéneo. A ello se suma un sesgo geográfico significativo, dado que la mayoría de los estudios provienen de Europa, Asia y América del Norte, mientras que América Latina continúa estando subrepresentada. Esta situación limita la aplicabilidad de los resultados en contextos socioculturales distintos y refuerza la necesidad de generar investigación situada.

Asimismo, los hallazgos permiten comprender que el desarrollo de estas habilidades no ocurre en el vacío. Por el contrario, está profundamente influenciado por factores ecológicos como el clima escolar, las dinámicas familiares y el entorno comunitario. Contextos caracterizados por relaciones positivas, apoyo emocional y prácticas inclusivas potencian el desarrollo socioemocional, mientras que entornos marcados por violencia, aislamiento o psicosocial actúan como barreras que dificultan la construcción de vínculos saludables.

Marco integrador propuesto

A partir de los hallazgos, se propone un modelo integrador en el que las habilidades interpersonales en la adolescencia se estructuran en tres dimensiones interdependientes: cognitiva, emocional y conductual, mediadas por procesos neurobiológicos

y moduladas por el contexto educativo. Este enfoque permite articular la evidencia desde una perspectiva interdisciplinaria y orientada a la intervención.

Limitaciones del estudio

En este marco, es importante reconocer algunas limitaciones de la presente revisión. En primer lugar, la heterogeneidad metodológica de los estudios incluidos dificulta la comparación directa de los resultados. En segundo lugar, la predominancia de diseños transversales limita la posibilidad de establecer relaciones causales sólidas. Además, la variabilidad en los instrumentos de evaluación utilizados puede introducir sesgos en la medición de las habilidades interpersonales. Finalmente, el sesgo geográfico identificado restringe la generalización de los hallazgos, especialmente en contextos latinoamericanos, donde aún existe una producción científica limitada en esta área.

Implicaciones y aporte científico

A pesar de estas limitaciones, esta revisión aporta una visión integradora al articular la evidencia desde una perspectiva neurobiológica y socioeducativa. Este enfoque permite comprender las habilidades interpersonales como un constructo multidimensional que conecta el funcionamiento cerebral, la regulación emocional y las experiencias sociales en contextos educativos. Asimismo, el estudio no solo sintetiza la evidencia existente, sino que también identifica vacíos críticos que orientan futuras líneas de investigación, especialmente en términos de estudios longitudinales, estandarización conceptual y desarrollo de evidencia en contextos latinoamericanos.

En términos aplicados, los resultados refuerzan la necesidad de incorporar de manera estratégica el desarrollo de habilidades interpersonales dentro de los sistemas educativos, no como un complemento, sino como un componente esencial para la formación integral del adolescente. Esto implica avanzar hacia modelos educativos más integrales, donde la dimensión socioemocional sea considerada un pilar fundamental para el bienestar, la convivencia y el desarrollo humano sostenible.

IV. CONCLUSIONES

Las habilidades interpersonales constituyen un

factor clave en el desarrollo integral del adolescente, con impacto directo en la salud mental y el rendimiento académico. Su fortalecimiento desde el ámbito educativo representa una estrategia prioritaria para la promoción del bienestar. En este sentido, se evidencia la necesidad de impulsar investigaciones longitudinales y aumentar la producción científica en contextos latinoamericanos.

No obstante, persisten desafíos relevantes. La heterogeneidad conceptual, la falta de estandarización en los instrumentos de medición y el predominio de estudios de corte transversal limitan la solidez de la evidencia disponible y la posibilidad de establecer relaciones causales concluyentes.

En este marco, el desarrollo de habilidades interpersonales no solo debe entenderse como un componente educativo, sino como una estrategia de sostenibilidad social, prevención de riesgos psicosociales y promoción del desarrollo humano integral. Los sistemas educativos, las familias y las comunidades están llamados a asumir un rol articulado y proactivo en la generación de entornos que favorezcan el desarrollo de estas competencias en adolescentes.

V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

Brailovskaia J, et al. The “Vicious Circle of Addictive Social Media Use and Mental Health” Model. *Acta Psychol.* 2024;104306. <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2024.104306>

Cioca IE, Morcov MV, Sporea C, Apóstol OA, Pellegrini A, Bordea EN. Explorando los vínculos entre las estrategias de afrontamiento, la inteligencia emocional y la edad en adolescentes con discapacidades neuromotoras. <https://doi.org/10.3390/children11121466>

Commodari E, Consiglio A, Cannata M, La Rosa VL. Influence of parental mediation and social skills on adolescents' use of online video games for escapism: A cross-sectional study. *J Res Adolesc.* 2024;34(4):1668–76. <https://doi.org/10.1111/jora.13034>

Derin S, et al. ADHD, social skills and risky internet use among children and adolescents. *Child Adolesc Psychiatry Ment Health.* 2025. Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s13034-025-00926-0>

Demirdöğen EY, Akinci M, Bozkurt A, Bayraktutan B, Turan S, Aydoğdu S, et al. Social media addiction, escapism and coping strategies are associated with problematic internet use of adolescents in Türkiye: a multi-center study. *Front Psychiatry.* 2024;15:1355759. [10.3389/fpsy.2024.1355759](https://doi.org/10.3389/fpsy.2024.1355759)

De Jong K, Wilkens J, Anderson T, Steggle K. Facilitative interpersonal skills in benign versus challenging therapy situations in trainee therapists: a pilot study. *Res Psychother.* 2024;27(2):804. [10.4081/ripppo.2024.804](https://doi.org/10.4081/ripppo.2024.804)

Dori JA, Urbán L, García-Fernández JM, Inglés CJ. Perfiles de riesgo de ansiedad social para dificultades interpersonales en una muestra de adolescentes españoles. *Rev Psico didacta.* 2024;29(1):9–18. <https://doi.org/10.1016/j.psicod.2023.11.003>

Echeverría Caranqui JP. El desarrollo de las habilidades sociales en estudiantes adolescentes: implicaciones para adaptación escolar y bienestar. *SciELO Venezuela.* 2025. Disponible en: <https://doi.org/10.5281/zenodo.14962990>

Evgin D, Karabulut R, Deniz S, Kaçmaz C. Digital addiction and stress: The impact of problematic internet use among university students. *e-Kafkas J Educ Res.* 2025;12:381–399. <https://doi.org/10.1016/j.psicod.2023.11.003>

González Londoño AC, et al. Habilidades sociales y salud mental en jóvenes: implicaciones para prevención psicoeducativa. *Rev Colomb Salud Ment.* 2023. Disponible en: <https://doi.org/10.14482/psdc.40.3.923.894>

Guo Y, Chen H, You X, Liu X, Sun X, Jin Y. Relationship between parenting style and internet addiction: interpersonal relationship problem as mediator and gender as moderator. *Heliyon.* 2024;10(2):e23973. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e23973>

Kavici S, et al. Internet addiction, social anxiety and BMI in adolescents. *Child Youth Serv Rev.* 2024. DOI: [10.1016/j.childyouth.2024.107590](https://doi.org/10.1016/j.childyouth.2024.107590)

Latifian M, Aarabi MA, Esmaeili S, Abdi K, Raheb G, et

- al. The role of internet addiction and academic resilience in predicting the mental health of high school students in Tehran. *BMC Psychiatry*. 2024. <https://doi.org/10.1186/s12888-024-05853-6>
- Liu XQ, Wang X. Adolescent suicide risk factors and the integration of social-emotional skills in school-based prevention programs. *World J Psychiatry*. 2024;14(4):494. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11036461/>
- López ÁJM. Habilidades sociales en adolescentes: marco teórico desde la psicología del desarrollo. *Dilemas Contemp Educ Política Valores*. 2022. Disponible en: <http://www.dilemascontemporaneoseduccionpoliticaayvalores.com/>
- López Sosa O. Habilidades sociales y estrés académico en adolescentes de nivel preuniversitario. *SciELO Cuba*. 2024. Disponible en: <https://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0257-43142024000200402>
- Navarrete MML. Habilidades sociales en adolescentes de 12 a 14 años. *Simbiosis*. 2024. Disponible en: <https://revistasimbiosis.org/index.php/simbiosis/article/view/108>
- Ruiz-Falcón JG, et al. Prácticas parentales y habilidades sociales en adolescentes durante confinamiento por COVID-19. *Rev Mex Psicol*. 2025. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/1339/133981800002/>
- Ruales LMT, et al. Las redes sociales y su influencia en el desarrollo de habilidades sociales en adolescentes. *Cognosis*. 2021. Disponible en: <https://revistas.utm.edu.ec/index.php/Cognosis/article/view/2555>
- Santa Cruz GB, Albújar Verona CE, Becerra Cerna ER, Fernández Otoy FA. Habilidades sociales en estudiantes de educación secundaria. *RC*. 2023;19(94):120–8. Disponible en: <https://conrado.ucf.edu.cu/index.php/conrado/article/view/3334>
- Silva-Mirella S, et al. Social skills and social anxiety in childhood and adolescence: 20-year review. *Psicol Esc Educ*. 2021. Disponible en: <https://pepsic.bvsalud.org/>
- Silvers J, Meredith W. Experience-dependent neurodevelopment of self-regulation in adolescence. *10.1016/j.jdcn.2024.101356*
- Soraci P, et al. The Italian Version of the Escapism Social Media Scale (ESMS): Adaptation, Validation, and Psychometric Evaluation. *Int J Ment Health Addict*. 2025. <https://doi.org/10.1007/s11469-024-01438-2>
- Tetik S, et al. Social media addiction and social skills: implications for university students. *Systems*. 2025;13(7):501. <https://doi.org/10.3390/systems13070501>
- Theopilus Y, et al. Preventive interventions for Internet addiction in youth: school and community approaches. *JMIR Ment Health*. 2024;11:e56896. [10.2196/56896](https://doi.org/10.2196/56896)
- Torres Díaz SE, Hidalgo Apolo GA, Suarez Pesántez KV. Habilidades sociales y rendimiento académico en adolescentes de secundaria. *Rev Horizontes*. 2020;4(15):267–76. Disponible en: <https://revistahorizontes.org/index.php/revistahorizontes/article/view/114>
- Vicho-de-la-Fuente N, et al. Habilidades sociales en adolescentes: valoración desde Atención Primaria. *Enferm Clín*. 2024. Disponible en: <https://ciberindex.com/index.php/ec/article/view/e14863>
- Yankouskaya A, et al. Impact of parental Internet addiction on adolescents' social functioning. *Wiley*. 2025. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1155/cad/4336597>
- Yue Y, et al. Influence of adolescents' internet adaptation on internet addiction: mediating role of cultural adaptation. *Front Psychiatry*. 2024;14:1338343. [10.3389/fpsy.2023.1338343](https://doi.org/10.3389/fpsy.2023.1338343)

Liderazgo docente en contextos rurales multigrado: estudio de caso en Luz de América

Gladys Correa-Mogro^{1*}; Rhut Ontaneda-Avellán

Resumen

Este artículo tiene como objetivo analizar cómo se ejerce el liderazgo docente en escuelas unidocentes rurales, a partir del estudio de caso de la Escuela de Educación Básica “Dr. Héctor Abelardo Reyes Rosero”, ubicada en la parroquia Luz de América, provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador. La investigación adopta un enfoque cualitativo, en el que la docente de esta institución se constituye en la protagonista del caso, al desempeñar simultáneamente funciones de dirección y enseñanza desde primero hasta séptimo año de Educación General Básica. Mediante la observación directa y la entrevista semiestructurada se identifican los desafíos que enfrenta al liderar procesos pedagógicos, gestionar recursos limitados y responder a las necesidades educativas de una comunidad en situación de vulnerabilidad económica. Los resultados permiten reconocer cómo, desde su rol, la docente articula estrategias de liderazgo pedagógico adaptadas al contexto multigrado rural. Este estudio aporta a la comprensión de la gestión educativa en zonas rurales, al visibilizar la realidad de las escuelas unidocentes y destacar su valor en la garantía del derecho a la educación y en el fortalecimiento del desarrollo local.

Palabras clave: Liderazgo docente, educación rural, escuela unidocente, aula multigrado, gestión educativa, contexto vulnerable.

Teacher Leadership in Multigrade Rural Contexts: A Case Study in Luz de América

Abstract

The purpose of this article is to analyze how teacher leadership is exercised in rural single-teacher schools, based on a case study conducted at the “Dr. Héctor Abelardo Reyes Rosero” Basic Education School, located in Luz de América Parish, Santo Domingo de los Tsáchilas Province, Ecuador. The study adopts a qualitative approach in which the school's teacher serves as the central figure, performing both administrative and instructional duties across grades one through seven of General Basic Education. Data collection is carried out through direct observation and semi-structured interviews to identify the challenges she faces in leading pedagogical processes, managing limited resources, and addressing the educational needs of a socioeconomically vulnerable community. The findings highlight how the teacher develops and implements leadership strategies adapted to the rural multigrade context. This study contributes to a deeper understanding of educational management in rural settings by shedding light on the realities of single-teacher schools and emphasizing their critical role in ensuring the right to education and promoting local development.

Keywords: teacher leadership, rural education, one-teacher schools, multigrade classrooms, educational leadership, underserved communities.

Recibido: 25 de julio de 2025

Aceptado: 31 de marzo 2026

¹ Magíster en Gestión de Proyectos, Universidad Estatal de Milagro, Ecuador, Maestrando MBA; gcorream6@unemi.edu.ec; <https://orcid.org/0009-0008-4894-0516>

² Docente Distrito de Educación 23D0, Líder Educativo en la Escuela de Educación Básica “Dr. Héctor Abelardo Reyes Rosero” Código Amie: 23H00535, Parroquia Luz de América, Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador; rhut.ontaneda@educacion.gob.ec; <https://orcid.org/0009-0002-7877-1262>

*Autor de correspondencia

I. INTRODUCCIÓN

La educación en contextos rurales presenta múltiples desafíos, particularmente en las escuelas unidocentes, donde una misma persona asume simultáneamente funciones de docencia y dirección institucional. En estos espacios, el profesorado atiende a estudiantes de distintos niveles educativos en aulas multigrado y enfrenta condiciones asociadas a limitaciones de recursos, oportunidades de formación y contextos de vulnerabilidad social.

En este marco, el liderazgo docente adquiere relevancia en tanto involucra responsabilidades pedagógicas y administrativas que deben desarrollarse en función de las características específicas del contexto rural. No obstante, gran parte de los estudios sobre liderazgo escolar se han centrado en instituciones con estructuras organizativas más amplias o en entornos urbanos, lo que evidencia una limitada producción académica sobre el ejercicio del liderazgo en escuelas rurales unidocentes.

El presente artículo, titulado “Liderazgo docente en contextos rurales multigrado: estudio de caso en Luz de América”, tiene como objetivo general analizar el ejercicio del liderazgo docente en una escuela unidocente rural, específicamente en la Escuela de Educación Básica “Dr. Héctor Abelardo Reyes Rosero”.

Para ello, se adopta un enfoque cualitativo con diseño de estudio de caso, centrado en la docente que asume funciones de dirección y enseñanza desde primero hasta séptimo año de Educación General Básica. La recolección de datos se realiza mediante observación directa y entrevistas semiestructuradas, con el propósito de examinar las funciones desempeñadas, los desafíos enfrentados y las estrategias implementadas en un contexto multigrado y socialmente vulnerable. El artículo se organiza de la siguiente manera: en primer lugar, se presenta la revisión de la literatura; posteriormente, se describe la metodología empleada; a continuación, se exponen los resultados obtenidos; y finalmente, se discuten los hallazgos y se formulan las conclusiones.

2. REVISIÓN DE LA LITERATURA

El liderazgo docente en contextos rurales multigrado ha sido identificado como un elemento clave en la calidad educativa y en la sostenibilidad

de las escuelas unidocentes. Los estudios indican que las escuelas rurales multigrado enfrentan una doble carga: el docente asume funciones pedagógicas y administrativas sin suficiente formación específica. Segovia-Quesada et al. (2020) señala que “los docentes rurales multigrado luchan por equilibrar sus roles de enseñanza y gestión”. Lo cual reafirma la situación en el contexto de la parroquia Luz de América, donde una sola persona debe asumir ambos roles dentro de la institución educativa, recalando que, además de las funciones administrativas, tiene a su cargo la labor pedagógica de los grados 1ro. a 7mo EGB.

2.1 Liderazgo docente en escuelas rurales

Según Burgos-Briones et al. (2020), el liderazgo docente no solo implica responsabilidad curricular o gestión de aula, sino una capacidad adaptativa al entorno y la predisposición para un aprendizaje constante.

Investigaciones realizadas por (Supovitz et al., 2020) definen al liderazgo docente como una estrategia que permite mejorar la calidad de instrucción cuando los docentes asumen funciones de liderazgo interno, “preparándolos, posicionándolos y reconociéndolos como líderes”

El liderazgo docente en contextos rurales se caracteriza por la necesidad de responder de manera efectiva a las condiciones específicas del entorno educativo, lo que implica atender las demandas de la comunidad escolar, gestionar los recursos disponibles y organizar los procesos de enseñanza y aprendizaje en función de las características del territorio. En estos contextos, los docentes enfrentan situaciones particulares que requieren adaptar sus prácticas pedagógicas y de gestión, atendiendo simultáneamente diversas necesidades educativas y sociales. En consecuencia, se requiere un liderazgo pedagógico que integre la planificación, la coordinación con los distintos actores educativos y la atención a elementos contextuales, lo cual contribuye a fortalecer la calidad de la docencia en las escuelas rurales (Cuestas-Solano et al., 2023).

El liderazgo docente se concibe como un proceso dinámico que implica la capacidad de actualización continua y la adaptación de las prácticas pedagógicas en función de las necesidades del estudiantado y del contexto educativo. Desde esta perspectiva,

el liderazgo se construye a partir del ejercicio profesional cotidiano, el conocimiento del entorno escolar y la toma de decisiones pedagógicas contextualizadas, aspectos que favorecen la mejora de los procesos de enseñanza-aprendizaje (Hallinger & Kovačević, 2021).

2.2 Desafíos del aula multigrado

El entorno multigrado impone retos particulares. (Supovitz et al., 2020) subraya la limitación de recursos tecnológicos y personal, lo que genera un entorno donde las necesidades de aprendizaje varían enormemente entre los grados.

Del mismo modo (Rodríguez Coronado & Valverde Madrigal, 2021) comentan que: “Los estudiantes de diferentes edades pueden desarrollar sus habilidades de socialización pero la preparación de las clases consume mucho tiempo para los profesores unidocentes”. Estos esfuerzos adicionales requieren del docente un liderazgo que garantice gestión del tiempo, diferenciación pedagógica y sostenibilidad emocional y operativa. En este caso, es probable que se refleje esa misma tensión.

La docencia en aulas multigrado se caracteriza por la convivencia de estudiantes de diferentes niveles educativos en un mismo espacio escolar, lo que genera demandas específicas para la planificación, la gestión del aula y la atención a la diversidad. En estos contextos, el profesorado enfrenta retos asociados a la disponibilidad de recursos y a la atención simultánea de distintos ritmos y etapas del desarrollo, lo que requiere una planificación pedagógica flexible y diferenciada, así como el ejercicio de un liderazgo pedagógico que responda a las necesidades del contexto educativo y favorezca la organización del proceso de enseñanza-aprendizaje (Córdova-Galvez et al., 2024).

2.3 Funciones administrativas y pedagógicas

Según Rodríguez Coronado & Valverde Madrigal, (2021), el liderazgo docente rural combina tareas: cumplimiento curricular, recursos, relaciones con la comunidad y aspectos administrativos; aplica estrategias para fomentar el trabajo en equipo y la participación parental para responder a las limitaciones.

Un estudio publicado por (Taole et al., 2024) “rural schools excel in fostering close-knit communities

despite facing resource limitations.” Traducido al español nos dice que “las escuelas rurales se destacan por fomentar comunidades unidas a pesar de enfrentar limitaciones de recursos”; esto significa que las escuelas unidocentes, más allá de sus carencias, pueden constituirse como verdaderos centros de articulación comunitaria, donde el docente lidera no solo el aula sino un proyecto local de desarrollo y aprendizaje colectivo.

2.4 Estrategias de liderazgo

2.4.1 Liderazgo distribuido y colaborativo

El enfoque del liderazgo distribuido promueve la participación activa de múltiples actores del centro educativo, más allá del docente único.

Según estudio (UNESCO, 2025)

“Uno de los cometidos claves del director radica en entusiasmar y movilizar la experticia y las competencias de la comunidad escolar que, bajo una cultura colaborativa y de roles compartidos, permite encarar situaciones desafiantes e impactar en la mejora de los aprendizajes”

Este planteamiento resulta especialmente relevante en el contexto de las escuelas rurales unidocentes, donde la ausencia de equipos directivos formales implica que el propio docente asuma funciones de coordinación pedagógica y articulación con los distintos actores de la comunidad educativa. En estos escenarios, el liderazgo docente se desarrolla a partir de la interacción permanente con las familias y la comunidad, favoreciendo dinámicas de participación y colaboración orientadas al sostenimiento de los procesos pedagógicos. Desde esta perspectiva, el liderazgo educativo en contextos rurales se configura como un proceso construido en la práctica cotidiana, basado en la participación, la comunicación y el reconocimiento de los saberes locales como parte del proceso educativo (Murillo, 2017).

2.4.2 Innovación contextualizada

Cuestas-Solano et al., (2023) identifica que en la educación rural es necesario innovar desde la

especificidad del territorio, enfatizando: “trabajar desde una innovación escolar multigrado”

(Guzmán-Rodríguez y Pérez-Bejerano, 2019), citado por Cuestas-Solano et al. (2023) Menciona:

La gestión educativa en contextos rurales es dinámica y compleja, por cuanto cada comunidad presenta realidades socio económicas, geográficas, culturales, medios de comunicación, acceso al internet, diversas al escenario urbano, sin embargo; el currículo con el cual se labora en estas instituciones es diseñado y planeado por agentes que no conocen la ruralidad, generando desafíos que suelen ser imposibles de cumplir a cabalidad. (Cuestas-Solano et al., 2023)

La innovación educativa en contextos multigrado supone el reconocimiento de las particularidades territoriales, tales como los ritmos de aprendizaje, los saberes locales y las dinámicas socioculturales propias del entorno rural. En consecuencia, el currículo y las estrategias pedagógicas requieren procesos de adaptación contextual que permitan articular el conocimiento académico con el entorno local, fortaleciendo el rol del docente como mediador pedagógico en contextos educativos diversos. Desde esta perspectiva, la innovación en educación rural se orienta a la articulación del enfoque pedagógico con las características específicas del territorio y la participación comunitaria, lo que contribuye a procesos educativos contextualizados y pertinentes (Córdova-Galvez et al., 2024).

2.4.3 Estrategias didácticas multigrado

En la práctica, esto se traduce en el uso de metodologías activas, aprendizaje entre pares y adaptación del contenido según los niveles del alumnado, como iniciativas emergentes de liderazgo docente (Cuestas-Solano et al., 2023)

En los entornos multigrado, las estrategias didácticas se diseñan en función de las condiciones socioculturales y pedagógicas propias de cada contexto rural, lo que exige planificación flexible y adaptada a las necesidades de los estudiantes. En este marco, el liderazgo docente se articula con la implementación de dinámicas de aprendizaje colaborativo que favorecen la interacción entre

estudiantes de diferentes edades y niveles, mediante metodologías activas y acompañamiento pedagógico ajustado a las características del aula. La adaptación de los contenidos y la organización del trabajo en equipo contribuyen a que la diversidad del grupo sea considerada como un recurso didáctico para promover procesos de aprendizaje significativo dentro del contexto rural (Marín-Marín & Álvarez Martínez-Iglesias, 2024).

4.4. Vinculación familiar y uso de recursos locales

El Ministerio de Educación del Ecuador promueve una estrecha colaboración entre la escuela y la familia, reconociendo que la educación no puede reducirse únicamente al aula. Según el programa Educando en Familia: “La participación de las familias es clave en el aprendizaje de niñas, niños y adolescentes”. (Ministerio de Educación del Ecuador, 2016). Este enfoque cobra especial relevancia en entornos rurales y unidocentes, como la escuela en estudio, donde la colaboración familiar pasa a ser un recurso esencial para potenciar el proceso de enseñanza-aprendizaje.

La participación activa de las familias en los procesos educativos fortalece el vínculo entre la escuela y el entorno comunitario, favoreciendo la construcción de ambientes de aprendizaje participativos en contextos rurales. Esta participación se manifiesta mediante la colaboración en actividades escolares, el apoyo a proyectos institucionales y la articulación de saberes comunitarios con los objetivos educativos, lo que contribuye a procesos pedagógicos contextualizados y a la cohesión social de la comunidad educativa (Rodríguez-Revelo, 2025).

III. MATERIALES Y MÉTODOS (METODOLOGÍA)

La investigación se desarrolló con un enfoque cualitativo, orientado a comprender el ejercicio del liderazgo docente a partir de la experiencia directa en un contexto escolar rural. Se aplicó un diseño de estudio de caso de tipo instrumental, con enfoque autoetnográfico, en el que una de las autoras, en su rol de docente y directora de la institución, registró y analizó de manera reflexiva su práctica cotidiana; la información fue complementada con

el análisis realizado por la coautora, quien actuó como observadora externa, lo que permitió una lectura analítica del fenómeno desde la perspectiva autoetnográfica de la docente protagonista y desde la perspectiva observacional de la coautora.

El trabajo de campo se llevó a cabo durante el mes de junio de 2025. En este período se aplicaron los instrumentos de recolección de información definidos para el estudio. En primer lugar, se desarrolló una autoentrevista semiestructurada, compuesta por preguntas abiertas orientadas a explorar la experiencia de liderazgo docente, los desafíos del contexto multigrado, la gestión pedagógica e institucional, la toma de decisiones y las estrategias implementadas para sostener el proceso educativo en condiciones rurales. En segundo lugar, se realizaron registros de observación directa, elaborados por la coautora durante cuatro jornadas escolares, comprendidas entre el 24 y el 27 de junio de 2025, los cuales incluyeron información sobre la organización del aula multigrado, la gestión de conflictos entre estudiantes, la administración del tiempo para el cumplimiento de labores pedagógicas y administrativas, así como la atención a padres de familia para la resolución de situaciones cotidianas. Estos registros permitieron documentar de manera estructurada el desarrollo de la práctica docente en el contexto estudiado.

La unidad de análisis fue la Escuela de Educación Básica “Dr. Héctor Abelardo Reyes Rosero”, ubicada en el recinto San Andrés 2, parroquia Luz de América, provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador. Se trata de una institución rural unidocente que atiende a estudiantes desde primero hasta séptimo año de Educación General Básica, en un contexto caracterizado por limitaciones de recursos y condiciones socioeconómicas vulnerables. En este escenario, la docente protagonista cumple de manera simultánea funciones pedagógicas y administrativas, situación que constituye el eje central del fenómeno investigado.

Los instrumentos de recolección de información fueron revisados por ambas autoras con el fin de asegurar que las preguntas de la autoentrevista y los aspectos considerados en los registros de observación estuvieran directamente relacionados con los objetivos de la investigación y con los ejes teóricos del estudio. Asimismo, la información obtenida

desde la reflexión autoetnográfica de la docente fue contrastada con los registros de observación elaborados por la coautora, lo que permitió fortalecer la coherencia y credibilidad del análisis.

El análisis de la información se realizó de manera inductiva, a partir de la lectura sistemática de las entrevistas, los registros de observación y los documentos de apoyo. A partir de este proceso se identificaron ideas recurrentes, las cuales fueron organizadas en categorías relacionadas con el liderazgo docente, los desafíos del contexto rural multigrado y las estrategias de gestión pedagógica e institucional implementadas en la escuela estudiada.

Durante todo el proceso investigativo se observaron principios éticos fundamentales, garantizando la confidencialidad de la información vinculada a estudiantes y familias, el consentimiento institucional para el desarrollo del estudio con fines académicos y la delimitación clara de los roles entre la autora participante y la coautora analista.

IV. RESULTADOS

Los resultados del estudio se derivan del análisis articulado de dos técnicas cualitativas: una autoentrevista semiestructurada aplicada a la docente líder el 16 de junio de 2025, orientada a explorar de forma reflexiva su experiencia personal de liderazgo en el contexto rural multigrado; y la observación directa sistematizada de cuatro jornadas pedagógicas consecutivas, desarrolladas entre el 24 y el 27 de junio de 2025, cuyo propósito fue registrar comportamientos, dinámicas y evidencias prácticas del liderazgo docente en la gestión cotidiana de la escuela. La aplicación conjunta de estos instrumentos permitió identificar tres ejes temáticos clave: (1) funciones múltiples y sobrecarga laboral, (2) estrategias adaptativas de liderazgo pedagógico, y (3) vinculación con la comunidad y sostenimiento del proceso educativo.

Para efectos del análisis, las citas provenientes de la autoentrevista se identifican como (E1), mientras que las derivadas de los registros de la guía de observación de campo se codifican como (O1–O4), según la jornada correspondiente.

4.1. Funciones múltiples y sobrecarga laboral

La docente asume simultáneamente el rol de maestra de siete grados y líder institucional, lo

que implica responsabilidades administrativas, pedagógicas, sociales y comunitarias. En la autoentrevista expresa: *“Empiezo siendo maestra, pero en paralelo soy secretaria, gestora, comunicadora, archivista...”* (E1)

Esta multifuncionalidad configura una jornada extendida que, según señala la propia docente, se prolonga más allá del horario escolar y reduce el tiempo destinado a la planificación pedagógica. Las observaciones de campo corroboran esta situación. En el registro correspondiente al 26/06/2025, se evidencia que gran parte del tiempo escolar se destina a tareas administrativas y a la atención de requerimientos solicitados permanentemente por parte de la Dirección Distrital de Educación, lo que genera tensiones en la organización del proceso de enseñanza-aprendizaje: *“La gestión administrativa desplaza la labor pedagógica, lo cual además impone costos personales no reconocidos (transporte, copias, tiempo). La figura de líder educativa rural está subvalorada y sin apoyo logístico”* (O3).

4.2. Estrategias adaptativas de liderazgo pedagógico

Frente a la complejidad del aula multigrado, la docente implementa estrategias prácticas que permiten sostener el proceso educativo con pocos recursos. Se evidencian acciones como la distribución del aula por grados y subniveles, el uso de materiales reciclados, la promoción del trabajo colaborativo entre estudiantes y la búsqueda de apoyo externo. En el registro del 24/06/2025 se documenta: *“La docente se desplaza con agilidad entre los grupos de estudiantes, regulando tiempos con apoyo del reloj de su celular. La distribución espacial y temporal es ingeniosa, aunque forzada por la escasez”* (O1).

Estas acciones responden no solo a una necesidad organizativa, sino a una visión de liderazgo centrado en el aprendizaje pese a las diversas obligaciones que tiene a cargo la docente líder.

4.3. Vinculación con la comunidad y liderazgo contextual

La relación con las familias es un componente fundamental del liderazgo docente rural. Aunque no siempre pueden participar activamente por razones laborales, la docente ha logrado establecer vínculos de confianza y coordinación. En la observación del 27/06/2025 se registra *“La escuela se adapta a la movilidad laboral de las familias rurales. El liderazgo docente aquí se entrelaza con la contención social”* (O4). Asimismo, su presencia constante es un factor que favorece la permanencia estudiantil: *“Sé que represento para ellos no solo una docente, sino una guía, un referente afectivo”*. Desde la autoentrevista, la docente refuerza esta idea al señalar: *“Sé que represento para ellos no solo una docente, sino una guía, un referente afectivo”* (E1).

En conjunto, los resultados evidencian que el liderazgo docente en la escuela unidocente analizada trasciende el cumplimiento formal de funciones pedagógicas y administrativas, configurándose como una práctica situada y adaptativa, estrechamente vinculada a las condiciones del contexto rural. Este liderazgo se sostiene en la capacidad de la docente para articular múltiples responsabilidades, implementar estrategias pedagógicas flexibles y establecer vínculos significativos con la comunidad educativa, contribuyendo al sostenimiento del proceso educativo en un entorno caracterizado por limitaciones estructurales y vulnerabilidad social.

Tabla 1. Matriz de categorías emergentes del liderazgo docente en contexto rural multigrado

Categoría emergente	Subcategorías	Indicadores / Evidencias de liderazgo	Fuente	Ejemplos de evidencia empírica
1. Funciones múltiples y sobrecarga laboral	Multiplicidad de roles	Desempeño simultáneo de funciones docentes y administrativas	E1	“Cada día empiezo siendo maestra, pero en paralelo soy secretaria, gestora, comunicadora, archivista, administradora y muchas veces también psicóloga.”
	Extensión de la jornada laboral	Trabajo fuera del horario escolar para cumplir requerimientos administrativos	E1	“Casi todos los días tengo que extender mi jornada hasta la noche para completar labores administrativas.”
	Desplazamiento de la labor pedagógica	Suspensión de clases por trámites administrativos obligatorios	O3	Suspensión de la jornada escolar para asistir a la Dirección Distrital por requerimientos institucionales.
	Costos personales no reconocidos	Inversión personal de recursos económicos y de tiempo para sostener la gestión escolar	E1/O3	Uso de recursos propios (impresiones, transporte, tiempo).
2. Estrategias adaptativas de liderazgo pedagógico	Organización del aula multigrado	Distribución flexible del espacio, tiempos y actividades por ciclos	O1	División del aula en grupos por nivel educativo, con actividades diferenciadas y planificación de recursos.
	Planificación flexible y experiencia docente	Ajustes permanentes en la enseñanza según niveles y contexto educativo	E1	“Recurro a mi experiencia, a la observación constante y al conocimiento que tengo de cada uno de mis estudiantes.”
	Uso creativo de recursos limitados	Reutilización de materiales, elaboración artesanal y uso de tecnología personal	E1 / O1	Cartulina reutilizada como rotafolio, caja reciclada como biblioteca, uso del celular personal.
	Gestión de la convivencia escolar	Mediación de conflictos mediante diálogo y participación grupal	O2	Aplicación de estrategia de diálogo grupal ante conflicto entre estudiantes.
3. Vinculación comunitaria y sostenimiento del proceso educativo	Relación escuela-familia	Comunicación cercana y flexible con las familias	E1 / O4	Reunión empática con madre de estudiante con inasistencias frecuentes.
	Contención social y afectiva	Acompañamiento a estudiantes en situaciones de vulnerabilidad	E1	“Represento para ellos no solo una docente, sino una guía, un referente afectivo.”
	Adaptación a la realidad territorial	Flexibilización de normas ante movilidad laboral de las familias	O4	Acuerdos de apoyo y flexibilidad académica frente a ausencias reiteradas.
	Liderazgo como sostén institucional	Permanencia y compromiso como factor clave de continuidad escolar	E1	“Si yo no estuviera comprometida... muchos niños ya habrían abandonado sus estudios.”

Nota. E1 corresponde a la autoentrevista semiestructurada aplicada a la docente líder. Su presencia reiterada en la tabla responde a la identificación de múltiples unidades de significado provenientes de una misma fuente. O1 - O4 corresponden a las jornadas de observación directa sistematizada.

Como se evidencia en la Tabla 1, el liderazgo docente en escuelas rurales multigrado se manifiesta a través del desempeño de múltiples funciones y de la aplicación de estrategias adaptativas que responden directamente a las condiciones del entorno educativo.

V. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos reflejan una realidad

compleja y poco visibilizada: el ejercicio del liderazgo docente en una escuela unidocente rural, donde una sola persona sostiene la dimensión pedagógica, administrativa y social de una institución educativa. Esta multifuncionalidad confirma lo señalado por Segovia-Quesada et al. (2020), quienes advierten que los docentes rurales multigrado enfrentan una doble carga sin preparación específica ni acompañamiento

adecuado. No obstante, el presente estudio amplía estos hallazgos al mostrar que la sobrecarga docente, además de estar asociada a exigencias estructurales del sistema educativo, impulsa el desarrollo de prácticas de liderazgo operativo y pedagógico que permiten sostener el funcionamiento institucional en contextos rurales de alta vulnerabilidad.

La sobrecarga de tareas no solo implica un desafío organizativo, sino que afecta directamente la posibilidad de planificar y ejecutar procesos pedagógicos con la profundidad que requieren. En línea con lo planteado por Rodríguez Coronado & Valverde Madrigal (2021), muchos docentes unidocentes deben asumir la elaboración de material, la planificación diferenciada y la atención simultánea a varios grados sin el soporte necesario, lo cual los lleva a desarrollar estrategias propias de gestión del tiempo y atención integral.

A diferencia de estudios que analizan las estrategias de liderazgo desde enfoques generales, los resultados de este estudio de caso evidencian que dichas estrategias se desarrollan de forma gradual y práctica, a partir de la experiencia cotidiana de la docente, más que de una formación específica en liderazgo para contextos rurales multigrado.

En cuanto a las estrategias de liderazgo, se confirma que el liderazgo docente en entornos rurales no responde a modelos jerárquicos tradicionales, sino a prácticas situadas que emergen desde la realidad. Tal como lo expone Burgos-Briones et al. (2020) se requiere una capacidad adaptativa y una disposición constante al aprendizaje, desde un ejercicio cotidiano donde el maestro se convierte en guía, mediador y sostén emocional del proceso educativo. El presente estudio coincide con esta perspectiva, pero aporta evidencia empírica contextualizada que permite identificar cómo las prácticas de liderazgo docente se concretan en decisiones pedagógicas específicas, como la gestión del aula mediante materiales reciclados, la articulación por subniveles y el trabajo colaborativo entre estudiantes, las cuales constituyen respuestas genuinas ante la escasez y demuestran una forma de liderazgo flexible y funcional al contexto.

Otro aspecto fundamental identificado es la relación con la comunidad educativa. El Ministerio de Educación del Ecuador, a través del programa Educando en Familia, plantea que la participación de las familias es esencial para garantizar el derecho a

la educación. En este estudio, se evidencia que dicha participación, aunque limitada por las condiciones socioeconómicas, se da desde una lógica de confianza y reconocimiento del rol docente. En concordancia con la normativa nacional, pero adaptada a las condiciones del contexto, los resultados muestran que esta relación se orienta principalmente a atender necesidades concretas de la escuela, más que a procesos formales o planificados, lo que permite sostener la escolarización de niños que, en otros contextos, estarían en riesgo de abandono.

Finalmente, el liderazgo docente observado en este caso no se construye desde el cargo, sino desde el compromiso. Coincidiendo con el informe (Taole et al., 2024), las escuelas rurales pueden constituirse en espacios donde se fortalecen comunidades unidas, lideradas por docentes que asumen con resiliencia una multiplicidad de funciones que van más allá de la enseñanza tradicional. En este sentido, la principal contribución del estudio radica en visibilizar, desde un enfoque cualitativo y contextualizado, cómo el liderazgo docente en escuelas rurales multigrado se ejerce como una práctica integral que articula pedagogía, gestión y contención social, aportando evidencia empírica a un campo de estudio que, si bien ha sido abordado en la literatura, aún requiere mayor profundización a partir de estudios de caso situados.

VI. CONCLUSIONES

El estudio analizó el ejercicio del liderazgo docente en la Escuela de Educación Básica “Dr. Héctor Abelardo Reyes Rosero”, una institución unidocente rural de la parroquia Luz de América, cantón Santo Domingo, provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, evidenciando que dicho liderazgo se desarrolla en un contexto de múltiples exigencias institucionales, pedagógicas y sociales, asociadas a la gestión administrativa, la atención simultánea de varios niveles educativos y las condiciones de vulnerabilidad del entorno.

A partir del enfoque cualitativo y del análisis de la autoentrevista y la observación directa, se concluye que el liderazgo docente no se reduce al cumplimiento de funciones pedagógicas o administrativas, sino que se manifiesta en acciones concretas orientadas a sostener el funcionamiento diario de la escuela y asegurar la continuidad del proceso educativo en condiciones de recursos limitados.

En este marco, se constató que la docente asume de manera simultánea funciones pedagógicas, administrativas y de gestión institucional, propias de su doble rol como docente y directora; esta multiplicidad de responsabilidades genera una sobrecarga laboral que incide directamente en la planificación pedagógica y en la organización del tiempo escolar, confirmando que el liderazgo en escuelas unidocentes se ejerce bajo condiciones que exceden las exigencias habituales del rol docente en contextos urbanos o en instituciones educativas con estructuras completas.

Respecto a los desafíos enfrentados, los resultados permitieron identificar que los principales desafíos del liderazgo docente en el contexto multigrado rural están asociados a la escasez de recursos materiales, el limitado acompañamiento institucional, la diversidad de niveles educativos en un mismo espacio y las condiciones de vulnerabilidad social de las familias. Estos factores configuran un escenario en el que la toma de decisiones debe realizarse de manera constante y situada, sin apoyo técnico especializado ni formación específica para la gestión unidocente.

En cuanto a las estrategias de liderazgo, se evidenció que la docente implementa acciones ajustadas a las condiciones del contexto rural multigrado, orientadas a asegurar la continuidad del aprendizaje y fortalecer la relación con la comunidad educativa. Estas acciones se manifiestan en la organización flexible del aula, el aprovechamiento creativo de los recursos disponibles, la resolución de conflictos mediante el diálogo y la coordinación directa con las familias para sostener la permanencia escolar, lo que refleja un liderazgo construido desde la experiencia cotidiana y la práctica pedagógica.

En coherencia con el problema abordado, se concluye que el liderazgo docente en escuelas rurales unidocentes constituye una forma específica de gestión educativa que requiere reconocimiento institucional diferenciado. Los hallazgos del estudio sustentan la necesidad de políticas públicas que consideren las particularidades de estos contextos, así como de programas de formación y apoyo técnico contextualizados, orientados a mejorar las condiciones de trabajo docente y a fortalecer la sostenibilidad del sistema educativo rural.

RECOMENDACIONES E IMPLICACIONES DEL ESTUDIO

A partir de los hallazgos obtenidos, se plantea como recomendación implementar programas de formación y acompañamiento en liderazgo pedagógico, gestión administrativa y estrategias para organizar aulas multigrado, dirigidos a docentes que desempeñan simultáneamente funciones pedagógicas y de gestión institucional, con el fin de fortalecer el liderazgo en este contexto.

En cuanto a la política educativa rural, los resultados evidencian la necesidad de que las autoridades responsables reconozcan el carácter diferenciado del liderazgo docente en contextos unidocentes. Esto implica mejorar las condiciones laborales, brindar apoyo técnico efectivo y asignar recursos que respondan a las múltiples funciones del docente, asegurando así la continuidad y sostenibilidad de estas instituciones educativas.

Finalmente, el estudio abre líneas para futuras investigaciones orientadas a profundizar el análisis del liderazgo docente rural desde estudios comparativos, incorporando la voz de otros actores de la comunidad educativa o explorando el impacto de políticas de acompañamiento institucional en escuelas multigrado. Estas líneas permitirían ampliar la comprensión de un fenómeno que, aunque presente en diversos contextos rurales, requiere mayor abordaje empírico situado.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Burgos-Briones, J. G., Burgos-López, G. A., & Cedeño-Martínez, D. G. (2020). El docente rural ecuatoriano en el siglo XXI. Retos y Desafíos. *Domínio de las Ciencias*, 6(4), 358–369. <https://doi.org/10.23857/dc.v6i4.1765>
- Córdova-Galvez, M., Vilcanqui-Chambi, V., Flores-Suarez, M., & Beteta-Salas, M. (2024). Liderazgo pedagógico en el contexto rural: Perspectivas de los directivos desde un enfoque territorial. *Revista Innova Educación*, 6(2), 73-91. <https://doi.org/10.35622/jrie.2024.02.005>
- Cuestas-Solano, E. A., Carbonell-García, C. E., Millones-Alba, E. L., & Ruiz-Gómez, T. (2023). Liderazgo para una efectiva docencia rural. *Revista Arbitrada*

- Interdisciplinaria Koinonía*, 8(1), <https://doi.org/10.35381/r.k.v8i1.2811>
- UNESCO. (2025). *Liderazgo distribuido en la educación en América Latina: Conceptualización*. Global Education Monitoring Report. <https://doi.org/10.54676/PGAW6645>
- Hallinger, P., & Kovačević, J. (2021). Science mapping the knowledge base in educational leadership and management: A longitudinal bibliometric analysis, 1960 to 2018. *Educational Management Administration & Leadership*, 49(1), 5-30. <https://doi.org/10.1177/1741143219859002>
- Marín-Marín, J.-A., & Álvarez Martínez-Iglesias, J. M. (2024). *Desafíos de la escuela en el medio rural para la innovación educativa*. En R. García Marín & J. M. Álvarez Martínez-Iglesias (Eds.), *Ventanas al universo desde sólidas raíces: la escuela rural y la igualdad de derechos en las sociedades modernas* (pp. 103–120). Dykinson. <https://doi.org/10.14679/2746>
- Ministerio de Educación del Ecuador. (2016). *Educando en Familia*. <https://educacion.gob.ec/educando-en-familia/>
- Murillo, F. J. (2017). *Avances en Liderazgo y Mejora de la Educación*. *Actas del I Congreso Internacional de Liderazgo y Mejora de la Educación*.
- Rodríguez Coronado, F., & Valverde Madrigal, V. E. (2021). *La mediación pedagógica utilizada por una maestra unidocente en el primer ciclo de la Escuela Lourdes de Sacramento, circuito 03 del cantón de Barva, Heredia durante el desarrollo de los procesos de enseñanza y aprendizaje en la clase de Educación Física*. <http://hdl.handle.net/11056/20061>
- Rodríguez-Revelo, J. (2025). *Incidencia de la participación familiar y comunitaria para la creación de ambientes de aprendizaje participativos en las instituciones Educativas de Educación General Básica del sector rural | 593 Digital Publisher CEIT*. https://www.593dp.com/index.php/593_Digital_Publisher/article/view/3621
- Segovia-Quesada, S., Fuster-Guillén, D., Ocaña-Fernández, Y. (2020). Resiliencia del docente en situaciones de enseñanza y aprendizaje en escuelas rurales de Perú. *Revista Electrónica Educare*, 24(2), 411-436. <https://doi.org/10.15359/ree.24-2.20>
- Supovitz, J. A., Margolis, J., Harrison Berg, J., & Comstock, M. (2020). *The Influence of Teacher Leadership Programs on Teacher Leaders, Teachers, Schools, and Districts*. (CPRE Research Report). Consortium for Policy Research in Education. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED614209.pdf>
- Taole, M., Mudau, P., Majola, X., & Mukhati, F. (2024). *Instructional Leadership Challenges in Rural Multigrade Schools*. REPAM: Research in Educational Policy and Management. <https://doi.org/10.46303/repam.2024.8>

Brecha de percepción en carga de trámites y calidad del servicio municipal en Loja, 2024-2025

Pablo José Gutiérrez Quezada^{1*}; Mónica Patricia Quezada Astudillo²

Resumen

La atención en ventanillas municipales de Loja evidenció tensiones entre carga de trámites percibida y calidad del servicio percibida durante 2024-2025. En ese marco, el estudio estimó su relación en ciudadanía y servidores, además incorporó contraste con Catamayo y Saraguro. En primer lugar, se aplicaron cuestionarios espejo a 300 ciudadanos y 30 servidores con escala de tres niveles; posteriormente, se realizaron entrevistas estructuradas alineadas a los ítems. Los descriptivos mostraron que la ciudadanía concentró valoraciones deficientes en tiempo de espera: 56%, pasos y visitas: 50% y costos por desplazamientos: 52%. Asimismo, las asociaciones fueron altas y el modelo explicó: 64.1% de la variación en la calidad percibida, por consiguiente, la claridad de la información y los requisitos destacaron como predictores. Finalmente, la integración evidenció brecha cuando el control se comunicó tarde o con mensajes inconsistentes. Se recomienda unificar mensajes y hacer previsible el recorrido del trámite.

Palabras clave: carga de trámites, calidad del servicio, brecha de percepción, ventanilla municipal, Loja.

Perception gap regarding administrative burden and the quality of municipal services in Loja, 2024-2025

Abstract

Front-desk municipal services in Loja revealed tensions between perceived administrative burden and perceived service quality in 2024-2025. Within this context, the study estimated their relationship among service users and counter staff, while also including a comparison with Catamayo and Saraguro. First, mirror surveys were administered to 300 citizens and 30 public servants using a three-level scale; subsequently, structured interviews were conducted and aligned with the survey items. Descriptive results showed that citizens concentrated deficient ratings on waiting and service time: 56%, steps and repeat visits: 50%, and travel-related costs: 52%. Likewise, associations were high and the model explained: 64.1% of the variation in perceived counter service quality; therefore, information clarity and requirement-related perceptions stood out as key predictors. Finally, integration indicated a perception gap when control requirements were communicated late or through inconsistent messages. The study recommends harmonizing information across channels and making the service pathway predictable.

Keywords: administrative burden, service quality, perception gap, municipal front desk, Loja.

Recibido: 12 de febrero 2026

Aceptado: 07 de abril 2026

¹ Universidad Nacional de Loja, Ecuador, 1Licenciado en Ciencias de la Educación Básica, Universidad Nacional de Loja. Magister en Educación con mención en Docencia e Investigación en Educación Superior, Universidad Estatal de Milagro. Magister en Educación Básica, Universidad Estatal de Milagro. Loja, Ecuador. Email: pablo.j.gutierrez@unl.edu.ec.ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8051-505X>

² Universidad Estatal de Milagro, Ecuador, Ingeniera en Contabilidad y Auditoría, Contador Público-Auditor, Universidad Nacional de Loja. Técnica Superior en Análisis de Sistemas, Instituto Tecnológico Superior Sudamericano. Magister en Administración Pública Mención en Desarrollo Institucional, Universidad Estatal de Milagro. Loja, Ecuador. Email: mquezadaa4@unemi.edu.ec.ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-4840-5110>

* Autor de correspondencia.

I. INTRODUCCIÓN

La interacción entre ciudadanía y Estado a través de ventanillas de atención municipal reúne normas, procedimientos, información y decisiones que convierten una necesidad cotidiana en un trámite concreto. En ese marco, la carga de trámites percibida describe cómo se vive el conjunto de requisitos, pasos, tiempos, costos y visitas que exige una gestión, mientras que la calidad del servicio municipal percibida refleja la evaluación que se hace del trato recibido, la claridad de la información y la capacidad de respuesta en el punto de atención. En ese sentido, cuando la experiencia se vuelve difícil de comprender o lenta de completar, se instala una tensión práctica que ya no se limita al resultado del trámite, sino que alcanza la confianza en el servicio público y la disposición a volver.

De este modo, la administración pública contemporánea ha situado la experiencia de servicio como un componente que atraviesa la gestión institucional, porque los procesos de atención no solo ejecutan decisiones, sino que también comunican criterios y justifican controles. De igual manera, Qin et al. (2025) han mostrado que la satisfacción surge de la comparación entre lo esperado y lo recibido, con efectos que se amplían cuando el servicio se asocia con transparencia, trato equitativo y respuesta oportuna. Bajo esta visión, la calidad del servicio municipal se entiende como un fenómeno observado por quienes usan el servicio y por quienes lo prestan, aunque con criterios que no siempre coinciden.

Los estudios sobre carga administrativa han precisado que las personas experimentan fricciones que combinan costos de aprendizaje, costos de cumplimiento y costos psicológicos, lo cual se vuelve visible cuando la información llega tarde, cuando se repiten pasos o cuando se acumulan esperas. Por otro lado, una revisión sistemática centrada en los encuentros ciudadano-Estado ha resumido evidencia de que tales fricciones aparecen con especial fuerza en los puntos de atención, donde la comunicación y los errores administrativos influyen en la forma en que se juzga al servicio (Halling y Baekgaard, 2024). Esta base permite sostener que la burocracia no siempre se percibe como una regla abstracta, sino como una experiencia concreta que afecta tiempo, ánimo y decisiones.

No obstante, la carga administrativa también se ha

asociado con desigualdades en la vida diaria, debido a que el costo de completar trámites se distribuye de forma distinta según recursos, habilidades y disponibilidad de tiempo. En comparación con explicaciones que atribuyen el problema solo a falta de paciencia, estudios han descrito la carga como un impuesto de tiempo que recae con mayor intensidad en quienes ya enfrentan desventajas, lo cual deja efectos sobre acceso, continuidad y percepción de justicia en el trato (Martin et al., 2023). Esta mirada resulta pertinente para servicios municipales, porque la visita a ventanilla suele coincidir con jornadas laborales, transporte y gastos que el procedimiento no contabiliza.

Desde el lado institucional, la investigación sobre red tape ha mostrado que la digitalización puede reducir ciertos pasos, aunque también puede trasladar la dificultad hacia nuevas exigencias de información, validación o uso de plataformas. Aun así, los análisis han advertido que las estructuras organizacionales y los controles internos pueden reproducir fricciones en entornos digitales, lo cual limita innovación y valor público cuando la regla se impone sin explicación comprensible para el usuario (Liu et al., 2025). En contextos municipales, esa tensión puede intensificarse cuando existe presión por cumplir normas de control y, al mismo tiempo, demanda ciudadana por agilidad y claridad.

En relación con la calidad del servicio, los gobiernos locales han reportado asociaciones consistentes entre calidad percibida y satisfacción ciudadana, con énfasis en fiabilidad, capacidad de respuesta y trato. En particular, un estudio en el ámbito municipal mostró relación positiva alta entre la calidad del servicio administrativo y la satisfacción, lo cual reforzó la idea de que los elementos de atención inciden en la evaluación global del servicio público (Rivera et al., 2025). Este patrón sugiere que, incluso cuando el trámite finaliza, la memoria de la experiencia puede sostener juicios favorables o desfavorables sobre la institución.

En consecuencia, la discusión se vuelve más compleja cuando se introduce la posibilidad de una brecha de percepción entre ciudadanía usuaria y servidores públicos, ya que ambos grupos interpretan el mismo procedimiento desde posiciones distintas. En otras palabras, la ciudadanía tiende a valorar la simplicidad, la comprensión previa y la reducción

de visitas, mientras que el servidor público suele priorizar verificaciones documentales, trazabilidad y prevención de riesgos asociados a controles posteriores. Esta divergencia no equivale a mala fe, sino a marcos de decisión diferentes que conviven en la misma ventanilla y que afectan la lectura de trato y burocracia.

En Ecuador, el marco normativo ha establecido un propósito explícito de optimización de trámites y reducción de costos de gestión, con el fin de facilitar la relación entre administrados y administración pública (Asamblea Nacional del Ecuador, 2018; Asamblea Nacional del Ecuador, 2023). Ahora bien, el entorno de control también ha definido que la responsabilidad civil culposa se tramita mediante glosas u órdenes de reintegro cuando existe perjuicio económico al Estado por acciones u omisiones, lo cual incrementa la sensibilidad institucional frente a errores y omisiones documentales (Contraloría General del Estado, 2018). En la práctica, esta coexistencia entre simplificación y control puede producir mensajes distintos hacia la ciudadanía si la explicación institucional no logra traducir el porqué del requisito.

En Loja, la institucionalidad municipal ha dispuesto canales informativos y servicios en línea que incluyen guías y listados de trámites; sin embargo, la comprensión previa no siempre se consolida antes de la visita a ventanilla, sobre todo cuando el usuario interpreta que el requisito aparece en el punto de atención. Por consiguiente, la ciudadanía puede comparar su experiencia con otros cantones y construir la idea de trato desigual si observa menos requisitos para gestiones semejantes, lo cual favorece movilidad hacia otras ventanillas por costos y tiempos percibidos (Municipio de Loja, 2020; Municipio de Loja, s. f.). En ese escenario, la tensión cotidiana deja de ser un asunto individual y se convierte en un problema de comunicación pública, pedagogía ciudadana y coherencia operativa entre municipios y marcos de control.

Bajo este contexto, el estudio determinó la relación entre la carga de trámites percibida y la calidad del servicio municipal percibida en ciudadanía usuaria y servidores públicos de ventanilla del Municipio de Loja, con contraste en ventanillas municipales de Catamayo y Saraguro durante 2024-2025. En cuanto a los objetivos específicos, la investigación identificó

la carga de trámites por dimensiones, analizó la calidad del servicio por dimensiones y estableció relaciones entre ambas variables, a fin de explicar la brecha de percepción mediante un diseño mixto secuencial explicativo, con cuestionarios espejo y entrevistas estructuradas alineadas a los ítems, lo cual permitió interpretar la falta de alineación entre ciudadanía, servidor público y ente de control como un problema institucional que combina procedimiento, información y experiencia de servicio.

II. METODOLOGÍA

La investigación se desarrolló con enfoque mixto y paradigma pragmático, porque la brecha de percepción entre ciudadanía usuaria y servidores de ventanilla necesitó medición comparable y explicación contextual (Medina et al., 2023). En primer lugar, la fase cuantitativa describió y contrastó la carga de trámites percibida y la calidad del servicio municipal percibida por dimensiones. Después, la fase cualitativa explicó los contrastes mediante entrevistas estructuradas alineadas a los ítems de la encuesta, con el fin de mantener coherencia entre lo medido y lo interpretado.

El alcance cuantitativo fue descriptivo, comparativo y correlacional, debido a que estimó niveles por dimensión, examinó diferencias entre ciudadanía, servidores del Municipio de Loja y servidores de cantones de contraste, además de evaluar asociaciones entre carga de trámites percibida y calidad del servicio municipal percibida. Asimismo, el alcance cualitativo fue explicativo, ya que indagó motivos institucionales y comunicacionales vinculados a los patrones observados en ventanilla.

El contexto institucional incluyó ventanillas vinculadas a trámites y atención ciudadana del Municipio de Loja, además de ventanillas municipales de Catamayo y Saraguro como contraste operativo por proximidad y factibilidad. La población se organizó en dos grupos: ciudadanía que realizó o intentó realizar trámites municipales en Loja durante 2024-2025, y servidores públicos con funciones de atención y tramitación en los cantones considerados.

La muestra cuantitativa integró a 300 ciudadanos y 30 servidores, con 15 servidores de ventanillas del Municipio de Loja y 15 servidores de ventanillas de los cantones de contraste. El muestreo en ciudadanía fue no probabilístico por conveniencia con criterios

de inclusión, porque el acceso se concentró en usuarios con experiencia reciente de trámite dentro del periodo del estudio. Por otro lado, en servidores el muestreo fue intencional por rol, puesto que se requirió participación de personal responsable de orientar, recibir documentación, verificar requisitos y registrar gestiones. En cuanto a la selección cualitativa se basó en resultados cuantitativos, de modo que las entrevistas priorizaron casos con mayores discrepancias por dimensión.

La técnica cuantitativa fue la encuesta estructurada aplicada mediante dos cuestionarios espejo, uno para ciudadanía y otro para servidores, de tal modo, la medición utilizó una escala de Likert de 3 puntos con categorías: deficiente, aceptable y adecuado, definidas de manera operativa por dimensión para reducir ambigüedad y facilitar interpretación en contextos de ventanilla (Koo y Yang, 2025).

Esta elección permitió comparar ciudadanía y servidores con el mismo sentido de respuesta, además redujo confusión cuando el participante tuvo apuro o distracciones en el entorno de atención. Sin embargo, la escala de tres opciones distingue menos matices que una escala más larga, por tanto puede ocultar diferencias pequeñas entre experiencias cercanas. En consecuencia, el estudio complementó la medición con entrevistas alineadas con los ítems para ampliar la explicación de las discrepancias.

En ciudadanía, carga de trámites se midió mediante requisitos percibidos, número de pasos, claridad previa, tiempos percibidos, costos y repetición de visitas, mientras que calidad del servicio municipal se midió mediante trato, claridad de la explicación, orientación, consistencia de la información y tiempo de respuesta. En servidores se mantuvieron dimensiones espejo y se añadieron dimensiones internas asociadas a riesgo institucional y soporte organizacional, debido a que esas condiciones influyeron en la exigencia documental y en la forma de comunicar el requisito.

La técnica cualitativa fue la entrevista estructurada, porque aseguró consistencia entre participantes y comparabilidad por dimensión. Además, la guía reprodujo el orden dimensional y formuló cuestionarios espejo por ítem, con el propósito de sostener trazabilidad entre medición y narrativa (Chand, 2025).

La validez de contenido del cuestionario y de

la entrevista se estableció mediante juicio de tres expertos, quienes revisaron claridad, pertinencia y coherencia dimensional; luego se realizaron ajustes de redacción sin alterar la estructura de medición. El procedimiento incluyó un piloto con 50 participantes para verificar comprensión y tiempos de respuesta; a continuación, se aplicó el cuestionario a la muestra total y se depuró la base de datos. Más tarde, se realizaron entrevistas con participantes seleccionados por criterios derivados de los resultados cuantitativos.

La confiabilidad interna del cuestionario se estimó por dimensión mediante alfa de Cronbach, con valores entre 0.90 y 0.95. El análisis cuantitativo se ejecutó en SPSS con estadísticos descriptivos por dimensión, además se compararon grupos y se estimaron asociaciones entre dimensiones. Cada dimensión se obtuvo como promedio de tres ítems, por lo cual el puntaje final tomó valores intermedios, entonces se trató como una medida numérica para describir patrones del grupo.

Para describir la relación entre la carga de trámites percibida y la calidad del servicio en ventanilla, se aplicó una regresión lineal múltiple, donde la variable dependiente fue la calidad del servicio en ventanilla y las variables explicativas fueron requisitos, pasos, tiempo, costos y claridad de información. Este modelo se eligió porque permite describir cómo cambian los puntajes de calidad cuando varían los puntajes de las dimensiones, aunque el estudio no prueba causa y efecto debido al diseño observacional.

Antes de reportar el modelo, el estudio revisó supuestos para evitar lecturas erróneas. En primer lugar, la normalidad se evaluó con el comportamiento de los residuos y con una prueba de normalidad, por lo cual el reporte se sostuvo en una distribución sin desvíos marcados. Luego, la homocedasticidad se evaluó con la dispersión de errores a lo largo de los valores estimados, de modo que no apareció un patrón tipo embudo. Además, la multicolinealidad se evaluó con tolerancia y VIF, por tanto el estudio adoptó como criterio de alerta una tolerancia menor a 0.20 o un VIF mayor a 5, y solo mantuvo el modelo cuando no observó señales compatibles con ese problema. Por último, el modelo se interpretó como asociación entre percepciones y no como prueba de causa y efecto, debido a que el diseño fue observacional.

El análisis cualitativo siguió análisis temático

guiado por dimensiones, con codificación por ítem y síntesis por dimensión y finalmente, la integración se consolidó mediante triangulación por dimensión y una matriz conjunta que articuló resultados estadísticos con explicaciones temáticas.

En ética, se registró consentimiento informado, se aseguró anonimato y se aclaró que la participación

no afectó el trámite ni la evaluación laboral. Además, los datos se almacenaron con acceso restringido, se eliminaron identificadores directos desde el registro y se reportaron resultados de forma agregada.

III. RESULTADOS

Tabla 1. Modelo dimensional del estudio

Código	Variable asociada	Dimensión	Qué se midió en ventanilla	Indicadores observables
D1		Requisitos y documentación	Si los requisitos se entendieron y se percibieron proporcionales al trámite	Lista de requisitos clara, documentos solicitados coherentes, verificación explicada
D2	Carga de trámites percibida	Pasos y visitas	Si el trámite se percibió con pocos pasos y pocas visitas	Número de pasos, necesidad de volver, dependencia de revisiones
D3		Tiempo de atención y espera	Si la espera y el tiempo total se percibieron razonables	Tiempo de fila, duración de la atención, tiempos entre revisiones
D4		Costos y desplazamientos	Si el costo y el traslado se percibieron manejables	Copias, transporte, pagos asociados, viajes adicionales
D5	Calidad percibida del servicio	Claridad y consistencia de información	Si la información se percibió clara y sin contradicciones	Explicación comprensible, información igual en canales, orientación completa
D6		Calidad del servicio en ventanilla	Si el trato y la respuesta se percibieron adecuados	Respeto, escucha, solución, tiempos de respuesta, cierre del caso

La tabla 1 presentó seis dimensiones observables en ventanilla, de las cuales cuatro describieron carga de trámites y dos describieron calidad del servicio, de modo que el contraste se concentró en experiencia de requisitos, pasos, tiempos, costos, información y trato.

La lectura del problema se ordenó en dos bloques, por un lado la fricción práctica del trámite y por

otro lado la evaluación del servicio, lo cual facilitó comparar percepciones entre ciudadanía y servidores sin cambiar el contenido medido. En consecuencia, el marco permitió ubicar la brecha cuando una misma situación recibió valoraciones distintas según rol, mientras que el resto de dimensiones sirvió para identificar en qué parte del recorrido se originó el desacuerdo.

Tabla 2. Encuesta de ciudadanía: dimensiones e ítems

Dimensión	Ítem	Enunciado
D1	C1	Los requisitos del trámite se entendieron antes de llegar a ventanilla.
	C2	Los documentos solicitados se percibieron acordes con el trámite.
	C3	La revisión de requisitos se explicó con claridad.
D2	C4	El trámite se completó con pocos pasos.
	C5	La ciudadanía percibió pocas visitas para finalizar el trámite.
	C6	La secuencia de pasos se percibió ordenada y predecible.
D3	C7	El tiempo de fila se percibió razonable.
	C8	La duración de la atención se percibió suficiente y clara.
	C9	El tiempo total hasta cerrar el trámite se percibió adecuado.

D4	C10	El gasto asociado al trámite se percibió manejable.
	C11	El transporte y el traslado se percibieron evitables en parte.
	C12	No se percibieron costos extra por repetir pasos.
D5	C13	La explicación del trámite se percibió clara.
	C14	La información se percibió igual en ventanilla y canales informativos.
	C15	La orientación indicó exactamente qué hacer y qué llevar.
D6	C16	El trato se percibió respetuoso.
	C17	La respuesta se percibió oportuna.
	C18	La atención dejó una sensación de solución, aunque el trámite tuviera controles.

La tabla 2 organizó 18 ítems en seis dimensiones y mantuvo frases directas para describir requisitos, pasos, tiempos, costos, información y trato, por lo que la ciudadanía respondió sobre hechos cercanos a su experiencia inmediata en ventanilla. En

conjunto, los ítems permiten ubicar si la experiencia se concentró en deficiente, aceptable o adecuado en cada dimensión, además muestran diferencias entre experiencias dentro del mismo municipio.

Tabla 3. Encuesta de servidores: dimensiones e ítems

Dimensión	Ítem	Enunciado
D1	S1	Los requisitos se explicaron con claridad antes o durante la atención.
	S2	Los documentos solicitados se justificaron por norma o control aplicable.
	S3	La revisión de requisitos se comunicó con criterio uniforme.
D2	S4	El procedimiento se ejecutó con pasos definidos y sin repeticiones innecesarias.
	S5	El trámite se cerró con pocas visitas cuando la documentación estuvo completa.
	S6	La secuencia de pasos se aplicó igual entre ventanillas.
D3	S7	El tiempo de atención se ajustó a la complejidad del caso.
	S8	La espera se controló con orden de llegada u otro criterio visible.
	S9	El cierre del trámite ocurrió en plazos internos conocidos.
D4	S10	El trámite evitó gastos innecesarios al usuario.
	S11	Se procuró evitar traslados adicionales por información incompleta.
	S12	Los costos del trámite se informaron de forma clara cuando existieron.
D5	S13	La información brindada se mantuvo clara durante toda la atención.
	S14	La información coincidió con guías, web o cartillas.
	S15	La orientación indicó requisitos y pasos sin ambigüedad.
D6	S16	El trato se mantuvo respetuoso incluso ante faltas de documentación.
	S17	La respuesta se entregó con tiempos de atención razonables.
	S18	La atención buscó solución dentro de lo permitido por el control.

La tabla 3 presentó ítems espejo con lenguaje operativo para que el servidor valorara claridad, uniformidad y respuesta, lo cual permitió comparar la percepción del servicio con la vivencia ciudadana sin cambiar la lógica de medición.

Los ítems para servidores mantienen la misma

lógica que los de ciudadanía, por ello la comparación no depende de cambios en el instrumento sino de diferencias en la experiencia según el rol. La brecha aparece cuando el servidor justifica el requisito por control y el usuario lo recibe como sorpresa o como repetición de visitas.

Tabla 4. Operacionalización de la escala Likert

Categoría	Valor	Enunciado	
		Carga de trámites	Calidad del servicio
Deficiente	1	Se percibió alta fricción en requisitos, pasos, tiempos o costos	Se percibió baja calidad en trato, claridad o respuesta
Aceptable	2	Se percibió fricción moderada y manejable	Se percibió calidad suficiente, con aspectos por ajustar
Adecuado	3	Se percibió baja fricción y trámite llevadero	Se percibió buena calidad y respuesta consistente

La tabla 4 definió una escala corta para uso en ventanilla y mantuvo el mismo sentido en todas las dimensiones, dado que valores más altos describieron mejor experiencia, ya sea por menor carga percibida

o por mejor calidad percibida. La escala permite leer el resultado de forma directa, puesto que valores más altos describen una experiencia más favorable en todas las dimensiones.

Tabla 5. Características de la muestra

Grupo	n	Variable	Categoría	n		%		n		%	
				n	%	n	%	n	%	n	%
Ciudadanía	300	Sexo	Hombre	114	48.7	18	50	12	40	144	48
			Mujer	120	51.3	18	50	18	60	156	52
		Edad	18-25	48	20.5	6	16.7	6	20	60	20
			26-35	78	33.3	12	33.3	12	40	102	34
			36-45	66	28.2	12	33.3	6	20	84	28
			46 o más	42	17.9	6	16.7	6	20	54	18
		Escolaridad	Básica	42	17.9	6	16.7	6	20	54	18
			Bachillerato	108	46.2	18	50	12	40	138	46
			Superior	72	30.8	12	33.3	6	20	90	30
		Frecuencia de trámites 2024-2025	1	96	41	12	33.3	12	40	120	40
2-3	102		43.6	18	50	15	50	135	45		
4 o más	36		15.4	6	16.7	3	10	45	15		
Servidores	30	Sexo	Hombre	6	40	3	42.9	3	37.5	12	40
			Mujer	9	60	4	57.1	5	62.5	18	60
		Rol	Orientación-recepción	5	33.3	2	28.6	3	37.5	10	33.3
			Verificación	4	26.7	2	28.6	3	37.5	9	30
			Registro-cierre	6	40	3	42.9	2	25	11	36.7
		Antigüedad	<3 años	4	26.7	2	28.6	3	37.5	9	30
			3-7	7	46.7	3	42.8	3	37.5	13	43.3
>7	4		26.7	2	28.6	2	25	8	26.7		

La tabla 5 mostró, en ciudadanía, una concentración en Loja con 234 de 300, además la categoría con mayor proporción fue 2-3 trámites con 45% y la menor fue 4 o más trámites con 15%, lo cual describió una exposición predominante a experiencias repetidas, aunque sin exceso de recurrencia.

De esto se extrae que la tendencia dominante se

explicó por usuarios con contacto frecuente y por una mayoría atendida en Loja, por lo tanto el contraste con Catamayo y Saraguro permitió comparar patrones sin cambiar el periodo 2024-2025. En cambio, el porcentaje restante en categorías minoritarias aportó variación suficiente para observar diferencias según edad, escolaridad y frecuencia.

Tabla 6. Estadísticos descriptivos por dimensión

Dimensión	Grupo	n	Media	DE	Deficiente	Acceptable	Adecuado
					%		
D1: Requisitos y documentación	Ciudadanía	300	1.720	0.723	44	40	16
	Servidores Loja	15	2.333	0.724	13.3	40	46.7
	Servidores contraste	15	2.600	0.632	6.7	26.7	66.7
D2: Pasos y visitas	Ciudadanía	300	1.650	0.728	50	35	15
	Servidores Loja	15	2.400	0.737	13.3	33.3	53.3
	Servidores contraste	15	2.667	0.617	6.7	20	73.3
D3: Tiempo de atención y espera	Ciudadanía	300	1.560	0.699	56	32	12
	Servidores Loja	15	2.200	0.775	20	40	40
	Servidores contraste	15	2.533	0.640	6.7	33.3	60
D4: Costos y desplazamientos	Ciudadanía	300	1.610	0.708	52	35	13
	Servidores Loja	15	2.267	0.704	13.3	46.7	40
	Servidores contraste	15	2.600	0.632	6.7	26.7	66.7
D5: Claridad y consistencia de información	Ciudadanía	300	1.800	0.748	40	40	20
	Servidores Loja	15	2.600	0.632	6.7	26.7	66.7
	Servidores contraste	15	2.800	0.414	0	20	80
D6: Calidad del servicio en ventanilla	Ciudadanía	300	1.860	0.750	36	42	22
	Servidores Loja	15	2.600	0.632	6.7	26.7	66.7
	Servidores contraste	15	2.733	0.458	0	26.7	73.3

Nota. La media más alta = mejor experiencia percibida.

La tabla 6 evidenció que, en ciudadanía, el porcentaje más alto en deficiente apareció en tiempo de atención y espera 56%, mientras que el porcentaje más bajo en adecuado también se observó en 12%, por lo que el tiempo se ubicó como el punto de mayor tensión. Por otra parte, el mayor adecuado en ciudadanía se observó en calidad del servicio 22% y en claridad y consistencia de información con 20%,

aunque estos valores no superaron a la categoría aceptable o deficiente.

En ciudadanía, las valoraciones en deficiente se concentran en pasos, tiempo y costos, lo cual describe una experiencia de trámites con demoras y retornos. En cambio, la calidad del trato presenta una distribución menos negativa, por eso el juicio desfavorable no se explica solo por la atención, sino por el recorrido completo del trámite.

Tabla 7. Confiabilidad del instrumento por dimensión

Dimensión	Ítems	Alfa de Cronbach	Omega
		α	ω
D1: Requisitos y documentación	C1-C3	0.92	0.93
	S1-S3		
D2: Pasos y visitas	C4-C6	0.90	0.91
	S4-S6		
D3: Tiempo de atención y espera	C7-C9	0.91	0.92
	S7-S9		
D4: Costos y desplazamientos	C10-C12	0.90	0.91
	S10-S12		
D5: Claridad y consistencia de información	C13-C15	0.95	0.96
	S13-S15		
D6: Calidad del servicio en ventanilla	C16-C18	0.93	0.94
	S16-S18		

La tabla 7 mostró valores altos de consistencia interna en todas las dimensiones, donde el valor más alto correspondió a claridad y consistencia de información con $\alpha = 0.95$; $\omega = 0.96$ y el valor más bajo se observó en pasos y visitas con costos

y desplazamientos con $\alpha = 0.90$; $\omega = 0.91$, lo que describió estabilidad adecuada en cada bloque de ítems. Los valores altos de consistencia interna indican respuestas coherentes dentro de cada dimensión, por lo cual la comparación entre grupos se apoya en mediciones estables.

Tabla 8. Relación entre dimensiones en ciudadanía

Dimensión predictor	r con D6	B	EE	t	p	Varianza explicada / no explicada
D1: Requisitos y documentación	0.723	0.247	0.063	3.896	< .001	
D2: Pasos y visitas	0.701	0.151	0.064	2.349	.019	
D3: Tiempo de atención y espera	0.661	0.124	0.061	2.047	.042	
D4: Costos y desplazamientos	0.685	0.123	0.064	1.910	.057	
D5: Claridad y consistencia de información	0.730	0.288	0.059	4.924	< .001	
Modelo global		R ² = 0.641		F(5, 294) = 104.9	p < .001	Explicada: 64.1% (R ² = 0.641) No explicada: 35.9% (1 - R ²)
Constante		0.276	0.074	3.725	< .001	

Nota. El coeficiente r describe el grado de asociación entre cada dimensión y la calidad del servicio en ventanilla.

El coeficiente B describe el cambio asociado en el puntaje de calidad cuando una dimensión sube un punto y las demás se mantienen constantes. EE representa el error estándar de B. R² describe la proporción de variación del puntaje de calidad que el modelo describe con el conjunto de dimensiones.

Los resultados se interpretan como asociaciones y no como efectos causales.

La tabla 8 mostró asociaciones altas entre las dimensiones y la calidad del servicio en ventanilla, además la claridad y consistencia de información y los requisitos se ubicaron entre las asociaciones más altas. A la vez, el modelo describió 64.1% de

la variación del puntaje de calidad, por lo cual los puntajes más altos de calidad coincidieron con puntajes más altos de claridad de información y con mejor percepción de requisitos. En cambio, costos y desplazamientos quedó cerca del umbral de

evidencia estadística, entonces su lectura requiere cautela y se apoya mejor con mediciones adicionales. Por lo cual, estos resultados describen asociaciones y no permiten afirmar relaciones causales.

Tabla 9. Triangulación por dimensión

Dimensión	Resultados: ciudadanía vs. servidores		Meta e inferencia
	Cuantitativo	Cualitativo	
D1 Requisitos	Ciudadanía: 44% deficiente Servidores Loja: 46.7% adecuado	La ciudadanía describió requisitos aparecidos en ventanilla, mientras el servidor describió control y respaldo	La brecha surgió cuando el requisito se comunicó tarde o sin justificación entendible.
D2 Pasos	Ciudadanía: 50% deficiente Servidores contraste: 73.3% adecuado	La ciudadanía relató retornos por correcciones, mientras el servidor atribuyó retornos a documentación incompleta	La discrepancia se explicó por diferencias entre expectativa de cierre y lógica interna de verificación.
D3 Tiempo	Ciudadanía: 56% deficiente Servidores Loja: 40% adecuado	La ciudadanía describió filas y esperas, mientras el servidor reportó picos y carga acumulada	El tiempo operó como disparador del juicio negativo aun cuando el trato se mantuvo correcto.
D4 Costos	Ciudadanía: 52% deficiente Servidores Loja: 46.7% aceptable	La ciudadanía mencionó copias, transporte y nuevas visitas, mientras el servidor mencionó evitar glosas y errores	El costo percibido se formó por repetición de visitas más que por pagos directos.
D5 Información	Ciudadanía: 40% deficiente Servidores contraste: 80% adecuado	La ciudadanía señaló mensajes distintos entre web y ventanilla, mientras el servidor señaló guías desactualizadas	La consistencia informativa explicó gran parte del juicio global del servicio.
D6 Calidad	Ciudadanía: 36% deficiente Servidores Loja: 66.7% adecuado	La ciudadanía valoró el trato, aunque criticó respuesta lenta, mientras el servidor señaló límites por control	El trato sostuvo aceptable, aunque el ritmo y el cierre definieron deficiente en una parte de casos.

La tabla 9 mostró que el mayor porcentaje deficiente en ciudadanía se concentró en tiempo 56% y costos 52%, mientras que el menor deficiente se observó en calidad con 36%, lo cual describió que el trato no explicó por sí solo la valoración negativa cuando persistieron demoras y repetición de visitas.

De tal modo, cuando la información llega tarde o cambia entre canales, el usuario vuelve a ventanilla y repite pasos, luego se acumulan esperas y costos de traslado. En ese escenario el trato puede mantenerse aceptable, aunque la evaluación general del servicio cae por la falta de previsibilidad del proceso.

IV. DISCUSIÓN

La brecha de percepción entre ciudadanía usuaria y servidores de ventanilla se entiende como un desajuste entre lo que el procedimiento exige y lo que la experiencia comunica en el punto de atención, ya que la misma secuencia de requisitos, pasos y tiempos puede vivirse como orden institucional o

como fricción cotidiana según el rol. En ese sentido, cuando la atención no logra explicar con claridad el porqué del requisito y el cómo del proceso, la evaluación del servicio deja de depender solo del trato y pasa a depender del recorrido completo del trámite.

Este patrón coincide con evidencia que ubica la carga administrativa como fricción visible en el contacto directo con el Estado, porque los costos de aprender requisitos, cumplir pasos y sostener la espera se acumulan en el punto de atención (Halling y Baekgaard, 2024). Así mismo, los resultados dialogan con la idea de que la carga se distribuye de manera desigual, ya que la repetición de visitas y los traslados afectan con más intensidad a quien dispone de menos tiempo y menos recursos, por lo tanto la percepción de injusticia puede crecer aun cuando el trámite se complete (Herd et al., 2023; Martin et al., 2023).

Sin embargo, el contraste con Catamayo y

Saraguro sugiere una diferencia que no depende solo de la norma, sino de la forma de comunicación y de la previsibilidad del recorrido, de modo que la misma exigencia puede sentirse razonable cuando se explica antes y se mantiene estable entre canales. Esta situación se alinea con estudios sobre digitalización y control, ya que un canal en línea reduce algunos pasos, aunque también puede crear nuevas exigencias cuando la información queda desactualizada o cuando el control se comunica con mensajes distintos (Liu et al., 2025).

En cuanto al objetivo específico dos, la calidad del servicio se sostuvo en dos ejes medidos en ventanilla: claridad y consistencia de información y calidad del servicio en ventanilla, donde la ciudadanía mostró porcentajes menos concentrados en deficiente que en las dimensiones de carga, lo cual indicó que el trato no explicó por sí solo la evaluación negativa cuando persistieron demoras y retornos. En cambio, la literatura ha reportado relaciones fuertes entre calidad percibida y satisfacción, lo cual respalda que la claridad orienta la evaluación global aun cuando el trámite incluya controles (Rivera et al., 2025).

Sobre el objetivo específico tres, la relación estadística en ciudadanía mostró asociaciones altas entre dimensiones de carga e información con la calidad del servicio en ventanilla, además de un modelo que explicó 64.1% de la varianza, donde destacaron claridad y consistencia de información y requisitos y documentación como predictores con evidencia estadística más sólida. En consecuencia, la brecha se entendió como un problema institucional de alineación entre procedimiento, información y experiencia, porque el juicio del servicio mejoró cuando el requisito se percibió proporcional y cuando la explicación sostuvo coherencia durante el recorrido.

De este modo se ha observado que la evaluación del servicio y la satisfacción ciudadana se mueven juntas cuando la gestión logra reducir contradicciones y mejorar la respuesta, lo cual refuerza que la experiencia del usuario opera como criterio de legitimidad cotidiana (Huarcaya et al., 2024).

En términos de implicaciones teóricas, los hallazgos apoyaron una lectura integrada donde la calidad del servicio no se limita al trato, puesto que incorporó el efecto de la carga de trámites como parte del mismo fenómeno observado en ventanilla.

Dicho de otro modo, la satisfacción y la evaluación del servicio se configuraron como resultado de la interacción entre explicación, previsibilidad del proceso y tiempos, lo cual demandó entender la ventanilla como escenario de comunicación institucional además de control.

En cuanto a implicaciones prácticas, el patrón observado apuntó a intervenciones de bajo costo organizacional que se enfocaron en consistencia informativa y previsibilidad del recorrido, tales como: unificar mensajes entre web, cartillas y ventanilla; publicar listas de requisitos por trámite con justificación breve; establecer criterios visibles de priorización y gestión de filas; y estandarizar cierres de atención que indiquen pasos siguientes y tiempos estimados. Además, Meza et al. (2024) indican que la calidad percibida se asocia con satisfacción cuando se fortalece la orientación y la respuesta, lo cual respalda que la mejora operativa en ventanilla puede elevar la evaluación global sin cambiar la naturaleza del control.

Como alcance y limitaciones, el estudio describe percepciones de ciudadanía usuaria y personal de ventanilla en Loja durante 2024-2025, mientras el contraste con Catamayo y Saraguro aporta un punto de comparación cercano en el mismo periodo. Por ello, los resultados permiten discutir la brecha de percepción en contextos municipales similares, aunque no buscan retratar el desempeño de todos los trámites ni de todas las dependencias del municipio.

La principal limitación proviene del muestreo no probabilístico por conveniencia en ciudadanía, puesto que la participación dependió del acceso a usuarios con experiencia reciente y no de una selección al azar. En consecuencia, los porcentajes y promedios no representan a toda la población usuaria del cantón y no deben usarse para estimar magnitudes poblacionales. Esta condición también puede incrementar la presencia de casos con experiencias más marcadas, por tanto la lectura correcta se centra en el patrón observado y en la comparación por dimensiones, no en la generalización numérica.

A la vez, el grupo de servidores fue pequeño y se seleccionó por rol, por lo cual algunas diferencias entre cantones pueden variar en otras áreas, en otros horarios o en otros tipos de trámite. Así mismo, la escala de tres opciones facilita respuesta en ventanilla, aunque reduce matices entre experiencias

cercanas. Por ello, el estudio apoyó la interpretación con entrevistas estructuradas alineadas con los ítems. Finalmente, la medición se basó en percepción y no incorporó tiempos reales de espera registrados por el sistema, por lo cual futuras investigaciones pueden integrar registros administrativos y mediciones por franja horaria para contrastar experiencia percibida y desempeño operativo.

V. CONCLUSIONES

El estudio mostró que una mayor carga de trámites percibida se asoció con una menor calidad del servicio percibida en ventanilla, además la claridad de la información y la comprensión de requisitos se vincularon con una mejor evaluación del servicio. A la vez, la brecha entre ciudadanía y servidores se concentró en el momento en que el usuario recibe el requisito y en la consistencia del mensaje entre canales, por lo cual la experiencia no depende solo del trato sino también de la previsibilidad del recorrido.

En términos prácticos, el municipio puede reducir tensión cuando ofrece listas de requisitos por trámite con explicación concreta, mantiene el mismo mensaje en web y ventanilla, y comunica pasos y tiempos esperados desde el inicio, de modo que el usuario planifique visitas y costos sin sorpresas.

VI. REFERENCIAS

Asamblea Nacional del Ecuador. (2018, 23 de octubre). *Ley Orgánica para la Optimización y Eficiencia de Trámites Administrativos*. Registro Oficial Suplemento 353. <https://www.gob.ec/sites/default/files/2019-06/Ley%20de%20simplificacion.pdf>

Asamblea Nacional del Ecuador. (2023, 7 de febrero). *Ley Orgánica para la Transformación Digital y Audiovisual*. Registro Oficial Tercer Suplemento 245. <https://acortar.link/7XVlgb>

Chand, S. (2025). Methods of Data Collection in Qualitative Research: Interviews, Focus Groups, Observations, and Document Analysis. *Advances in Educational Research and Evaluation*, 6(1), 303-317. <https://doi.org/10.25082/AERE.2025.01.001>

Contraloría General del Estado. (2018, 10 de septiembre). *Reglamento de Determinación de Responsabilidades* [Acuerdo 050-CG-2018]. <https://acortar.link/XWCdVo>

Halling, A. y Baekgaard, M. (2024). Administrative Burden in Citizen-State Interactions: A Systematic Literature Review. *Journal Of Public Administration Research And Theory*, 34(2), 180-195. <https://doi.org/10.1093/jopart/muado23>

Herd, P., Hoynes, H., Michener, J. y Moynihan, D. (2023). Introduction: Administrative Burden as a Mechanism of Inequality in Policy Implementation. *RSF The Russell Sage Foundation Journal Of The Social Sciences*, 9(5), 1-30. <https://doi.org/10.7758/rsf.2023.9.5.01>

Huarcaya, R., Taipe, N. y López, V. (2024). Evaluación del servicio municipal y la satisfacción ciudadana en el distrito de Ccochaccasa. *Aula Virtual*, 5(12). <https://doi.org/10.5281/zenodo.14825528>

Koo, M. y Yang, S. (2025). Questionnaire Use and Development in Health Research. *Encyclopedia*, 5(2), 65. <https://doi.org/10.3390/encyclopedia5020065>

Liu, J., Hu, S., Jin, Y. y Weng, L. (2025). Digital Red Tape in Public Organizations: Challenges to Sustainable Digital Transformation. *Sustainability*, 17(23), 10681. <https://doi.org/10.3390/su172310681>

Martin, L., Delaney, L. y Doyle, O. (2023). Everyday administrative burdens and inequality. *Public Administration Review*, 84(4), 660-673. <https://doi.org/10.1111/puar.13709>

Medina, M., Hurtado, D., Muñoz, J., Ochoa, D. y Izundegui, G. (2023). *Método mixto de investigación: Cuantitativo y cualitativo*. Instituto Universitario de Innovación Ciencia y Tecnología Inudi Perú. <https://doi.org/10.35622/inudi.b.105>

Meza, A., Ambrosio, J., Pariona, D., Romero, C., Tello, D., Torres, F. y Silva, J. (2024). Transformando la experiencia ciudadana: Análisis de la calidad de servicio y satisfacción en la oficina de atención al ciudadano de una municipalidad de la Selva Central, Perú 2022. *E-Revista Multidisciplinaria Del Saber*, 2, e-RMS05112024. <https://doi.org/10.61286/e-rms.v2i.98>

Municipio de Loja. (2020, 28 de abril). *Algunos trámites municipales se podrán hacer en línea*. <https://www.>

loja.gob.ec/noticia/2020-04/algunos-tramites-municipales-se-podran-hacer-en-linea

Communications, 12(1). <https://doi.org/10.1057/s41599-025-05357-y>

Municipio de Loja. (s.f.). *Servicios en línea*. <https://www.loja.gob.ec/contenido/servicios-en-linea>

Rivera, P., Medrano, A. y Armada, J. (2025). Satisfacción ciudadana ante la calidad del servicio público: Basamento del Estado Democrático: Citizen satisfaction with the quality of public service: Foundation of the Democratic State. *Cuestiones Políticas*, 42(81), 76-89. <https://produccioncientificaluz.org/index.php/cuestiones/article/view/43216>

Qin, Z., Liu, B., Cao, Y., Xu, C. y Zhang, J. (2025). Citizens' expectations about public services: a systematic literature review. *Humanities And Social Sciences*

Medición de eficiencia en la gestión administrativa de cursos en el Centro de Capacitación Yasuní

Alexis Javier Sánchez Pozo¹

Resumen

El Centro Integral de Capacitación Yasuní enfrenta dificultades en la gestión administrativa de los cursos debido a la ausencia de infraestructura digital adecuada. En respuesta a esta problemática, se desarrolló una aplicación web orientada a la gestión de estudiantes, cursos, docentes, matrículas, pagos, certificados y notas. El sistema fue construido mediante la metodología ágil Scrumban y bajo arquitectura modelo-vista-controlador, utilizando Node.js y MySQL para el backend, y React.js para el frontend. La evaluación se realizó con base en la norma ISO/IEC 25010, específicamente en la característica de eficiencia de desempeño, mediante métricas de tiempo de respuesta, utilización de CPU, utilización de memoria y capacidad de peticiones en línea. Los resultados evidenciaron una eficiencia total de 90,73%, con reducción de los tiempos de gestión administrativa frente al procedimiento manual. Se concluye que la solución desarrollada contribuye a mejorar la eficiencia operativa del centro evaluado, aunque sus resultados deben interpretarse dentro de las condiciones específicas del caso de estudio.

Palabras clave: Eficiencia de desempeño, aplicaciones Web, ISO/IEC 25010, metodología ScrumBan.

Measurement of efficiency in the administrative management of courses at the Yasuní Training Center

Abstract

The Yasuní Comprehensive Training Center faces difficulties in the administrative management of its courses due to the lack of adequate digital infrastructure. To address this problem, a web application was developed to manage students, courses, teachers, enrollments, payments, certificates, and grades. The system was built using the Scrumban agile methodology and a model-view-controller architecture, with Node.js and MySQL for the backend and React.js for the frontend. The evaluation was conducted according to ISO/IEC 25010, specifically focusing on performance efficiency through response time, CPU usage, memory usage, and online request capacity metrics. The results showed an overall efficiency of 90.73%, with a substantial reduction in administrative processing time compared to the manual procedure. It is concluded that the developed solution contributes to improving operational efficiency in the evaluated center, although the findings should be interpreted within the specific conditions of the case study.

Keywords: performance efficiency, web applications, ISO/IEC 25010, administrative management; Scrumban.

Recibido: 16 de enero 2025
Aceptado: 02 de diciembre 2025

¹ Universidad Estatal Amazónica, aj.sanchezpo@uea.edu.ec, <https://orcid.org/0009-0006-6176-3708>

I. INTRODUCCIÓN

El Centro de Capacitación Yasuní enfrenta desafíos derivados de una gestión administrativa lenta y la ausencia de una infraestructura digital adecuada. La inscripción de alumnos y la contratación de profesores, variables en cada período, generan una gestión de información en constante cambio, lo que resulta en una falta de eficiencia operativa. Esta situación conlleva la pérdida de tiempo, recursos y datos valiosos, afectando la competitividad y productividad de la institución. Este problema no es único, sino que afecta a numerosas organizaciones en sus etapas iniciales o aquellas que no han adoptado completamente las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC).

Este estudio tiene como propósito abordar esta problemática mediante la implementación de una aplicación web orientada a mejorar la gestión administrativa del Centro de Capacitación Yasuní. La solución está dirigida al personal responsable de la administración de cursos y busca optimizar los procesos internos de registro, control y seguimiento de información académica y operativa.

Para la resolución de esta problemática, el artículo propone una mejora para la gestión administrativa de cursos en el Centro de Capacitación Integral Yasuní, mediante la implementación de un sistema automatizado para este propósito. El objetivo del estudio fue desarrollar e implementar una aplicación web para la gestión administrativa de cursos en el Centro Integral de Capacitación Yasuní, y evaluar su eficiencia de desempeño mediante la norma ISO/IEC 25010.

II. DESARROLLO

1. Trabajos relacionados

En el estudio realizado por (Rojas Escandón, 2020) se presenta la implementación de un sistema web diseñado para agilizar los procesos de gestión de capacitación continua en el Instituto Superior Tecnológico Tena. Este sistema utiliza el gestor MySQL para modelar la base de datos de acuerdo con el análisis de las reglas de negocio, lo que permite evidenciar la automatización de los procesos administrativos en el área de capacitación continua del Instituto.

Por su parte, (Caiche & Isabel, 2022) proponen el desarrollo de una aplicación web y móvil destinada a

la gestión de cursos de capacitación, con el objetivo de generar oportunidades para la comunidad local y proporcionar productos funcionales que satisfagan diversas necesidades del sistema. Para ello, implementan una arquitectura MVC y cliente-servidor, junto con el framework Angular JS, así como los lenguajes comunes del Front-End, como CSS y JavaScript.

En otro contexto, (Elizabeth et al., 2020) describen la creación de un sistema que facilita la gestión automatizada de información para la Liga Deportiva Parroquial de Lican. El desarrollo de este sistema se llevó a cabo mediante la metodología ágil Scrumban, lo que permitió una división clara de tareas, priorizando el flujo de trabajo y gestionando de manera efectiva los cambios que surgieron durante las etapas avanzadas del desarrollo.

2. Marco Teórico

Centros de Capacitación

Un centro de capacitación representa un entorno vital donde se proporciona instrucción en diversas áreas educativas, requiriendo instalaciones y recursos adecuados para su óptimo funcionamiento.

De acuerdo con el (Instituto Nacional de Desarrollo Social, 2017), un Centro de Capacitación y Encuentro se define como un espacio destinado a recibir, difundir y discutir los contenidos del Programa de Capacitación, facilitando el encuentro y la convergencia de intereses, proyectos y acciones. Este entorno fomenta la interacción entre los participantes, contribuyendo así a la formación o reconstrucción del tejido social. Los contenidos de capacitación, dirigidos a diversos sectores como miembros de organizaciones de la sociedad civil, funcionarios públicos y ciudadanos en general, ofrecen oportunidades para la interacción, el intercambio de conocimientos y experiencias, y el establecimiento de redes de colaboración y apoyo mutuo. Esta interacción se centra en la organización anfitriona responsable del Centro de Capacitación y Encuentro, que se fortalece y consolida su posición en la comunidad gracias a esta actividad.

Gestión Administrativa de Cursos

La gestión administrativa de cursos implica la coordinación y supervisión de todos los aspectos que involucren el proceso educativo. Según

(Sánchez, 2013), su principal objetivo es crear un entorno propicio para el aprendizaje efectivo, así como garantizar una gestión eficiente de los recursos educativos disponibles. Esto requiere la implementación de un sistema que facilite la organización y control de la información relacionada con los cursos.

En este contexto, la adopción de un sistema de información para la gestión administrativa de cursos se ha vuelto fundamental en las instituciones educativas. De acuerdo con (Rivas, 2016), este tipo de sistema permite automatizar procesos y centralizar la información, lo que conlleva a una reducción en los tiempos y costos operativos, así como a una mejora en la calidad de los servicios proporcionados.

Metodología de Desarrollo Ágil ScrumBan

ScrumBan emerge como una metodología que evoluciona a partir de los enfoques Scrum y Kanban (Pérez Pérez & Cabrera, 2012), amalgamando componentes y conceptos de ambas metodologías con el fin de alcanzar una optimización más eficiente del proceso de desarrollo. Esta metodología surge de la fusión de dos enfoques distintos:

Características de Scrum.-

- Roles: Cliente, equipo (con los diferentes perfiles que se necesiten)
- Reuniones diarias
- Herramientas: tablero

Características de Kanban.-

- Flujo visual
- Hacer lo que sea necesario, cuando sea necesario y solo la cantidad necesaria.
- Limitar del trabajo en proceso (WIP)
- Optimización del proceso

Estándar ISO/IEC 25010

El estándar ISO/IEC 25010 define las características de calidad que deben ser consideradas al evaluar las propiedades de un producto de software específico. La calidad de un producto de software se refiere al grado en que dicho producto satisface las necesidades y expectativas de sus usuarios, proporcionando un valor significativo. Estas necesidades, que incluyen funcionalidad, rendimiento, seguridad y mantenibilidad, se reflejan en el modelo de calidad. Este modelo clasifica la calidad del producto en diferentes características y subcaracterísticas (ISO/IEC 25010, 2011).



Figura 1. Calidad del Producto de Software (ISO/IEC 25010, 2011).

3. Metodología

Se eligió esta metodología ágil ScrumBan ya que proporciona un proceso más dinámico para el desarrollo de los procesos del sistema, uniendo las metodologías Scrum y Kanban y sacando sus mejores características según (Ibarra Guzmán et al., 2014) :

- Análisis y Diseño
- Desarrollo

- Integración y Pruebas
- Cierre

Análisis

En esta fase se detalla quiénes son los encargados de ejecutar el proyecto y se mencionan también las partes interesadas implicadas, además de establecer las diferentes acciones que el sistema realiza en respuesta a las solicitudes de los actores.

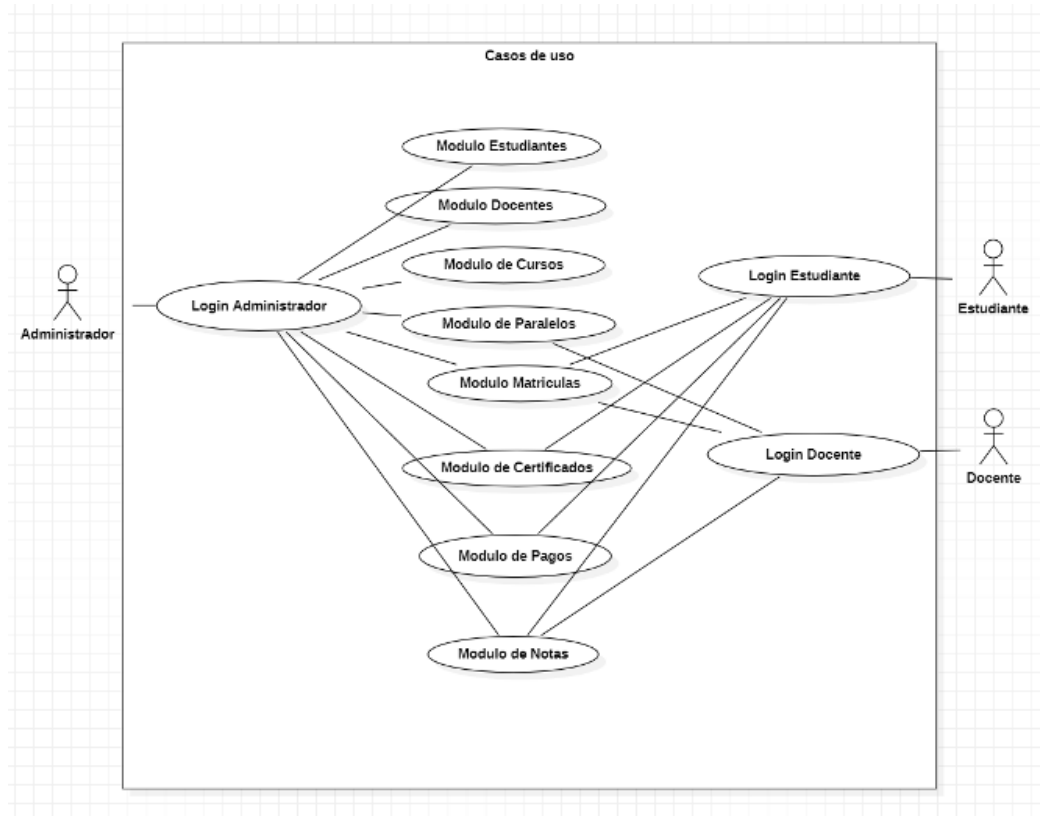


Figura 2. Diagrama General de la Gestión Administrativa

Diseño

Se tomó los elementos del Product Backlog, que se suelen presentar como historias de usuario y los Sprint Backlog, los cuales son lista de tareas elegidas para abordar en un sprint, derivadas del Product Backlog y compuestas por historias de usuario específicas para ese sprint, de las cuales el proyecto tiene 29 historias de usuario distribuidas en 10 Sprints derivadas de la metodología Scrumban.

Desarrollo

La estructura adoptada en el proyecto sigue el modelo Cliente-Servidor. En este enfoque, el cliente constituye la interfaz directa con el usuario final, mientras que el servidor se encarga de gestionar y

procesar las solicitudes emitidas por los usuarios.

Para la creación y administración de la base de datos **Figura 3**, se empleó el patrón de diseño Modelo Vista-Controlador utilizando el gestor de base de datos MySQL, un sistema de gestión de bases de datos relacionales de código abierto, junto con el controlador de Node.js, y la interfaz creada por el framework de React, como se muestra en la **Figura 4**. Estas herramientas fueron elegidas por su capacidad para proporcionar una plataforma flexible con una capa de abstracción eficiente, además de sus potentes capacidades de gestión y consulta de datos.

La **Figura 5** ilustra la pantalla principal del sistema como usuario final.

principal de estas pruebas es garantizar que el sistema funcione adecuadamente y cumpla con los estándares de aceptación previamente establecidos. Se ejecutaron con éxito todas las pruebas de aceptación.

Cierre

El sitio web se desarrolló correctamente y se implementó en los servidores de Railway y Netlify para el backend y frontend, respectivamente. Luego, el sitio web se entregó al Centro de Capacitación Yasuní el 07/08/2023, donde se evaluó su funcionamiento y se capacitó a los usuarios para su uso.

Para la evaluación del sistema se consideró la característica de eficiencia de desempeño definida en la norma ISO/IEC 25010. Se analizaron cuatro métricas: tiempo de respuesta, utilización de memoria, utilización de CPU y capacidad de peticiones en línea. La medición del tiempo de respuesta se efectuó comparando procesos manuales y automatizados en ocho procedimientos administrativos del centro. La utilización de memoria y CPU se registró durante la ejecución del aplicativo en los navegadores Google Chrome y Microsoft Edge. La capacidad se evaluó mediante pruebas de carga con el software k6, utilizando cuatro usuarios virtuales durante 10 segundos. Los resultados obtenidos fueron ponderados conforme a los criterios establecidos

en el estudio para determinar la eficiencia total del sistema.

4. RESULTADOS

Para obtener los resultados de la eficiencia de desempeño del aplicativo web, se empleó el estándar ISO/IEC 25010 con sus correspondientes características.

Las mediciones se realizaron bajo condiciones controladas, ejecutando cada proceso en múltiples iteraciones para garantizar la consistencia de los datos obtenidos.

Comportamiento Temporal

Se utilizó la métrica de tiempo de respuesta para evaluar esta subcaracterística, desglosándola en gestión manual y gestión automatizada. Esto permitió comparar los tiempos entre los procesos manuales y automatizados para determinar si hubo una reducción en el tiempo de ejecución de los procedimientos.

Tiempo de Gestión

Se realizó la obtención de los tiempos de respuesta de manera manual y automatizada a través de un reloj con la herramienta del temporizador para el control de tiempo entre los procesos.

Gestión Manual

Tabla 1. Tiempo de Gestión Manual

Proceso	Tiempos (segundos)	Tiempo (min)
Gestión de Estudiantes	204	3,40
Gestión de Cursos	160	2,67
Gestión de Docentes	226	3,77
Gestión de Matrículas	335	5,58
Gestión de Paralelos	61	1,02
Gestión de Certificados	212	3,53
Gestión de Notas	62	1,03
Gestión de Pagos	153	2,55
Total	1413	23,55

Gestión Automatizada

Tabla 2. Tiempo de Gestión Automatizada

Proceso	Tiempos (segundos)	Tiempo (min)
Gestión de Estudiantes	103	1,72
Gestión de Cursos	27	0,45
Gestión de Docentes	43	0,72

Gestión de Matrículas	14	0,23
Gestión de Paralelos	8	0,13
Gestión de Certificados	10	0,17
Gestión de Notas	14	0,23
Gestión de Pagos	22	0,37
Total	241	4,02

Comparación de Tiempos procesos manuales y automatizados se presentan los
 A partir de los resultados obtenidos de los resultados en la **Tabla 3**.

Tabla 3. Comparación de Tiempos

Proceso	Tiempo de Gestión Manual (min)	Tiempo de Gestión Automatizada (min)
Gestión de Estudiantes	3,40	1,72
Gestión de Cursos	2,67	0,45
Gestión de Docentes	3,77	0,72
Gestión de Matrículas	5,58	0,23
Gestión de Paralelos	1,02	0,13
Gestión de Certificados	3,53	0,17
Gestión de Notas	1,03	0,23
Gestión de Pagos	2,55	0,37
Total	23,55	4,02

En relación con el porcentaje de tiempos de respuesta, se establece que el tiempo de gestión manual actúa como el 100% de referencia. Por consiguiente, el tiempo de gestión automatizada representa un 17,07%, lo que evidencia una diferencia significativa del 82,93%. Esta disparidad refleja la reducción del tiempo en los procesos debido a la automatización.

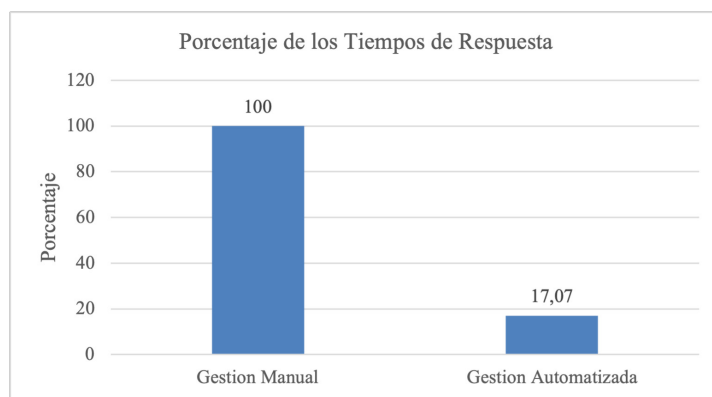


Figura 6. Porcentaje de Tiempos de Respuesta

Considerando una mejora del 100%, basada en el porcentaje de reducción obtenido, es decir, el 82,93%, y la ponderación otorgada al tiempo de respuesta (25%), se determina el promedio de esta métrica:

$$\begin{aligned}
 \text{tiempo de respuesta} &= \frac{82,93\% * 25\%}{100\%} \\
 \text{tiempo de respuesta} &= 20,73\%
 \end{aligned}$$

Utilización de Recursos

Utilización de Memoria

Se realizaron mediciones desde el equipo donde se ejecutaba el aplicativo web, utilizando los navegadores Google Chrome y Microsoft Edge. En la Tabla 4 y Tabla 5 se presenta una comparación de la utilización de la memoria RAM y CPU

respectivamente entre ambos navegadores. Se calculó el promedio de los 8 procesos por navegador y un promedio general.

Tabla 4. Utilización de Memoria

Proceso	Utilización de memoria en Google Chrome (MB)	Utilización de memoria en Microsoft Edge (MB)	Promedio
Gestión de Estudiantes	159,3	107,1	133,2
Gestión de Cursos	170,07	122,5	146,285
Gestión de Docentes	175,7	139,9	157,8
Gestión de Matrículas	172,1	136,1	154,1
Gestión de Paralelos	158,2	154,4	156,3
Gestión de Certificados	160,2	146,8	153,5
Gestión de Notas	186,1	148,5	167,3
Gestión de Pagos	161	183,6	172,3
Promedio	167,8	142,4	155,1

Al evaluar la métrica del consumo de memoria RAM, se calculó el promedio entre los dos navegadores, obteniéndose un valor de 155,1 MB. Este resultado fue interpretado de acuerdo con los criterios de evaluación establecidos en el estudio, obteniendo una calificación cualitativa de “Muy bueno”.

Tomando en cuenta la calificación obtenida, 90% y la ponderación asignada para la utilización de memoria (25%), se calcula el promedio correspondiente de esta métrica:

$$\begin{aligned} \% \text{ utilización de memoria} &= \frac{90\% * 25\%}{100\%} \\ \% \text{ utilización de memoria} &= 22,5\% \end{aligned}$$

Utilización del CPU

Tabla 5. Utilización del CPU

Proceso	Utilización de CPU en Google Chrome (%)	Utilización de CPU en Microsoft Edge	Promedio
Gestión de Estudiantes	2,20	1,10	1,65
Gestión de Cursos	1,50	0,90	1,20
Gestión de Docentes	0,70	0,30	0,50
Gestión de Matrículas	0,40	0,20	0,30
Gestión de Paralelos	0,60	0,10	0,35
Gestión de Certificados	0,10	0,20	0,15
Gestión de Notas	0,50	0,50	0,50
Gestión de Pagos	1,10	0,60	0,85
Promedio	0,89	0,49	0,85

Al examinar la métrica de uso de CPU, se calculó el promedio entre los dos navegadores, resultando en un valor de 0,85%. De acuerdo con los criterios de evaluación empleados en el estudio, este valor fue clasificado cualitativamente como “Muy bueno”.

Tomando en cuenta la calificación obtenida, 90% y la ponderación asignada para la utilización de CPU (25%), se calcula el promedio correspondiente de esta métrica:

$$\begin{aligned} \% \text{ utilización de CPU} &= \frac{90\% * 25\%}{100\%} \\ \% \text{ utilización de CPU} &= 22,5\% \end{aligned}$$

Capacidad

Número de Peticiones en Línea

Para medir las solicitudes en línea, se empleó el software k6, una herramienta de código abierto diseñada para ejecutar pruebas de carga y rendimiento en aplicaciones web. Este software posibilita la configuración de usuarios virtuales y el tiempo (en segundos) para simular un entorno de prueba de carga. En este caso, se utilizaron 4 usuarios virtuales que representan a los captadores de la empresa a la que está dirigido el software, durante un período de 10 segundos como se observa en la **Figura 7**.

Tabla 6. Resultados de la Eficiencia de Desempeño

Subcaracterísticas	Métrica	Ponderación	Porcentaje obtenido
Comportamiento en el tiempo	Tiempo de respuesta	25%	20,73%
Utilización de recursos	Utilización de CPU	25%	22,5%
	Utilización de la memoria	25%	22,5%
Capacidad	Número de peticiones online	25%	25%
Total		100%	90,73%

III. CONCLUSIONES

El análisis de los procesos administrativos del Centro Integral de Capacitación Yasuní permitió identificar requerimientos funcionales relevantes para el diseño de una solución automatizada orientada a la gestión de cursos. A partir de ello, se desarrolló una aplicación web que integró módulos para estudiantes, cursos, docentes, matrículas, pagos, certificados y notas.

La implementación mediante metodología Scrumban y arquitectura modelo-vista-controlador permitió estructurar el desarrollo del sistema de forma organizada y funcional, facilitando la incorporación progresiva de los módulos requeridos por el centro.

La evaluación basada en la norma ISO/IEC 25010 mostró una eficiencia de desempeño total de 90,73%, con mejoras notables en tiempos de respuesta respecto al procedimiento manual y un comportamiento favorable en utilización de CPU, memoria y capacidad de peticiones en línea.

El sistema desarrollado constituye una alternativa válida para mejorar la gestión administrativa en el contexto institucional evaluado. No obstante, futuros estudios deberían ampliar la validación del aplicativo en escenarios de uso más extensos y con mayores cargas operativas, a fin de fortalecer la generalización de los resultados.

IV. REFERENCIAS

Bascón Pantoja, E. (2004). El patrón de diseño modelo-vista-controlador (MVC) y su implementación en Java Swing. *Acta Nova*, 2(4). http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1683-07892004000100005

Caiche, C., & Isabel, M. (2022). Aplicación móvil y web para la gestión de cursos de capacitación para los moradores del barrio San Francisco de la provincia

de Santa Elena (Trabajo de titulación). <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/7711>

Chisaguano, B., & Amparo, E. (2014). Evaluación de calidad de productos software en empresas de desarrollo de software aplicando la norma ISO/IEC 25000 (Tesis de grado). Escuela Politécnica Nacional. <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/9113>

Eguíluz Pérez, J. (2009). Introducción a JavaScript. <https://www.librosweb.es>

Gamaliel, J., Sagredo, C., Espinosa, A. T., Reyes, M., & López García, M. L. (2012). Automation of the codification of the model-view-controller (MVC pattern) in projects oriented to the web. *Ciencia Ergo Sum*, 12(3).

Gómez, J., Arcos-Medina, G., & Pástor, D. (2020). Application of genetic algorithms technique in the generation of academic schedules. *KnE Engineering*, 5(1). <https://doi.org/10.18502/keg.v5i1.5927>

Ibarra Guzmán, D., Islas, U. C., Corona, C. P., & Pedroza Méndez, B. E. (2014). Metodología ágil Scrumban en el proceso de desarrollo y mantenimiento de software de la norma MoProSoft. *Research in Computing Science*, 79.

Instituto Nacional de Desarrollo Social. (2017). Guía para instalar centros de capacitación y encuentro (CCE). <https://www.gob.mx/indesol/documentos/guia-para-instalar-centros-de-capacitacion-y-encuentro-cce>

ISO. (2011). ISO/IEC 25010: Systems and software engineering — Systems and software quality requirements and evaluation (SQuaRE) — System and software quality models. <https://www.iso.org/standard/35733.html>

- ISO. (2016). ISO/IEC 25023: Systems and software engineering — Systems and software quality requirements and evaluation (SQuaRE) — Measurement of system and software product quality. <https://www.iso.org/standard/35747.html>
- ISO. (2023). Eficiencia de desempeño. <https://iso25000.com/index.php/normas-iso-25000/iso-25010/21-eficiencia-de-desempeno>
- Jiménez, A. M., & Liliana, M. (2016). Gestión de riesgos en proyecto de software a desarrollar en empresa privada (Trabajo de titulación). <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/7671/AraqueJimenezMariaLiliana2015.pdf>
- Petter, S., DeLone, W., & McLean, E. (2008). Measuring information systems success: Models, dimensions, measures, and interrelationships. *European Journal of Information Systems*, 17(3), 236–263.
- DeLone, W. H., & McLean, E. R. (2003). The DeLone and McLean model of information systems success: A ten-year update. *Journal of Management Information Systems*, 19(4), 9–30.
- Rivas, M. F., O., & Q. L. E. (2016). Estudio de factibilidad para la implementación de un sistema de información para la gestión administrativa en el Instituto Tecnológico Superior de San Miguel de Carchi. *INNOVA Research Journal*, 1(9).
- Rojas Escandón, J. D. (2020). Aplicación web para la gestión de procesos de capacitación continua del Instituto Superior Tecnológico Tena (Trabajo de titulación). <https://dspace.uniandes.edu.ec/handle/123456789/11157>
- Sánchez, J. M. (2013). Administración de centros de formación profesional. ESIC Editorial.

Las universidades de Manabí en el ranking nacional de instituciones de educación superior en Ecuador

Argenis de Jesús Montilla Pacheco^{1*}; Humboldt Adán de la Torre Burgos²;
Gustavo Xavier Álvaro Silva³

Resumen

Se estudia el posicionamiento de las universidades de la provincia de Manabí en los rankings nacionales e internacionales durante los últimos 15 años. El objetivo fue identificar tendencias de mejora o retroceso, contrastar desempeño relativo con otras regiones y extraer conclusiones de política educativa. El proceder metodológico asocia análisis de revisión de métricas nacionales, documentos pertenecientes a QS *Scimago* y UniRank. Los hallazgos indican que algunas instituciones de Manabí han alcanzado mejoras moderadas en términos de visibilidad, pero continúan en rezago ante otras instituciones universitarias de Quito y Guayaquil. La Universidad Técnica de Manabí se posiciona con más frecuencia en los rankings; entre tanto, otras universidades de la provincia mantienen presencia intermitente. Se concluye que es necesario fortalecer procesos de investigación, publicación y cooperación para consolidar una mejor posición.

Palabras clave: Calidad universitaria; Ecuador; investigación; rankings; universidades.

The universities of Manabí in the national ranking of higher education institutions in Ecuador

Abstract

The positioning of the universities of the province of Manabí in national and international rankings during the last 15 years is studied. The objective was to identify trends of improvement or regression, contrast relative performance with other regions and draw conclusions from educational policy. The methodological procedure associates review analyses of national metrics, documents belonging to QS *Scimago* and UniRank. The findings indicate that some institutions in Manabí have achieved moderate improvements in terms of visibility, but continue to lag behind other university institutions in Quito and Guayaquil. The Technical University of Manabí is positioned more frequently in the rankings; Meanwhile, other universities in the province maintain an intermittent presence. It is concluded that it is necessary to strengthen research, publication and cooperation processes to consolidate a better position.

Keywords: University quality; Ecuador; research; rankings; universities.

Recibido: 29 de octubre 2025

Aceptado: 01 de abril 2025

¹ Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Ecuador; argenis.montilla@uleam.edu.ec; <https://orcid.org/0000-0001-9739-4971>

² Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Ecuador; humboldt.delatorre@uleam.edu.ec; <https://orcid.org/0009-0005-0809-8692>

³ Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Ecuador; gustavo.alvaro@uleam.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0001-9701-2259>

*Autor de correspondencia.

I. INTRODUCCIÓN

Los rankings universitarios se han convertido en instrumentos de referencia para evaluar la calidad académica, la visibilidad internacional y el impacto de las instituciones de educación superior (Hazelkorn, 2015). En el contexto ecuatoriano, estos rankings también influyen en las políticas de financiamiento, acreditación y prestigio institucional. Sin embargo, la mayoría de los análisis nacionales se centran en las principales universidades de Quito, Guayaquil y Cuenca, dejando menos atención a las del interior como las de Manabí.

Manabí, como provincia con una considerable presencia de instituciones de educación universitaria constituye un caso valioso para analizar su evolución comparada en rankings nacionales e internacionales. ¿Cómo ha sido su desempeño en los últimos 15 años? ¿Cuáles han sido sus fortalezas y debilidades comparadas con el resto del país?

El estudio que ocupa estas líneas ofrece un panorama original al abordar el análisis del comportamiento de las instituciones universitarias de la referida provincia en un período de 15 años, desde 2010 hasta 2025, haciendo una triangulación de información proveniente de estadísticas de los *rankings SCImago*, *QS*, *THE*, *UniRank*, lo cual permite conocer el posicionamiento de las referidas universidades.

El propósito de este artículo fue analizar dicha evolución, identificar modelos de posicionamiento (crecimiento o declive), y ofrecer recomendaciones para mejorar su posicionamiento. Primero se define la metodología de análisis, luego se presentan los resultados comparativos y, por último, se formulan las conclusiones.

A pesar de la creciente relevancia de los rankings universitarios como instrumentos de evaluación comparativa, existe una limitada producción de estudios centrados en el desempeño de universidades ubicadas fuera de los principales polos académicos del Ecuador. En este contexto, el presente estudio contribuye a cubrir este vacío al ofrecer un análisis longitudinal del comportamiento de las universidades de Manabí, aportando evidencia empírica sobre dinámicas regionales de posicionamiento académico.

II. METODOLOGÍA

El estudio adopta un enfoque cuantitativo,

descriptivo y comparativo, direccionado al análisis de la evolución del posicionamiento de las universidades manabitas en rankings nacionales e internacionales entre los años 2010-2025. Hernández-Sampieri et al. (2014) describen que los estudios descriptivos, tal cual es este, ayudan a especificar las propiedades y características relevantes de un fenómeno en un momento o intervalo determinado; en este caso, la descripción de los cambios en el posicionamiento de las universidades de Manabí en los rankings universitarios. Se optó por un diseño longitudinal que facilitó el análisis de la información existente en un lapso de quince años, siguiendo las recomendaciones de Cohen et al. (2018) para estudios educativos de tipo evolutivo.

Para garantizar la consistencia del análisis, se consideraron únicamente indicadores comparables entre los distintos rankings y periodos, priorizando aquellos de base bibliométrica y científica. Asimismo, se establecieron criterios de homogeneización de datos con el fin de reducir posibles sesgos derivados de cambios metodológicos entre rankings.

Fuentes de información

La recolección de información se hizo desde fuentes documentales y secundarias provenientes de bases de datos oficiales, plataformas de rankings y organismos de educación superior del Ecuador. En particular, se analizaron documentos de *Scimago Institutions Rankings (SIR)*, *Times Higher Education (THE)*, *QS Latin America University Rankings*, *Webometrics*, y los registros nacionales del Sistema de Información de la Educación Superior (SIAU) de la Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación (SENESCYT).

A los efectos de analizar el desempeño académico e investigativo se dio prioridad a los rankings con base bibliométrica y científica, especialmente SCImago Institutions Rankings, QS Latin America University Rankings y Times Higher Education. Complementariamente, UniRank fue empleado solamente como referencia contextual de presencia institucional y visibilidad web, sin atribuirle peso interpretativo en la evaluación del mencionado desempeño.

Para la recopilación y verificación de información sobre los rankings universitarios, se emplearon complementariamente herramientas digitales de

apoyo para la sistematización y organización de información bibliográfica que facilitaron la búsqueda, filtrado y organización de datos provenientes de fuentes oficiales y documentos académicos en línea. El uso de las mismas ayudó a organizar las referencias bibliográficas, agilizar la identificación de tendencias, comparar posiciones institucionales en diferentes periodos y garantizar una revisión más amplia y actualizada de la información disponible.

Las fuentes mencionadas se escogieron por su reconocimiento internacional y por ofrecer criterios objetivos de comparación, entre ellos, impacto de citas, reputación académica, presencia en la web y producción científica (Hazelkorn, 2015; Ordorika & Lloyd, 2015).

Para hacer la comparación se priorizaron fuentes sustentadas bibliométricamente, de manera que los hallazgos provenientes del *SCImago Institutions Rankings* (SIR) fueron valorados especialmente por su cobertura tomando en cuenta las dimensiones de transferencia de conocimientos, visibilidad en la web, impacto de citas y producción científica. De manera complementaria se consideraron los datos de *Times Higher Education* (THE) y *QS Latin America Rankings*, principalmente con el fin de contrastar indicadores de desempeño por citas,

Se recabaron estadísticos de universidades con presencia académica en la provincia de Manabí, Universidad Laica Eloy Alfaro (ULEAM), Universidad Técnica de Manabí (UTM), Universidad San Gregorio de Portoviejo (USGP), Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí (ESPAM-MFL) y Universidad Estatal del Sur de Manabí (UNESUM). Igualmente se incluyeron, como referencia comparativa, las universidades del país con mejores posiciones en los rankings, entre ellas, la Universidad San Francisco de Quito (USFQ) y la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL).

Los datos se organizaron en una matriz temporal con las posiciones obtenidas por cada universidad a través de los años y en los rankings consultados tal como sugiere Marginson (2019). Posteriormente, se elaboraron series de tiempo que mostraron la tendencia

de cada universidad en los últimos quince años, identificando períodos de ascenso, estancamiento o descenso en los indicadores de visibilidad académica. Estos datos se trataron mediante técnicas básicas de análisis estadístico y se representaron gráficamente para facilitar la interpretación visual. Igualmente, se elaboraron gráficos comparativos que mostraron el comportamiento relativo de las universidades de Manabí frente al promedio nacional.

Desde una perspectiva metodológica, se reconocen ciertas limitaciones inherentes al diseño del estudio. Primero, la disponibilidad irregular de estadísticos en algunos años y rankings obstaculiza la continuidad de las series temporales. Después, los criterios metodológicos de los rankings cambian con el transcurrir del tiempo, lo cual es capaz de afectar la comparabilidad entre años. Finalmente, algunos indicadores, como reputación académica o impacto social, se basan en percepciones o encuestas, lo que imprime cierto grado de subjetividad (Hazelkorn, 2015).

Pese a estas limitaciones, el estudio aporta una base para comprender la evolución de las universidades manabitas en el contexto nacional y proyectar estrategias futuras de mejora institucional.

III. RESULTADOS

El análisis comparativo de las posiciones de las universidades de Manabí frente al conjunto de universidades del Ecuador en los principales rankings nacionales e internacionales se expone en este apartado. Los resultados permiten visualizar el grado de avance de las instituciones manabitas y su posición relativa dentro del sistema de educación superior ecuatoriano (SENESCYT, 2024).

El análisis longitudinal de los rankings ayuda a observar una evolución diferenciada entre las universidades de Manabí durante el período 2010-2025 (Figura 1). En general, los resultados dan cuenta de una mejora progresiva en la Universidad Técnica de Manabí (UTM) y una estabilidad moderada en la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí (ULEAM).

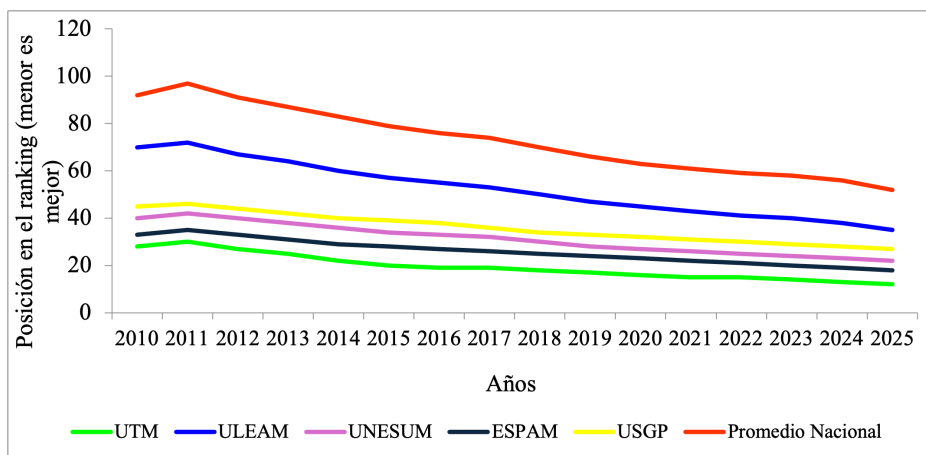


Figura 1. Evolución del posicionamiento de las universidades Manabita en rankings nacionales (2010-2025).

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de SCImago Institutions Rankings (2025).

Durante el período de análisis se observan trayectorias diferenciadas de evolución entre las universidades de Manabí. Cabe señalar que las casas de estudios superiores de esta provincia han presenciado una notable mejora en sus indicadores de calidad y desempeño institucional, logrando reducir la brecha que históricamente las separaba de las instituciones de educación superior más consolidadas del país.

Comparación entre universidades de Manabí (año 2025)

La figura 2 presenta un comparativo de las posiciones de las universidades de Manabí en el año 2025. La UTM se observa nuevamente como la institución mejor posicionada de la provincia, seguida por la ULEAM, mientras que UNESUM, ESPAM y USGP muestran rezago en los indicadores de visibilidad y productividad científica.

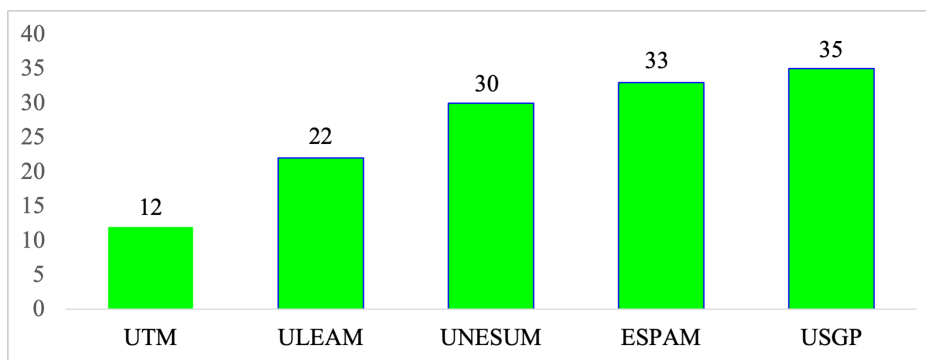


Figura 2. Comparativo de posiciones universidades de Manabí año 2025.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de SCImago Institutions Rankings (2025).

En el mismo orden de ideas, según se aprecia en la figura 3, hay tendencias significativas en el posicionamiento relativo de cinco instituciones manabitas: ULEAM, UTM, UNESUM, USGP y ESPAM. Se reitera que, en este análisis la posición en el ranking representa un orden donde un valor

menor equivale a un mejor desempeño institucional.

Desde 2015 hasta 2025, se observa una mejora notable en la posición de la mayoría de las universidades, lo cual evidencia una variación positiva en su posición relativa dentro del sistema nacional.

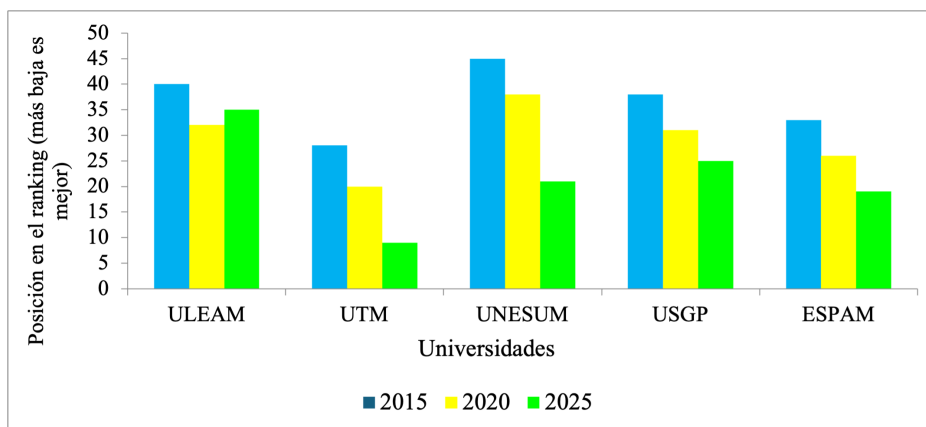


Figura 3. Comparativo de las universidades del Ecuador en los años 2015, 2020 y 2025.
Fuente: Elaboración propia a partir de datos de SCImago Institutions Rankings (2025).

De forma similar, UNESUM exhibe una trayectoria ascendente importante, ya que, de ocupar puestos poco relevantes en 2015, se proyectó a una posición más competitiva para el 2025. Esa mejoría institucional, en paralelo con políticas nacionales de calidad, evidencia una mejora en su posición relativa dentro del conjunto analizado.

La ESPAM igualmente muestra un avance, aunque de forma más moderada. En su caso, la evolución es más gradual, pero consistente, lo que indica que ha ido fortaleciendo su presencia en el grupo de universidades manabitas.

En contraste, la ULEAM presenta una variabilidad, mejora algo en el 2020, pero su posición desciende levemente en el 2025, ubicándose en un puesto intermedio respecto al grupo. Esta oscilación, tal vez responda a fluctuaciones en materia de financiamiento, criterios de evaluación o competencia regional. La USGP, por su lado, acusa una mejora más constante, aunque menos pronunciada que la de UTM y la UNESUM, lo que muestra una trayectoria comparativamente más estable dentro del período analizado.

Con tales antecedentes, es posible manifestar que, en la última década, el subsistema universitario manabita ha tendido hacia un fortalecimiento institucional en términos de rankings competitivos, particularmente impulsado por mejoras en instituciones como la UTM y la UNESUM. Empero, la disparidad en los ritmos de avance, tal como el caso de la ULEAM, señala la importancia de conservar políticas institucionales orientadas a mejoras continuas en investigación, docencia y vinculación, y estrategias de visibilidad para asegurar ascensos sostenibles.

La comparación deja claro que, aun cuando las cinco universidades de Manabí han mostrado un desempeño favorable con el pasar del tiempo, la UTM sobresale como la institución de mayor crecimiento y posicionamiento en los últimos 10 años, mientras que, la ULEAM y la UNESUM, aunque exhiben mejoras, lo hacen a ritmos más lento, lo que representa diferentes niveles de consolidación académica, investigativa y de gestión institucional.

Los resultados demuestran que, aunque las universidades de Manabí mantienen posiciones intermedias en el contexto nacional, han mostrado una tendencia de mejora. La Universidad Técnica de Manabí (UTM) toma posición de líder en la provincia al situarse, según los datos más recientes de dichos rankings, aproximadamente en el puesto 12 a nivel nacional ($\approx P12$, *SCImago Institutions Rankings 2025*), lo cual, representa un avance sostenido en distintos indicadores.

Entre tanto, la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí (ULEAM) y la Universidad Estatal del Sur de Manabí (UNESUM) también avanzan en sus indicadores de visibilidad. Este desempeño, sin duda, es el resultado del fortalecimiento progresivo de la educación superior en el país, pero también evidencia la necesidad de consolidar estrategias de investigación e internacionalización para reducir la brecha con las universidades que ostentan las posiciones de vanguardia (Hazelkorn, 2015; Marginson, 2019).

Los valores exactos de posición para cada universidad y año se exponen en la tabla 1, donde, además se incluye la variación entre periodos y las fuentes consultadas.

Tabla 1. Valores de posición y variación entre periodos y fuentes consultadas para cada universidad.

Universidad	Ranking	Año	Posición Nacional	Variación respecto al periodo anterior	Fuente	Observaciones
UTM	SCImago	2010	32		SCImago (2010)	Primera aparición
UTM	SCImago	2015	25	+7	SCImago (2015)	Mejora sostenida
UTM	SCImago	2020	18	+7	SCImago (2020)	Incremento en visibilidad
UTM	SCImago	2025	12	+6	SCImago (2025)	Top nacional
ULEAM	UniRank	2010	28		UniRank (2010)	—
ULEAM	UniRank	2015	24	+4	UniRank (2015)	—
ULEAM	UniRank	2020	22	+2	UniRank (2020)	—
ULEAM	UniRank	2025	26	-4	UniRank (2025)	Retroceso leve
UNESUM	SCImago	2010	45		SCImago (2010)	—
UNESUM	SCImago	2015	38	+7	SCImago (2015)	—
UNESUM	SCImago	2020	28	+10	SCImago (2020)	Incremento en investigación
UNESUM	SCImago	2025	20	+8	SCImago (2025)	Consolidación institucional
ESPAM	SCImago	2010	50		SCImago (2010)	—
ESPAM	SCImago	2015	46	+4	SCImago (2015)	—
ESPAM	SCImago	2020	40	+6	SCImago (2020)	Progreso gradual
ESPAM	SCImago	2025	35	+5	SCImago (2025)	Estabilidad regional
USGP	UniRank	2010	60		UniRank (2010)	—
USGP	UniRank	2015	55	+5	UniRank (2015)	—
USGP	UniRank	2020	50	+5	UniRank (2020)	Avance leve
USGP	UniRank	2025	48	+2	UniRank (2025)	Estabilidad
Promedio Nacional	SCImago	2010	25		(fuente nacional)	Promedio general
Promedio Nacional	SCImago	2015	22	+3	(fuente nacional)	Mejora general
Promedio Nacional	SCImago	2020	18	+4	(fuente nacional)	Tendencia ascendente
Promedio Nacional	SCImago	2025	15	+3	(fuente nacional)	Estimado

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de SCImago Institutions Rankings (2025).

Para contextualizar las variaciones observadas en las figuras 1-3, se elaboró una línea de tiempo (Tabla 2) que establece relación entre los principales eventos normativos y de política pública que marcaron influencia en el desempeño de las universidades ecuatorianas entre 2010 y 2025.

Entre los hitos más relevantes está la promulgación de la Ley Orgánica de Educación Superior (LOES, 2010), que introdujo criterios rigurosos de acreditación y aseguramiento de la calidad; la creación del CACES (2015), que institucionalizó la evaluación externa; y la implementación del Modelo CACES 2019, que hizo una redefinición

de los estándares de calidad basados en docencia, investigación y vinculación con la sociedad.

A partir del 2020, las condiciones excepcionales (Tabla 2) consecuencia del COVID-19 y los programas de internacionalización llevados por la SENESCYT (2023) tuvieron su impacto en la visibilidad científica y colaboración académica. Estas transformaciones explican en buena parte los saltos posicionales observados hacia el 2025 en algunas casas de estudios como la UTM y la UNESUM, evidenciando una relación directa entre los cambios regulatorios y los avances en los rankings.

Tabla 2. Línea de tiempo de eventos de política universitaria en Ecuador (2010-2025)

Año	Evento clave de política universitaria en Ecuador	Posible efecto sobre los rankings
2010	Implementación de la Ley Orgánica de Educación Superior (LOES).	Comienzo de un sistema de control y acreditación más riguroso; reorganización institucional.
2013 - 2014	Programa Prometeo (atracción de investigadores extranjeros).	Aumento de la producción científica en varias universidades provinciales.
2015	Creación del Consejo de Aseguramiento de la Calidad de la Educación Superior (CACES).	Estandarización de procesos de evaluación institucional.
2018	Actualización del Reglamento de Evaluación y Acreditación del CACES.	Nueva metodología que afecta la comparabilidad interanual.
2019	Aplicación del Modelo CACES 2019 de Evaluación Externa.	Reformas profundas en indicadores de calidad; algunas universidades suben o bajan en rankings.
2020 - 2021	Pandemia de COVID-19 y ajustes de virtualización.	Impacto temporal en indicadores de productividad e internacionalización.
2023	Consolidación de políticas de internacionalización e investigación aplicada (SENESCYT).	Crecimiento en colaboración internacional y visibilidad científica.
2025	Nueva edición del SCImago Institutions Rankings (SIR 2025).	Mejora sostenida en UTM y UNESUM, reflejando consolidación institucional.

Fuente: Elaboración propia con base en CACES (2019, 2020), SENESCYT (2024), y SCImago (2025).

IV. DISCUSIÓN

En una visión de conjunto, los resultados indican que las mejoras observadas en varias universidades de la provincia responden principalmente a procesos estructurales de fortalecimiento institucional más que a fluctuaciones metodológicas de los rankings. En este orden de ideas, esta investigación aporta evidencia empírica longitudinal acerca del comportamiento de universidades provinciales de Ecuador, un segmento que ha sido poco abordado en los análisis comparativos basados en rankings internacionales.

Este comportamiento se alinea con la tendencia nacional observada tras la implementación del Modelo de Evaluación Externa de Universidades

y Escuelas Politécnicas (CACES, 2019), el cual introdujo criterios armonizados de calidad institucional fundamentado en tres ejes sustantivos: docencia, investigación, y vinculación con la sociedad. Dicho modelo ha permitido alinear las estrategias universitarias con los estándares de calidad exigidos por el Consejo de Aseguramiento de la Calidad de la Educación Superior (CACES), que a decir de Álvarez-Muñoz et al. (2024), ha generado una mejora sustancial en el posicionamiento de varias instituciones ecuatorianas. Estos hallazgos son coincidentes con lo que reporta Hazelkorn (2015) y Ordorika y Lloyd (2015), al señalar que los procesos de aseguramiento de la calidad tienden a producir mejoras graduales en instituciones fuera de los polos

tradicionales de concentración académica. Además, tienen implicaciones de relevancia en materia de gestión universitaria y diseño de políticas públicas, al mostrar que los procesos de fortalecimiento institucional sostenidos se traducen en mejoras progresivas de desempeño, incluso en contextos alejados de las principales instituciones académicas del Ecuador (Montilla & Guzmán, 2018; Caldera, 2023).

Los patrones observados en las universidades manabitas son consistentes con la tendencia nacional documentada por SCImago Institutions Rankings (2024) y QS Latin América (2022), donde destaca aumento progresivo en la producción científica y la visibilidad internacional del Ecuador. Rodríguez et al. (2022) sostienen que entre 2001 y 2020 el país cuatriplicó su volumen de publicaciones indexadas en Scopus, mientras que Herrera-Franco et al. (2021) aseguran que la consolidación de políticas públicas en ciencia y tecnología ha dado como resultado un ecosistema académico más productivo y competitivo, particularmente a través del fortalecimiento de la formación académica y de las capacidades investigativas de los docentes (Artigas et al., 2017).

En el ámbito específico de las universidades provinciales, según señalan Sisa et al. (2024), el fortalecimiento de la investigación aplicada y los programas de posgrado ha sido decisivo para mejorar sus indicadores de impacto y colaboración. Gadd (2021) y *Times Higher Education* (2021), advierten que los cambios en ponderaciones o fuentes de datos modifican las posiciones relativas sin reflejar necesariamente una variación sustantiva en el desempeño institucional. Por ello, de cara a nuevos análisis longitudinales de posiciones, antes de extraer conclusiones, debe acompañarse de un examen de los puntajes normalizados en investigación, innovación y visibilidad.

Desde un enfoque más crítico, hay que señalar que, la evolución observada debe interpretarse con cautela, puesto que, los rankings ofrecen un panorama comparativo útil, pero no siempre asumen las dimensiones cualitativas esenciales como la pertinencia social, la innovación pedagógica o la sostenibilidad institucional (Webometrics, s.f.). Por tanto, futuras investigaciones deberían complementar los análisis posicionales con indicadores integrales que estimen la transferencia

del conocimiento, el impacto territorial y el nivel de internacionalización, criterios fundamentales para comprender el desempeño real de las universidades manabitas. En consecuencia, los datos encontrados deben interpretarse con precaución, puesto que los rankings no capturan de modo integral algunas dimensiones cualitativas, tales como, pertinencia social, innovación pedagógica o el impacto de las universidades en el ámbito territorial.

En términos generales, los hallazgos de este estudio refuerzan la importancia de analizar el desempeño universitario desde una perspectiva territorial, reconociendo las particularidades de las instituciones ubicadas fuera de los principales centros académicos. Este enfoque permite una comprensión más equilibrada del sistema de educación superior y contribuye a la formulación de políticas más inclusivas y contextualizadas.

Los resultados deben interpretarse considerando el carácter comparativo del análisis y evitando inferencias causales directas entre posición en rankings y calidad institucional.

V. CONCLUSIONES

El estudio aporta los fundamentos necesarios para concluir que las universidades de Manabí han experimentado una evolución progresiva en su posicionamiento dentro del sistema de educación superior del país a lo largo del período analizado, aunque con ritmos diferenciados de consolidación institucional. En términos generales, los resultados dejan ver avances moderados en visibilidad y desempeño académico, sin que ello implique una convergencia plena con las instituciones históricamente mejor posicionadas en el contexto ecuatoriano.

Desde una perspectiva académica y de política universitaria, los resultados sugieren que los procesos sostenidos de fortalecimiento institucional, especialmente en investigación y gestión académica, se traducen en mejoras progresivas de desempeño, incluso en universidades localizadas a lo externo de los más importantes centros académicos del país. En este sentido, el estudio aporta evidencia de utilidad para la formulación de estrategias de aseguramiento de la calidad y planificación universitaria en ámbitos regionales.

Por último, es recomendable que nuevas

investigaciones profundicen en el análisis del desempeño universitario a través de indicadores complementarios, de tal manera que se logre la integración de las dimensiones cualitativas, entre las cuales, el impacto territorial, transferencia de conocimiento e internacionalización académica resultarían muy valiosas, todo ello con la idea de obtener una comprensión más integral del rol de las universidades provinciales en el desarrollo del sistema de educación superior.

El estudio no solo describe tendencias, sino que aporta elementos analíticos relevantes para la toma de decisiones en política universitaria, particularmente en contextos regionales donde las dinámicas de desarrollo académico presentan características diferenciadas.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Álvarez-Muñoz, P., Peralta Gamboa, D. A., Faytong-Haro, M., Avilés Valenzuela, Á. M. F., & Pacheco-Olea, O. (2024). Evaluating policy efficacy in higher education: A synthetic control analysis of Ecuador's higher education law on research productivity. *Publications*, 12(3), 28. <https://doi.org/10.3390/publications12030028>
- Artigas, W., Useche, M. C., & Queipo, B. (2017). Sistemas nacionales de ciencia y tecnología de Venezuela y Ecuador. *Telos*, 19(1), pp. 168-187. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=99356728020>
- Caldera Serrano, J. (2023). *Evaluación del impacto del Proyecto Prometeo en la producción científica en la República del Ecuador. En Espacios creativos y respuestas a los retos actuales en Información y Documentación*. <https://dehesa.unex.es/entities/publication/5cb8d077-3f05-4881-bd8b-d1eefoa60596>
- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2018). *Research methods in education* (8ª ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315456539>
- Consejo de Aseguramiento de la Calidad de la Educación Superior (CACES). (2020). *Listado de universidades y escuelas politécnicas acreditadas*. Quito: CACES. <https://www.caces.gob.ec/listado-de-universidades-y-escuelas-politecnica/>
- Consejo de Aseguramiento de la Calidad de la Educación Superior (CACES). (2019). *Modelo de evaluación externa de universidades y escuelas politécnicas 2019*. Quito: CACES. https://www.caces.gob.ec/wp-content/uploads/Documents/DIRECCION%20DE%20EXAMENES/modelo_armonizado%20alta%20calidad.pdf
- Gadd, E. (2021). *Mis-measuring our universities: Why global university rankings don't add up. Insights*, 34(3), pp.1-10. <https://doi.org/10.3389/frma.2021.680023>
- Hazekorn, E. (2015). *Rankings and the reshaping of higher education: The battle for world-class excellence*. (2ª ed.). Palgrave Macmillan. <https://doi.org/10.1057/9781137446671>
- Hernández-Sampieri, R., Fernández-Collado, C., & Baptista, L. (2014). *Metodología de la investigación*. México: McGraw-Hill.
- Herrera-Franco, G., Montalbán Burbano, N., Mora Frank, C., Bravo Montgero, L., González-García, J., Espinoza, J., & Pérez, C. (2021). Scientific research in Ecuador: A bibliometric analysis (1920–2020). *Publications*, 9(4), pp. 40-55. <https://doi.org/10.3390/publications9040055>
- Marginson, S. (2019). Global trends in higher education rankings: The rise of the Asian universities. *Higher Education Quarterly*, 73(3), pp. 304-320. <https://doi.org/10.1016/j.ijedudev.2017.03.008>
- Montilla, A., & Guzmán, D. (2018). Aproximación Histórica de la Producción Científica en la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí Periodo: 2011-2017. *Educare*, 22(2), 4-23. <http://historico.upel.edu.ve:81/revistas/index.php/educare/article/view/7335>
- Ordorika, I., & Lloyd, M. (2015). International rankings and the contest for university hegemony. *International Journal of Higher Education*, 4(2), pp. 81-91. <https://doi.org/10.5430/ijhe.v4n2p81>
- QS TopUniversities. (2022, septiembre 22). *QS Latin America University Rankings: Methodology*. <https://www.topuniversities.com/latin-america-ran>

- kings/methodology
- Rodríguez, V., Flores-Sánchez, M., Zambrano, C., Rincón, L., Paz, J. L., & Torres, F. (2022). Analysis of Ecuador's SCOPUS scientific production during the 2001-2020 period by means of standardized citation indicators. *Heliyon*, 8(4), e09329. [https://www.cell.com/heliyon/fulltext/S2405-8440\(22\)00617-X](https://www.cell.com/heliyon/fulltext/S2405-8440(22)00617-X)
- SCImago Research Group. (2024). *New edition SCImago Institutions Rankings 2024*. <https://elearning.scimagolab.com/mod/forum/discuss.php?d=1205>
- SCImago Institutions Rankings. (2025). *University Rankings – Ecuador*. <https://www.scimagoir.com/rankings.php?country=ECU§or=Higher+educ>
- Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación (SENESCYT). (2024). *Sistema de información de educación superior (SIAU)*. Quito: SENESCYT. [cas-de-educacion-superior-ciencia-tecnologia-e-innovacion](https://siau.senescyt.gob.ec/estadisti-cas-de-educacion-superior-ciencia-tecnologia-e-innovacion)
- Sisa, I., Caicedo-Potosí, J., Cordovez, M., Verdezoto, C., Barreno, M., Coral, M., & Herrera-Franco, G. (2024). One hundred years of Ecuadorian biomedical scientific output and its association with the main causes of mortality: A bibliometric study. *Frontiers in Medicine*, 11, 1395433. <https://doi.org/10.3389/fmed.2024.1395433>
- Times Higher Education. (2021, julio 6). *Latin America University Rankings 2021: Methodology*. <https://www.timeshighereducation.com/world-university-rankings/latin-america-university-rankings-2021-methodology>
- Webometrics (Cybermetrics Lab, CSIC). (s.f.). *Webometrics ranking of world universities*. <https://www.webometrics.org/>

¿Es sostenible el régimen ecuatoriano de tributación de dividendos bajo estándares OCDE? Análisis comparativo 2010–2025

Marlon Manyá-Orellana¹; Juan Mario-Dapena²; Fabián Vilema-Escudero³

Resumen

Este artículo analiza la evolución del régimen ecuatoriano de tributación de dividendos a lo largo de un período de quince años, caracterizado por una secuencia de reformas sustantivas que modificaron el tratamiento fiscal aplicable a estas rentas del capital. El estudio adopta un enfoque jurídico-económico y cuantitativo con el propósito de evaluar la sostenibilidad del régimen a la luz de los estándares de la OCDE, considerando no solo la imposición en sede del accionista, sino también la incidencia acumulada de las deducciones y gravámenes que reducen la utilidad empresarial. Mediante una simulación de Monte Carlo, se estima que la presión efectiva acumulada sobre la utilidad distribuible se sitúa en un rango de 40,33% a 47,37%. Los resultados evidencian que, pese a la reforma introducida en 2025, no se mantiene una estructura integrada entre la imposición societaria y la tributación del dividendo, lo que propicia escenarios de sobreimposición económica, debilita la neutralidad del sistema y puede generar distorsiones en la reinversión, en la política de distribución de utilidades y en la competitividad.

Palabras clave: Dividendos; doble imposición económica; neutralidad, OCDE.

Is the Ecuadorian Dividend Taxation Regime Sustainable under OECD Standards? A Comparative Analysis (2010–2025)

Abstract

This article examines the evolution of Ecuador's dividend taxation regime over a fifteen-year period marked by a sequence of substantive reforms that reshaped the tax treatment of capital income. The study adopts a legal-economic and quantitative approach to assess the sustainability of the regime in light of OECD standards, considering not only taxation at the shareholder level but also the cumulative impact of deductions and levies that reduce corporate profits. Using a Monte Carlo simulation, the study estimates that the effective cumulative burden on distributable profits ranges from 40.33% to 47.37%. The findings show that, despite the reform introduced in 2025, the Ecuadorian system remains insufficiently integrated between corporate taxation and dividend taxation, thereby fostering scenarios of economic over-taxation, weakening tax neutrality, and potentially generating distortions in reinvestment, dividend distribution policy, and competitiveness.

Keywords: Dividends; economic double taxation; tax neutrality, OECD.

Recibido: 08 de enero 2026

Aceptado: 13 de abril 2026

¹ Facultad de Ciencias Sociales y Humanísticas, Escuela Superior Politécnica del Litoral, ESPOL, Campus Gustavo Galindo, Km. 30.5 Vía Perimetral, Guayaquil, 090902, Ecuador; mmanya@espol.edu.ec; <https://orcid.org/0000-0002-0604-443X>

² Universidad Católica de Salta, Argentina; jldapena@ucasal.edu.ar; <https://orcid.org/0009-0003-2902-7530>

³ Universidad ECOTEC, Km 13 1/2 Vía Samborondón, Samborondón, Guayas, Ecuador; svilema@ecotec.edu.ec; <https://orcid.org/0000-0002-1768-0300>

I. INTRODUCCIÓN

La tributación de dividendos constituye un punto de articulación entre la imposición societaria y la imposición personal sobre las rentas del capital, por lo que su diseño incide de manera directa en la eficiencia, la equidad, la neutralidad y la competitividad de los sistemas fiscales. En términos comparados, el problema central no radica únicamente en determinar si los dividendos deben ser gravados, sino en establecer si el régimen logra asignar adecuadamente la carga fiscal que recae sobre la utilidad empresarial en su generación y en su posterior distribución al accionista, evitando escenarios de sobreimposición económica.

En Ecuador, el tratamiento tributario de los dividendos ha experimentado una secuencia de reformas entre 2010 y 2025, como resultado de modificaciones sucesivas a la Ley de Régimen Tributario Interno y a su Reglamento de aplicación. Esta evolución normativa refleja una tensión persistente entre la necesidad estatal de fortalecer la suficiencia recaudatoria y el control fiscal, y la exigencia de preservar un sistema compatible con los principios descritos. En este ámbito, la reforma de los dividendos resulta especialmente ilustrativa, pues muestra cómo la creciente intensificación del gravamen en sede del accionista y del beneficiario efectivo ha impactado la relación entre el impuesto societario y la tributación del capital distribuido.

A partir de 2010, el régimen ecuatoriano abandonó el esquema bajo el cual los dividendos distribuidos por sociedades residentes no generaban, en términos generales, una imposición adicional en sede del accionista, bajo la premisa de que la utilidad ya había sido gravada a nivel corporativo. Desde entonces, las reformas incorporaron progresivamente reglas de tributación aplicables a personas naturales residentes, beneficiarios efectivos y, en determinados supuestos, accionistas no residentes. Como consecuencia, la renta empresarial puede quedar afectada en distintos momentos del ciclo de generación y distribución, configurando escenarios de múltiples imposiciones sobre un mismo hecho económico, y una mayor dependencia de variables como la residencia fiscal, la composición societaria y el cumplimiento de obligaciones formales de transparencia.

Desde una perspectiva económica, esta estructura

puede alterar decisiones de política corporativa, entre ellas la distribución o reinversión de utilidades, la elección entre financiamiento vía deuda o capital, y la localización de inversiones. Por consiguiente, la evaluación del régimen de dividendos no puede limitarse a su capacidad recaudatoria, sino que debe considerar su compatibilidad con los principios tributarios y con los estándares comparados de integración fiscal promovidos en el ámbito OCDE.

En este contexto, el presente artículo analiza la evolución del tratamiento tributario de los dividendos en Ecuador durante el período 2010–2025 y evalúa su sostenibilidad acorde a la OCDE en materia de imposición del capital e integración entre tributación societaria y del accionista. Para ello, se desarrolla un marco teórico comparado sobre doble imposición, neutralidad tributaria y modelos de integración. Así también se busca estimar la presión efectiva acumulada que recae sobre la utilidad empresarial distribuida bajo distintos escenarios normativos.

La hipótesis central es que pese a la simplificación introducida en 2025, el régimen ecuatoriano mantiene una estructura insuficientemente integrada entre la imposición societaria y la tributación del dividendo, lo que favorece escenarios de sobreimposición económica y genera tensiones con los principios tributarios. A partir de ello, el estudio busca contribuir a la discusión mediante una evaluación replicable del efecto acumulado del régimen ecuatoriano de dividendos y ofrecer evidencia útil para una eventual reforma orientada a un esquema más coherente, eficiente y competitivo.

II. MARCO TEÓRICO

Los dividendos representan la porción de las utilidades netas que una sociedad decide distribuir entre sus accionistas, en función de su participación en el capital social. Desde la perspectiva económica, constituyen una forma de renta del capital, mientras que desde el punto de vista jurídico-tributario se configuran como ingresos gravados sujetos a reglas específicas (Musgrave & Musgrave, 1990).

En la literatura comparada, se distinguen diversas aproximaciones para definir la renta imponible. La más influyente es la de Schanz-Haig-Simons, que concibe la renta como el incremento neto del poder adquisitivo del contribuyente en un periodo determinado, incluyendo tanto el consumo como

la variación en la riqueza (Simons, 1938; Pechman, 1987). Bajo esta definición amplia, los dividendos se incluyen de manera natural en la base imponible del impuesto sobre la renta, ya que constituyen un flujo que incrementa la capacidad contributiva del accionista (Bird & Zolt, 2005).

En el caso ecuatoriano la normativa establece que los dividendos son considerados renta (LRTI, art 2), al ser considerados ingresos de fuente ecuatoriana, independientemente de la residencia fiscal del beneficiario (LRTI, art. 8 numeral 5). Este diseño normativo refleja la prevalencia del criterio de la fuente, común en países en vías de desarrollo que buscan preservar su potestad tributaria sobre rentas generadas en su territorio (Easson, 2004).

No obstante, también se adopta el criterio de la residencia para los accionistas locales, gravando sus rentas globales, incluidas aquellas obtenidas en el exterior (LRTI, art. 2). Esta coexistencia de criterios genera un conflicto de doble imposición internacional, cuando dos jurisdicciones pretenden gravar la misma renta, o en su defecto sobre un mismo hecho económico. La literatura especializada identifica tres grandes modelos de referencia en el tratamiento fiscal de los dividendos (Zodrow, 1991; Sørensen, 2007).

Sistema clásico o de doble imposición.

En este esquema la renta empresarial soporta dos gravámenes sucesivos: primero a nivel corporativo, cuando la sociedad liquida el impuesto sobre sus beneficios, y posteriormente a nivel individual, cuando los accionistas tributan por los dividendos percibidos. Este modelo, aunque conceptualmente sencillo, genera una doble imposición económica, elevando la carga fiscal total y generando distorsiones en la asignación eficiente del capital. (Orellana & González-Rabanal, 2022).

Sistema de integración. Este modelo busca corregir los efectos de la doble imposición, permitiendo que los accionistas imputen en su liquidación personal el impuesto ya satisfecho por la sociedad. La integración puede ser total cuando se reconoce íntegramente el impuesto societario como crédito, o parcial cuando solo se concede una deducción o crédito limitado. En la práctica, este sistema persigue una mayor neutralidad tributaria, alineando la carga impositiva total con la capacidad contributiva real de los accionistas.

Sistema de exención. Bajo esta modalidad, los dividendos se consideran exentos en sede del accionista, bajo el principio de que la renta ya ha sido gravada en el nivel societario. Su principal ventaja radica en la simplicidad administrativa y en la eliminación de la doble imposición económica. Sin embargo, puede generar distorsiones si no se acompaña de un adecuado diseño de tarifas corporativas.

En la práctica comparada, pocos países aplican estos modelos de manera pura. Lo más frecuente es la adopción de regímenes híbridos, que combinan mecanismos de exención con esquemas de integración parcial, ajustados a las realidades fiscales y económicas de cada país (Marín-Benítez, 2015).

Así, en la Unión Europea predominan los sistemas de exención o integración parcial como parte de las directrices para evitar la sobreimposición de dividendos transfronterizos. En contraste, Estados Unidos ha mantenido históricamente un esquema clásico, aunque con tasas reducidas y diferenciadas para dividendos, lo que refleja un enfoque más recaudatorio que neutralizador (Gravelle, 1994).

En América Latina, la tendencia general se orienta hacia regímenes de integración parcial, concebidos como un mecanismo intermedio para atenuar la doble imposición. No obstante, estos sistemas han sido objeto de críticas debido a la ineficiencia que generan, así como a las distorsiones en las decisiones de inversión y financiamiento, que inducen a las empresas a preferir el endeudamiento frente a la capitalización (Barreix, 2001).

El caso de Ecuador describe esta problemática con especial énfasis (Manya, 2016). A lo largo del periodo 2010–2025, el país ha transitado por distintos esquemas de tributación de dividendos, oscilando entre intentos de integración parcial y regímenes cercanos al modelo clásico. Sin embargo, el denominador común ha sido un énfasis recaudatorio, lo que ha derivado en escenarios de doble imposición económica, afectando tanto la competitividad del país como la neutralidad del sistema tributario (Durán Fiallos et al, 2021).

El artículo 300 de la Constitución de la República del Ecuador (2008) consagra que el régimen tributario debe estructurarse sobre principios fundamentales de generalidad, progresividad, eficiencia, simplicidad administrativa,

irretroactividad, equidad, transparencia y suficiencia recaudatoria. Estos principios constituyen parámetros de legitimidad y de justicia tributaria que orientan tanto el diseño normativo como la aplicación práctica del sistema fiscal (Montaño et al, 2019). Por tal razón, el tratamiento de los dividendos requiere ser contrastado con tales postulados, a fin de determinar en qué medida las reformas normativas implementadas entre 2010 y 2025 se alinean o se apartan de ellos.

El principio de capacidad contributiva exige que los accionistas tributen en proporción a su ingreso real y disponible, reconociendo que los dividendos constituyen una manifestación directa de riqueza susceptible de gravamen (Smith, 2011). De igual manera, la equidad vertical y horizontal implica que los contribuyentes con mayores niveles de renta deben soportar una carga proporcionalmente más alta, mientras que aquellos con igual capacidad contributiva deben ser gravados de manera equivalente y no discriminatoria (Atkinson & Stiglitz, 2015).

A estos principios se suma el de neutralidad, según el cual la imposición no debe alterar las decisiones económicas de los agentes, tales como la política de dividendos, la estructura de financiamiento empresarial o las decisiones de inversión, de modo que las asignaciones de recursos respondan a criterios de eficiencia económica y no a incentivos fiscales distorsionados (Cnossen, 1996). Sin embargo, la evidencia normativa y empírica evidencia que las reformas introducidas han tendido a debilitar la vigencia de estos principios.

La doble imposición económica de los dividendos se produce cuando la misma renta es gravada en dos niveles distintos: primero en la sociedad y luego en el accionista (Borrego, 2002). A diferencia de la doble imposición jurídica, que afecta a un mismo contribuyente en dos jurisdicciones, la doble imposición económica recae sobre dos sujetos distintos pero en relación con la misma renta (Borrás, 2001). Autores como (Bustos & Pedraja, 1999) y (Gota Lozada, 1970) destacan que la raíz del problema no es únicamente la existencia de un impuesto societario, sino la falta de coordinación con el impuesto personal, lo que provoca una sobrecarga fiscal injustificada. La (OCDE, 2017) ha reconocido que este fenómeno constituye uno de los principales

obstáculos para la eficiencia y la internacionalización de las economías.

En el entorno europeo, (Marín-Benítez, 2015) advierte que la doble imposición de los dividendos transfronterizos constituye una seria interferencia para la integración de los mercados. En América Latina (Barreix, 2007) enfatizan que este problema reduce la competitividad y genera incentivos a la elusión. Los efectos de la doble imposición de los dividendos se manifiestan de manera estructural en tres dimensiones interrelacionadas: eficiencia, equidad y competitividad internacional (Manya, 2022).

Desde la perspectiva de la eficiencia económica, la sobrecarga tributaria derivada de gravar la misma renta en dos niveles reduce de forma significativa la rentabilidad neta del capital invertido, afectando las decisiones de asignación de recursos (Nazneen & Wei, 2013). Este fenómeno desincentiva la capitalización empresarial y la reinversión de utilidades, al tiempo que genera un sesgo fiscal hacia el endeudamiento, dado que los intereses resultan deducibles mientras que los dividendos no lo son (Cnossen, 1996). El resultado es una distorsión en la estructura financiera de las empresas que compromete la neutralidad del sistema impositivo.

Así mismo, el régimen vigente produce asimetrías distributivas al imponer a las personas naturales residentes una carga fiscal efectiva superior a la que enfrentan las sociedades receptoras de dividendos, las cuales gozan de exención en muchos casos. Esta situación contradice el principio constitucional de progresividad y debilita la justicia tributaria, pues los contribuyentes con menor capacidad de planificación fiscal soportan una proporción mayor de la carga total (Berner, 2003). Por tanto, se refuerza una inequidad vertical que profundiza la brecha entre accionistas minoritarios personas naturales y grandes estructuras societarias con mayores mecanismos de optimización tributaria (Bajaj & Vijn, 1990).

En el ámbito de la competitividad internacional, la combinación de inestabilidad normativa y de una alta carga efectiva en la distribución de dividendos erosiona la capacidad de un país para atraer inversión extranjera directa y para integrarse en condiciones competitivas a los mercados globales de capital. La incertidumbre en el diseño normativo genera costos adicionales de cumplimiento y aumenta el riesgo

percibido por los inversionistas, quienes priorizan jurisdicciones con mayor previsibilidad y menores distorsiones fiscales (Barreix,2007).

En esa línea, la persistencia de la doble imposición coloca al país en desventaja frente a las buenas prácticas internacionales, especialmente aquellas promovidas en el marco de la OCDE y los convenios para evitar la doble imposición (De la Cueva González, 2000). Adicionalmente, la literatura internacional ha desarrollado diversos mecanismos orientados a mitigar los efectos de la doble imposición económica de los dividendos, los cuales han sido adoptados de manera diferenciada por las jurisdicciones en función de sus prioridades fiscales y de política económica (Kao, 2011).

En primer lugar, los sistemas de integración buscan articular una conexión directa entre la tributación societaria y la personal, atribuyendo al accionista un crédito fiscal equivalente al impuesto pagado por la sociedad sobre las utilidades distribuidas (Zodrow, 1991). Este esquema procura eliminar o al menos reducir la sobreimposición, asegurando que la carga fiscal conjunta no supere la tarifa marginal aplicable al accionista.

En segundo lugar, el mecanismo de exención en origen consiste en evitar la tributación de los dividendos percibidos por accionistas locales, bajo el entendimiento de que tales utilidades ya han soportado el impuesto a nivel corporativo (Marín-Benítez, 2015). Este sistema no solo simplifica la administración, sino que también contribuye a reforzar la competitividad de la inversión doméstica al eliminar distorsiones entre distintas formas de remuneración del capital (Poterba & Lawren,1985).

Un tercer instrumento lo constituyen los convenios para evitar la doble imposición internacional (CDI), los cuales establecen reglas claras de atribución de potestades tributarias entre Estados. Estos acuerdos, inspirados en el Modelo de Convenio de la OCDE, suelen limitar la retención en la fuente sobre dividendos a márgenes que oscilan entre el 5% y el 15% (OECD, 2017), lo que genera un marco de mayor certeza jurídica para los inversionistas y evita la erosión de la rentabilidad neta de las inversiones transfronterizas (Lamensch,2009).

La armonización regional ha sido promovida como una medida estratégica para coordinar políticas fiscales entre bloques económicos, reduciendo la

competencia fiscal nociva y limitando la utilización de estructuras de planificación agresiva en jurisdicciones de baja o nula imposición (Kleist,2012). Este enfoque cobra especial importancia en regiones como América Latina, caracterizadas por la fragmentación normativa y la elevada vulnerabilidad a la movilidad del capital (Litzenberger & Van Horne,1978).

2.1 Evolución normativa en la tributación de dividendos en Ecuador

2.1.1 Periodo 2010–2014: Gravamen a accionistas personas naturales y sociedades en paraísos fiscales

Hasta entonces, los dividendos distribuidos a accionistas personas naturales residentes en el país, así como a sociedades domiciliadas en jurisdicciones de baja o nula imposición, se encontraban exentos del impuesto sobre la renta, lo que generaba un incentivo claro para estructurar la tenencia accionaria a través de vehículos societarios que permitieran desplazar la tributación hacia niveles impositivos más favorables.

La motivación de esta reforma se sustentó en la evidente asimetría entre la tarifa máxima del impuesto sobre la renta aplicable a personas naturales y la tarifa general para sociedades. Esta brecha incentivaba el traslado de rentas personales al ámbito corporativo con el objetivo de aprovechar un tipo impositivo inferior, configurando un escenario de regresividad y elusión legítima amparada en la normativa vigente. Desde la perspectiva del principio de capacidad contributiva, ello implicaba una inequidad vertical, puesto que los contribuyentes con mayores ingresos podían reducir su carga tributaria mediante la utilización de estructuras societarias interpuestas.

2.1.2 Periodo 2015–2018: Incorporación del beneficiario efectivo

Esta modificación respondió a la necesidad de desarticular estructuras de evasión y elusión fiscal sustentadas en sociedades interpuestas, fideicomisos y otros vehículos societarios que, mediante opacidad accionaria, dificultaban la identificación del verdadero titular de las rentas de capital.

La motivación esencial de esta reforma fue fortalecer la transparencia y la integridad del sistema tributario, obligando a las sociedades a revelar la identidad de la persona natural que, de forma directa

o indirecta, detenta el poder de decisión, dirección o control sobre los recursos generados por la entidad. Este requisito, alineado con los estándares internacionales del Plan de Acción BEPS de la OCDE y con las recomendaciones del Grupo de Acción Financiera Internacional (GAFI), buscaba cerrar espacios a la manipulación societaria y a la utilización de jurisdicciones de baja o nula imposición para encubrir la percepción de dividendos.

2.1.3 Periodo 2019: Modificación en el cálculo de las retenciones sobre dividendos

El propósito de esta reforma fue redefinir la determinación de la carga fiscal soportada por los accionistas y establecer un sistema de retención que guardara mayor coherencia con las tarifas vigentes en el impuesto sobre la renta de personas naturales y sociedades, buscando reducir las distorsiones que se habían generado en la aplicación práctica del régimen anterior. La motivación central de esta modificación radicó en la necesidad de corregir la asimetría derivada de la coexistencia de distintas bases de cálculo y de mecanismos de imputación, los cuales generaban inconsistencias y aumentaban el riesgo de litigios tributarios. Con la nueva normativa, la retención aplicable a los dividendos pasó a calcularse sobre la diferencia entre la tarifa máxima de impuesto a la renta de personas naturales y la tarifa del impuesto corporativo vigente.

2.1.4 Periodo 2020–2025: Tributación de dividendos bajo la Ley Orgánica de Simplificación y Progresividad Tributaria

Todas las distribuciones societarias fueron consideradas rentas sujetas a imposición, con la única excepción de las operaciones intragrupo entre sociedades residentes. La determinación de la retención se vinculó directamente a la residencia fiscal del beneficiario. Para personas naturales residentes se aplicaron escalas progresivas entre el 0% y el 25%, mientras que para no residentes se establecieron tarifas proporcionales más elevadas, fijadas en el 25% o en el 37% en el caso de jurisdicciones de menor imposición. Estas tarifas se aplicaban sobre el 40% del dividendo distribuido, lo que en la práctica implicaba una retención efectiva en el rango del 10% al 14,8%.

Los dividendos percibidos por accionistas residentes no solo quedaban sujetos a retención, sino que además debían integrarse a su renta global anual, sometiéndose nuevamente a la liquidación del impuesto sobre la renta conforme a la tabla progresiva en el caso de personas naturales residentes. Este diseño normativo configuró un escenario de doble e incluso triple imposición económica. En una primera instancia, la utilidad empresarial era gravada con el impuesto a la renta societario. Posteriormente, al momento de la distribución, se aplicaba la retención correspondiente, y finalmente, en el caso de accionistas personas naturales residentes, los dividendos integraban la base imponible de la renta global, generando una nueva obligación tributaria. Las implicaciones de este régimen fueron significativas desde la perspectiva de la política económica y los principios de neutralidad tributaria.

2.1.5 Periodo 2025 (vigente) Última reforma en la tributación de dividendos: Ley Orgánica de Transparencia Social.

La reforma establece tarifas diferenciadas del 10%, 12% y 14%, determinadas según la residencia fiscal y la condición del beneficiario efectivo, con el objetivo de simplificar y fortalecer la transparencia en la composición societaria, así como reforzar la progresividad del sistema. El impuesto se causa en el momento de la distribución formal de utilidades, con independencia de la fecha de su pago efectivo, y asigna a las sociedades la función de agentes de retención del tributo correspondiente.

En este esquema, se aplica una tarifa del 10% a los dividendos distribuidos a no residentes, del 12% cuando el beneficiario efectivo es residente fiscal en Ecuador, y del 14% cuando intervienen estructuras vinculadas con paraísos fiscales o jurisdicciones de menor imposición, así como en los casos de incumplimiento de la obligación de informar la composición societaria. Aunque este diseño convierte la tributación del dividendo en un impuesto a la renta único y excluye, en principio, su incorporación a la renta global del accionista residente, no elimina la problemática de la doble imposición económica, ya que la utilidad distribuida continúa habiendo soportado previamente gravámenes en sede societaria.

III. METODOLOGÍA

3.1 Diseño del modelo

El estudio adopta un enfoque de simulación normativa y cuantitativa orientado a estimar la carga tributaria que recae sobre la utilidad empresarial antes de su percepción final por parte del accionista. Para ello, se modeló la secuencia legal de imputaciones y gravámenes aplicables a sociedades residentes en el Ecuador que distribuyen dividendos a sus beneficiarios efectivos.

El diseño parte de tres componentes que inciden de forma sucesiva sobre la utilidad generada por la sociedad:

a. Participación laboral obligatoria (t_{pt})

Corresponde al 15% de la utilidad contable antes de impuestos, de distribución obligatoria a los trabajadores, conforme al artículo 97 del Código del Trabajo en Ecuador. Desde el punto de vista metodológico, esta variable no se incorpora como tributo en sentido estricto, sino como una deducción legal previa a la base distribuible, debido a que reduce la utilidad disponible sobre la cual posteriormente se calcula el impuesto a la renta societario y, en última instancia, el dividendo susceptible de distribución.

b. Impuesto a la renta de sociedades (t_{is})

Se aplica sobre la utilidad neta después de la participación laboral. Se consideraron tres tarifas normativamente posibles:

22%: aplicable a microempresas, pequeñas empresas y exportadores habituales que cumplan las condiciones legales de generación de empleo neto y valor agregado ecuatoriano.

25%: tarifa general para sociedades residentes.

28%: tarifa agravada para supuestos de incumplimiento de deberes de información u otras condiciones previstas por la normativa tributaria.

c. Impuesto aplicable a la distribución de dividendos (t_d)

Se aplica sobre la utilidad distribuida después del impuesto societario. Se consideraron tres niveles:

10%: cuando el beneficiario efectivo es no residente.

12%: cuando el beneficiario efectivo es residente fiscal en Ecuador.

14%: en casos de incumplimiento de la obligación

de informar la composición societaria o de estructuras vinculadas con jurisdicciones de baja o nula imposición.

3.2 Formulación matemática

Con el fin de medir el efecto acumulado de las deducciones y gravámenes sucesivos, se definió un indicador de presión efectiva acumulada sobre la utilidad empresarial inicial, expresado como la proporción de la utilidad que no llega al accionista final después de aplicarse la participación laboral obligatoria, el impuesto a la renta societario y el impuesto sobre dividendos. La formulación es la siguiente:

$$T(x) = 1 - (1 - t_{pt}) * (1 - t_{is}) * (1 - t_d)$$

Donde:

$T(x)$: Presión efectiva acumulada sobre la utilidad empresarial inicial;

t_{pt} : Participación laboral.

t_{is} : Tarifa de impuesto a la renta de sociedades.

t_d : Tarifa de retención por dividendos.

Cabe indicar que la lógica de esta expresión se justifica porque cada componente recae sobre una base remanente distinta y jurídicamente secuencial. En efecto, la participación laboral reduce la utilidad disponible; posteriormente, sobre el saldo resultante se calcula el impuesto a la renta de sociedades; finalmente, el dividendo se determina sobre la utilidad neta después de ambas deducciones, y sobre ese valor se aplica la imposición correspondiente al beneficiario efectivo.

Adicionalmente, para fines analíticos, el estudio distingue entre dos magnitudes:

Presión efectiva acumulada total, que incluye la participación laboral, el impuesto societario y la imposición del dividendo.

Carga tributaria combinada que considera únicamente el impuesto a la renta de sociedades y el impuesto sobre dividendos.

3.3 Supuestos normativos

El modelo se construyó con base en los parámetros normativos vigentes para el período analizado y bajo un conjunto de supuestos explícitos orientados a garantizar consistencia interna y comparabilidad entre escenarios.

Se asumió que la sociedad distribuye la

totalidad de la utilidad neta disponible después de la participación laboral y del impuesto a la renta societario. Este supuesto permite aislar el efecto del régimen sobre dividendos sin introducir sesgos derivados de decisiones de reinversión o retención de utilidades.

Se consideró que la participación laboral obligatoria se mantiene constante en 15%, al tratarse de una regla legal uniforme aplicable a las utilidades empresariales.

La tarifa del impuesto a la renta de sociedades se modeló con tres valores posibles (22%, 25% y 28%), los cuales representan, respectivamente, escenarios de tarifa reducida, general y máxima.

El tratamiento del dividendo se modeló a partir de tres tasas posibles (10%, 12% y 14%), vinculadas a la residencia del beneficiario efectivo y al grado de transparencia societaria. Esta última variable incorpora un elemento característico del régimen vigente: el incumplimiento de la obligación de reportar la composición societaria o la existencia de estructuras vinculadas con jurisdicciones de baja imposición puede provocar una mayor carga sobre la distribución.

Se asumió independencia estadística entre la tarifa del impuesto societario y la tasa aplicable al dividendo. Este supuesto simplifica la simulación y permite observar el comportamiento del modelo sin imponer relaciones causales no verificadas

entre ambas variables. Por último, la simulación se plantea como un ejercicio exploratorio de naturaleza normativa, orientado a capturar el rango de resultados posibles bajo la legislación vigente.

3.4 Simulación de Monte Carlo

Para reforzar la validez del análisis se aplicó una simulación de Monte Carlo sobre la estructura formal del modelo. Este procedimiento permite generar una distribución de resultados posibles a partir de combinaciones aleatorias de los parámetros seleccionados, en lugar de limitar el análisis a una comparación estática de pocos casos puntuales. La simulación se implementó bajo los siguientes criterios:

Número de iteraciones: 10.000 corridas.

Tipo de distribuciones: se utilizaron distribuciones discretas categóricas para (t_{is}) y (t_d) .

Participación laboral: se mantuvo constante en 15%, por tratarse de una regla legal uniforme y no aleatoria.

Para evaluar la robustez de este supuesto, se incorporó un análisis de sensibilidad con probabilidades alternativas. La simulación generó, para cada iteración, un valor correspondiente a la presión efectiva acumulada derivada de una combinación aleatoria de tarifas. Se muestra a continuación la matriz completa de escenarios normativos utilizados en el modelo.

Tabla 1. Matriz de escenarios normativos del modelo

Escenario	Participación laboral	IR Sociedades	Impuesto sobre dividendos	Presión efectiva acumulada
1	15%	22%	10%	40.33%
2	15%	22%	12%	41.92%
3	15%	22%	14%	43.51%
4	15%	25%	10%	42.63%
5	15%	25%	12%	44.13%
6	15%	25%	14%	45.63%
7	15%	28%	10%	44.92%
8	15%	28%	12%	46.15%
9	15%	28%	14%	47.37%

Fuente y elaboración: Los autores

Esta matriz cumple una doble función. Por una parte, permite verificar la coherencia entre la formulación matemática y los resultados obtenidos. Por otra, constituye una base objetiva para contrastar

los estadísticos derivados de la simulación de Monte Carlo. A fin de evaluar el modelo, se realizaron dos pruebas de sensibilidad.

Primera prueba: sensibilidad a la asignación

de probabilidades. Se contrastó el escenario base de probabilidades con un escenario alternativo en el que se asigna mayor peso a la tarifa societaria general del 25% y a la tasa de 12% sobre dividendos, por representar la configuración normativa más cercana al caso estándar. La estabilidad de la media y de la mediana bajo ambos esquemas sugiere que el hallazgo principal, esto es una presión elevada sobre la utilidad distribuible, no depende de una sola estructura probabilística.

Segunda prueba: sensibilidad conceptual del indicador. Se recalculó el modelo excluyendo la participación laboral obligatoria, con el fin de aislar la carga tributaria combinada estricta de la presión total sobre la utilidad distribuible. Esta comparación permite distinguir entre la parte del resultado atribuible a la imposición tributaria y aquella explicada por la deducción laboral obligatoria. El contraste confirma que, aun bajo una medición estrictamente tributaria, el régimen mantiene una carga significativa sobre la utilidad distribuida.

Los resultados deben interpretarse como una estimación normativa y exploratoria, no como una medición causal del comportamiento efectivo de todos los contribuyentes. La independencia asumida entre las variables puede simplificar en exceso ciertas correlaciones reales entre tamaño empresarial, cumplimiento formal y composición societaria. El supuesto de distribución total de utilidades no capta estrategias de reinversión o diferimiento que también pueden modificar la incidencia económica del régimen. No obstante, estas limitaciones delimitan su alcance e identifican líneas de mejora para investigaciones futuras.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados de la simulación

Los resultados de la simulación muestran que la presión efectiva acumulada sobre la utilidad distribuible se ubica en un rango elevado bajo todas las configuraciones normativas consideradas. La media obtenida fue 43,52%, mientras que la mediana se situó en 43,84%, lo que indica que la distribución de resultados se concentra alrededor del escenario intermedio del modelo y que no existe una asimetría entre valores extremos y tendencia central. En términos sustantivos, ello significa que, en el régimen ecuatoriano vigente, una proporción

cercana a la mitad de la utilidad empresarial inicial se ve absorbida por deducciones legales obligatorias y gravámenes sucesivos antes de llegar al accionista.

El valor mínimo estimado, 40,33%, corresponde al escenario más favorable del modelo, caracterizado por una tarifa societaria reducida del 22% y una imposición sobre dividendos del 10%. Incluso en esta hipótesis, la presión acumulada no desciende del 40%, lo cual sugiere que el sistema carece de un verdadero umbral de baja incidencia para la distribución de utilidades. En el extremo opuesto, el máximo de 47,37% evidencia que la concurrencia de una tarifa societaria agravada del 28% y una tasa del 14% sobre dividendos eleva de manera significativa la carga total, especialmente cuando intervienen supuestos de incumplimiento vinculados con transparencia societaria o estructuras relacionadas con jurisdicciones de baja imposición.

En cuanto a la perspectiva de dispersión, la desviación estándar de 2,43 puntos porcentuales y el coeficiente de variación de 5,6% muestran que el sistema no solo genera una presión alta, sino también relativamente estable entre escenarios. El intervalo de confianza del 95% para la media, ubicado entre 43,47% y 43,57%, muestra el intervalo de la simulación bajo los supuestos adoptados.

Tabla 1. Estadísticos descriptivos de la presión efectiva acumulada sobre la utilidad distribuible

Estadístico	Valor (%)
Media	43.52
Mediana	43.84
Mínimo	40.33
Máximo	47.37
Rango	7.04
Desviación estándar	2.43
Coficiente de variación	5.6
Intervalo de confianza (95%)	43.47-43.57

Fuente y elaboración: Los autores

El primer elemento es que los valores extremos y la tendencia central no dependen de un único caso aislado, sino de una estructura normativa cerrada con nueve combinaciones posibles entre tarifas societarias y tasas aplicables al dividendo. Por lo tanto, el hallazgo principal es la existencia de una presión elevada sobre la utilidad distribuible.

El segundo elemento proviene del análisis de sensibilidad sobre las probabilidades. Bajo el

escenario base, la simulación fue ejecutada con probabilidades asignadas para las tarifas del impuesto societario y para la imposición del dividendo. Sin embargo, aun cuando se considera una mayor ponderación al escenario base (tarifa societaria del 25% y tasa del 12% sobre dividendos) la media simulada permanece cercana al rango observado, lo que indica que el resultado no depende de manera crítica de una elección arbitraria de probabilidades, sino de la propia estructura secuencial del régimen.

El tercer elemento de sensibilidad corresponde a la distinción entre presión efectiva acumulada total y carga tributaria combinada estricta. Cuando se excluye la participación laboral obligatoria del 15% y se observa únicamente el efecto conjunto del impuesto a la renta de sociedades y del impuesto sobre dividendos, la carga sigue siendo considerable. Esto significa que, el sistema mantiene una incidencia directa sobre la renta del capital distribuida. La inclusión de la participación laboral, por su parte, no pretende redefinirla como tributo, sino mostrar de manera más completa la magnitud de la reducción que experimenta la utilidad empresarial antes de llegar al beneficiario final.

Los resultados obtenidos deben interpretarse dentro del alcance propio del diseño metodológico adoptado. Se trata de una simulación normativa y exploratoria, construida a partir de parámetros legales vigentes, es decir, el modelo no pretende identificar causalidad empírica directa sobre inversión, recaudación o comportamiento societario, sino estimar el rango de presión que surge del diseño legal de la distribución de utilidades.

4.2 Discusión

Los resultados obtenidos permiten sostener que el régimen ecuatoriano de tributación de dividendos, incluso después de la reforma de 2025, mantiene una estructura de gravamen que no se alinea plenamente ni con un sistema clásico puro ni con un esquema de integración entre la imposición societaria y la imposición del accionista. Más bien, configura un modelo híbrido en el que convergen la tributación corporativa, la imposición sobre la distribución de utilidades y un componente reforzado de transparencia societaria vinculado a la identificación del beneficiario efectivo.

Este diseño normativo resulta especialmente

relevante desde la perspectiva comparada porque la literatura de la OCDE ha mostrado que la carga sobre dividendos no depende únicamente de la tarifa nominal aplicable al accionista, sino del grado de integración entre el impuesto pagado por la sociedad y el impuesto que recae posteriormente sobre la renta distribuida.

En ese marco, la reforma vigente simplificó formalmente la tributación del dividendo al establecer tasas diferenciadas del 10%, 12% y 14%, pero no eliminó la presión acumulada sobre la utilidad empresarial antes de su percepción final por parte del accionista, lo que sugiere un nivel de integración inferior al observado en varios sistemas tributarios que sí articulan mecanismos explícitos de crédito, acreditación o compensación parcial.

La comparación con otros sistemas tributarios refuerza esta premisa. En Colombia, por ejemplo, el tratamiento de dividendos combina la imposición societaria con reglas de integración parcial a nivel del accionista, de modo que la renta distribuida puede quedar sujeta a tarifas progresivas en sede personal, coexistiendo con mecanismos de crédito o reconocimiento parcial del impuesto corporativo previamente satisfecho.

En México, la estructura es todavía más explícita en términos de integración parcial, pues el dividendo se incorpora a la base del impuesto personal mediante un gross-up y permite acreditar el impuesto pagado por la sociedad, aunque subsiste una retención adicional sobre la distribución.

En varios países europeos incluidos en la base comparada de la OCDE como los Países Bajos, Bélgica o Austria, la tributación del dividendo se basa en sistemas de retención acreditable, imposición final diferenciada o mecanismos más consistentes de articulación entre la renta societaria y la renta del accionista. Frente a estos diseños, el caso ecuatoriano presenta una particularidad ya que simplifica la mecánica de cobro sobre dividendos distribuidos, pero conserva una presión acumulada relativamente rígida sobre la utilidad societaria, sin un mecanismo integral de imputación íntegra equivalente al impuesto ya soportado en sede empresarial.

Esta diferencia no es menor desde el punto de vista económico, ya que se ha documentado que la tributación de dividendos puede afectar empleo, productividad y decisiones de pay-out, lo que indica

que estas reglas no operan como un elemento neutral del sistema fiscal, sino como un determinante del comportamiento empresarial y de la competitividad de la jurisdicción. Bajo esta arista, el hallazgo adquiere notoriedad por la posible distorsión sobre la política de dividendos, la reinversión de utilidades y la estructura de financiamiento de las empresas.

V. CONCLUSIONES

El análisis desarrollado permite concluir que, entre 2010 y 2025, el régimen ecuatoriano de tributación de dividendos ha evolucionado hacia una estructura normativa de creciente complejidad, marcada por sucesivas reformas que no han configurado un verdadero sistema de integración entre la imposición societaria y la tributación del accionista. Por el contrario, el diseño vigente mantiene una secuencia de deducciones y gravámenes que recae sobre la utilidad empresarial antes de su percepción final por parte del beneficiario efectivo, incluso después de la simplificación introducida. En este sentido, la reforma reciente mejoró la mecánica de determinación y recaudación del impuesto sobre dividendos, pero no modificó de manera sustantiva la lógica estructural de presión acumulada que caracteriza al sistema ecuatoriano.

Desde el punto de vista empírico, la simulación realizada evidencia que la presión efectiva acumulada sobre la utilidad distribuida se ubica en un rango de 40,33% a 47,37%, con una media de 43,52%, lo que confirma la persistencia de una incidencia elevada y relativamente estable bajo las configuraciones normativas analizadas. Este resultado se explica por dos razones. En primer lugar, porque muestra que incluso en los escenarios más favorables la distribución de utilidades no escapa a una reducción sustancial antes de llegar al accionista, lo que debilita la neutralidad económica del sistema. En segundo lugar, porque la estabilidad del rango observado indica que el problema no responde a una anomalía aislada, sino a una característica estructural del diseño legal.

Aunque la comparación internacional debe interpretarse con cautela debido a diferencias metodológicas entre indicadores, la evidencia sugiere que el caso ecuatoriano se sitúa en un nivel alto de presión sobre la renta distribuida en relación con referencias comparadas de América Latina y la

OCDE.

En términos de política tributaria, el estudio muestra que la sostenibilidad del régimen no puede evaluarse exclusivamente desde la suficiencia recaudatoria o desde la simplicidad administrativa. Un régimen de tributación de dividendos resulta sostenible, en sentido material, cuando logra conciliar recaudación, neutralidad, equidad y eficiencia dentro de un sistema coherente de imposición del capital.

Bajo esta premisa, los resultados obtenidos sugieren que el modelo presenta tensiones con dichos objetivos, en la medida en que mantiene una carga acumulada significativa sobre la utilidad distribuida, sin incorporar mecanismos suficientemente robustos de integración entre el impuesto pagado por la sociedad y el impuesto que recae posteriormente sobre el accionista.

La experiencia internacional muestra que los sistemas tributarios más consistentes en materia de dividendos no necesariamente eliminan su gravamen, pero sí establecen mecanismos explícitos de crédito, imputación, acreditación o exención parcial que reducen la doble imposición económica y mejoran la neutralidad del sistema. En contraste, el caso ecuatoriano conserva un diseño menos integrado, en el que la simplificación formal del impuesto único no elimina la incidencia acumulada sobre la renta societaria distribuida. Por ello, la discusión sobre la sostenibilidad del régimen debe desplazarse desde la tarifa nominal del dividendo hacia la evaluación integral de la carga que soporta la utilidad empresarial en todo el ciclo de generación y distribución.

A partir de estos hallazgos, se concluye que una eventual reforma futura debería orientarse hacia un rediseño más coherente del tratamiento tributario de dividendos, sustentado en criterios de integración fiscal, imputación parcial o exención técnicamente justificada, según la estructura del sistema y los objetivos de política pública perseguidos. Tal rediseño no implicaría necesariamente una reducción de la recaudación, sino una mejor integración entre la imposición societaria y la tributación del accionista, con el fin de mitigar la sobreimposición económica, fortalecer la competitividad fiscal y favorecer condiciones más estables para la inversión y la capitalización empresarial. La contribución del estudio consiste en ofrecer una base conceptual y

empírica para reflexionar el régimen ecuatoriano de dividendos a la luz de estándares internacionales de integración, transparencia y eficiencia tributaria.

VI. REFERENCIAS

- Atkinson, A. B., & Stiglitz, J. E. (2015). *Lectures on Public Economics*. Princeton University Press. <https://share.google/YP5iBULgiRNnUZi27>
- Bajaj, M. and Vijh, A. (1990). Dividend clienteles and the information content of dividend changes. *Journal of Financial Economics*, v. 26, n. 2, 193-219. [https://doi.org/10.1016/0304-405X\(90\)90003-I](https://doi.org/10.1016/0304-405X(90)90003-I)
- Barreix, A. (2001). Cambios en el Contexto Internacional y sus Efectos en la Tributación de América Latina y el Caribe. <https://share.google/rGgocEIlotnkWQPoc>
- Berner, R. (2003). Benefits from eliminating the double taxation of dividends. *Forum on Emerging Issues. Business Economics*, (38): 58-60. <https://link.gale.com/apps/doc/A98078704/AONE?u=anon~736c-c637&sid=googleScholar&xid=347d7bba>
- Bird, R., & Zolt, E. (2005). Redistribution via taxation: The limited role of the personal income tax in developing countries. *UCLA Law Review*, 52(6), 1627-1695. <https://share.google/XAWWnohc2kN88csUq>
- Borrego Vega, F. (2002). La norma tributaria en materia de Subcapitalización: Incidencia de los Convenios de Doble Imposición y del Derecho Comunitario. *Crónica Tributaria* (104): 92. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=285633>
- Borrás, F. (2001). La doble imposición internacional: fundamentos y mecanismos de corrección. *Revista de Derecho Tributario Internacional*, 6(2), 21-45.
- Bustos, A. y Pedraja Chaparro, F. (1999). La doble imposición de los dividendos: un análisis comparado. *Hacienda Pública Española* (149): 55-70. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=38882>
- Cnossen, S. (1996). Company taxation in the European Union: Harmonization or competition? *Fiscal Studies*, 17(4), 67-97. <https://www.jstor.org/stable/24437881>
- Constitución de la República del Ecuador - CRE (Registro Oficial 449, 20 oct 2008). Ediciones Legales EDLE S.A. <https://elite.fielweb.com/Index.aspx?r-n=78168&nid=1#norma/1>
- De la Cueva González-Cotera, A. (2000). La eliminación de la doble imposición económica de dividendos en la unión europea. *Estudios financieros. Revista de contabilidad y tributación: Comentarios, casos prácticos*, núm. (206): 49-94. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=196886>
- Durán Fiallos, P. I., Gaibor González, I. D., Trujillo Merino, J. L., & López Arroba, A. V. (2022). Análisis de la tributación por dividendos y su incidencia en la doble imposición del impuesto a la renta del Ecuador. *Revista De Investigación Enlace Universitario*, 21(2), 23-35. <https://doi.org/10.33789/enlace.21.2.115>
- Easson, A. (2004). *Tax incentives for foreign direct investment*. Kluwer Law International. <https://share.google/LzADJmORYdp4Ao25Z>
- Gota Lozada, J. (1970). La doble imposición de los dividendos: fundamentos conceptuales. *Revista de Derecho Fiscal*, 12(1), 31-38.
- Gravelle, J. (1994). *The Economic Effects of Taxing Capital Income*. MIT Press Books, The MIT Press, edition 1, volume 1, number 0262071584, December. <https://share.google/uTHXFr2jmbcpdck71>
- Kao, L and Chen, A (2011) Dividend Policy and Elimination of Double Taxation of Dividends. *Asia-Pacific. Journal of Financial Studies* (2011) 40, 261-284. <http://doi:10.1111/j.2041-6156.2011.01038.x>
- Kleist, D (2012). *Methods for Elimination of Double Taxation under Double Tax Treaties with Particular Reference to the Application of Double Tax Treaties in Sweden*. Department of Law, School of business, economics and law, (Doctoral Theses University of Gothenburg). <http://hdl.handle.net/2077/28373>
- Lamensch, M. (2009), 'The Elimination of Double Taxation of Dividends in the EU: Means the End of Belgium's Final Taxation', 37, *Intertax*, Issue 8, 473-482. <https://kluwerlawonline.com/journalarticle/Intertax/37.8/TAXI2009047>

- Litzenberger, R., and Van Horne, J. (1978). Elimination of the double taxation of dividends and corporate financial policy, *Journal of Finance* 33, 737–750. <https://doi.org/10.2307/2326468>
- Ley de Regimen Tributario Interno - LRTI (Registro Oficial S. 463, 17 nov 2004). Ediciones Legales EDLE S.A. <https://elite.fielweb.com/Index.aspx?rn=78168&nid=46#norma/46>
- Ley Reformatoria para la Equidad Tributaria en el Ecuador - LRETE (Registro Oficial 3er. S. 242, 29 dic 2007). Ediciones Legales EDLE S.A. <https://elite.fielweb.com/Index.aspx?rn=78168&nid=137#norma/137>
- Ley Orgánica de Incentivos a la Producción y Prevención del Fraude Fiscal. (Registro Oficial S. 405, 29 dic 2014). Ediciones Legales EDLE S.A. <https://elite.fielweb.com/Index.aspx?rn=78168&nid=1074802#norma/1074802>
- Ley Orgánica para el Fomento Productivo, Atracción de Inversiones, Generación de Empleo, Estabilidad y Equilibrio Fiscal (Registro Oficial S. 309, 21 ago 2018). Ediciones Legales EDLE S.A. <https://elite.fielweb.com/Index.aspx?rn=78168&nid=1115273#norma/1115273>
- Ley Orgánica de Simplificación y Progresividad Tributaria (Registro Oficial S. 111, 31 dic 2019). Ediciones Legales EDLE S.A. <https://elite.fielweb.com/Index.aspx?rn=78168&nid=1152509#norma/1152509>
- Ley Orgánica de Transparencia Social. (Registro Oficial 3er. S. 112, 28 ago 2025). Ediciones Legales EDLE S.A. <https://elite.fielweb.com/Index.aspx?rn=78168&nid=1195708#norma/1195708>
- Manya, M (2016). La fiscalidad de los dividendos y su tratamiento tributario en el Ecuador. *Revista de Administración Tributaria CIAT/AEAT/IEF* No. 41 (agosto 2016). <https://share.google/Q2k5FXiughHleX2XF>
- Marín-Benítez, M (2016). Fiscalidad de los Dividendos transfronterizos en la Unión Europea: Sobre la adecuación de la normativa española al derecho comunitario, Departamento Tributario de Uría Menéndez. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=1289690>
- Montaño, C., Carpio, R. y Villegas, P. (2019). *Tratado de Fiscalidad Internacional para el Ecuador*, primera edición, Universidad Andina Simón Bolívar, Ius et Historiare Ediciones. <https://share.google/htt7Brn2Alxzk625X>
- Musgrave, R. A., & Musgrave, P. B. (1990). *Public finance in theory and practice*. 5 th ed. McGraw-Hill. <https://share.google/YSJzGlXYLv4Fymx9s>
- Nazneen, A. and Wei, X. (2013). End of double taxation: Is the policy better when announced? *Journal of Policy Modeling*, Volume 35, Issue 6,928-942. <https://doi.org/10.1016/j.jpolmod.2012.12.004>
- Orellana, M. M., & González-Rabanal, M. C. (2022). The International Economic Double Taxation of Dividends: Its Handling in the Convention Between Ecuador and Spain. *Journal of Tax Administration*, 7(2), 105–123. <https://jota.website/jota/article/view/25>
- OCDE. (2017). *Modelo de Convenio Tributario sobre la Renta y sobre el Patrimonio*. <https://www.oecd.org/tax/model-tax-convention-on-income-and-on-capital-condensed-version-20745419-es.htm>
- OCDE et al. (2025), *Estadísticas tributarias en América Latina y el Caribe 2025*, OECD Publishing, Paris. <https://doi.org/10.1787/fobee3b4-es>
- Pechman, J. (1987). *Federal tax policy*. Brookings Institution Press. <https://share.google/xQhLTIS8FwVwrDlSr>
- Poterba, J. and Lawrence, H. (1985). *The Economic Effects of Dividend Taxation*. *Recent Advances in Corporate Finance*, edited by Edward Altman and Marti Subrahmanyam, pp. 227-284. Homewood, IL: Richard D. Irwin Publishers, 1985. <http://www.nber.org/papers/w1353>
- Reglamento para la aplicación de la Ley de Regimen Tributario Interno - RALRTI (Registro Oficial S. 209,

- o8 jun 2010). Ediciones Legales EDLE S.A. <https://elite.fielweb.com/Index.aspx?rn=78168&nid=160#-norma/160>
- Simons, H. (1938). Personal income taxation. University of Chicago Press. <https://share.google/FKpBaR4dPtVvuriQa>
- Smith, D. (2011). Dividends and Dividend Policy Residual dividend policy. (pp. 115-126). Chapter 7 Book
- H.K. Baker (Ed.) John Wiley & Sons. <https://doi.org/10.1002/9781118258408.ch7>
- Sørensen, P. (2007). Can capital income taxes survive? And should they? CESifo Economic Studies, 53(2), 172–228. <https://doi.org/10.1093/cesifo/ifm010>
- Zodrow, G. R. (1991). On the “traditional” and “new” views of dividend taxation. National Tax Journal, 44(4), 497–509. <http://www.jstor.org/stable/41788936>

Normas de Publicación

La **Revista Ciencia UNEMI** es una revista científica indexada y arbitrada, de publicación cuatrimestral a partir del año 2016. Dirigida a la población universitaria, que publica principalmente trabajos originales de investigación científica, ensayos y comunicaciones originales preferentemente en las áreas prioritarias de la revista. Su objetivo es divulgar las realizaciones científicas y tecnológicas de la UNEMI, así como las que se realicen en otras universidades y centros de investigación en el país y en el exterior, en las áreas relacionadas con Industrial; Tecnología, Informática y Comunicación; Administración y Gerencia; Salud Pública y Educación y Cultura.

CONDICIONES GENERALES

Las contribuciones que se publiquen en **Ciencia UNEMI** deben estar enmarcadas en los requisitos fijados en la presente Norma y aceptadas por el Comité Editorial. Todos los trabajos deben ser originales e inéditos, en idioma español o inglés, y no estar en proceso de arbitraje por otras revistas. Los derechos de publicación de los trabajos son propiedad de Ciencia UNEMI, se autoriza la reproducción total o parcial de los artículos, siempre y cuando se cumplan las condiciones siguientes: sin fines comerciales, no se realicen alteraciones de sus contenidos y se cite su información completa (nombre y apellido del autor, Ciencia UNEMI, número de volumen, número de ejemplar y URL exacto del documento citado). Los autores deberán indicar nombre y apellido, título académico, lugar de trabajo, cargo que desempeñan y dirección completa, incluyendo teléfono, fax y correo electrónico. Las opiniones de los autores son de su exclusiva responsabilidad y la revista no se solidariza con doctrinas, ideas o pensamientos expresados en ellos.

CONTRIBUCIONES

El Comité Editorial acepta tres (3) tipos de contribuciones para publicación en las distintas áreas de la Revista Ciencia UNEMI: Los Artículos Científicos, los Artículos Técnicos, y los Ensayos. Los Artículos Científicos son el resultado de trabajos de investigación, bien sea bibliográfico o experimental, en el que se han obtenido resultados, se discutieron y se llegaron a conclusiones que signifiquen un aporte innovador en Ciencia y Tecnología. Los Artículos Técnicos son el resultado de trabajos de grado o de investigación en el ámbito universitario e industrial, bien sea experimental y/o no experimental, que signifiquen un aporte tecnológico para la resolución de problemas específicos en el sector industrial. Los Ensayos son aquellas contribuciones producto de investigaciones destinadas a informar novedades y/o adelantos en las especialidades que abarca Ciencia UNEMI. Estos deben ser inéditos y no se aceptarán los que hayan sido ofrecidos a otros órganos de difusión.

PRESENTACIÓN

Todas las contribuciones deben ser enviadas en formato electrónico. La redacción del manuscrito debe realizarse en

español o inglés.

Éste debe ser redactado en tercera persona y tiempo verbal presente. El mismo debe ser escrito utilizando el procesador de texto Microsoft Office Word® tipeadas a una sola columna, a interlineado simple, con un espaciado posterior entre párrafos de 6 puntos, en papel tamaño A4 (21,0 x 29,7 cm), tipo de letra Times New Roman, tamaño 12, justificado, sin sangría y con márgenes de 2,5 cm en todos los lados: inferior, superior, izquierdo y derecho.

Las contribuciones deben tener una extensión mínima de 4 páginas y 16 como máximo. Los ensayos deben tener mínimo 30 referencias bibliográficas. Las ilustraciones, gráficos, dibujos y fotografías serán denominadas Figuras y serán presentadas en formatos jpg. Las figuras deben ser en original, elaboradas por los autores. No se aceptan figuras escaneadas. Las fotografías deben ser de alta resolución, nítidas y bien contrastadas, sin zonas demasiado oscuras o extremadamente claras. Las tablas y las figuras se deben enumerar (cada una) consecutivamente en números arábigos, en letra Times New Roman, tamaño 10. Éstas deben ser incluidas lo más próximo posible a su referencia en el texto, con su respectivo título en la parte superior si es una tabla o inferior si es una figura. En el caso de que la información contenida sea tomada de otro autor, se debe colocar la fuente. Todas las ecuaciones y fórmulas deben ser generadas por editores de ecuaciones actualizados y enumeradas consecutivamente con números arábigos, colocados entre paréntesis en el lado derecho. Los símbolos matemáticos deben ser muy claros y legibles. Las unidades deben ser colocadas en el Sistema Métrico Decimal y Sistema Internacional de Medida. Si se emplean siglas y abreviaturas poco conocidas, se indicará su significado la primera vez que se mencionen en el texto y en las demás menciones bastará con la sigla o la abreviatura.

Citas bibliográficas en el texto: las citas deberán hacerse señalando en el texto el apellido del primer autor seguido por el del segundo autor o por et al si fueran más de dos autores, y el año de publicación. Por ejemplo: (Campos, 2012),... Campos (2012), (Da Silva y González, 2015), (Alvarado et al, 2014). Cuando se incluyen dos o más citas dentro de una misma frase, las citas se arreglan en orden cronológico. Citas que tengan el mismo año de publicación se arreglan en orden alfabético. Cuando se cite a autores que hayan publicado más de una referencia en el mismo año, se diferenciarán con las letras a, b, c, etc., colocadas inmediatamente después del año de publicación (por ejemplo, 2011a). Si el (los) mismo (s) autor (es) tiene (n) varias publicaciones con distintas fechas pueden citarse juntas en el texto (Campos *et al.*, 2014, 2015). Se recomienda que los autores revisen directamente las fuentes originales, en lugar de acudir a referencias de segunda mano; sólo cuando no sea posible localizar la fuente primaria de información se aceptará citar un trabajo mediante otra referencia. Ejemplo: (Ramírez, 2008, citado por Alvarado, 2015). Teniendo en cuenta que en el apartado de referencias sólo se señalarán los autores de los artículos realmente consultados, o sea, Alvarado (2015) en este caso.

COMPOSICIÓN

Cada contribución deberá ordenarse en las siguientes partes: título en español, datos de los autores, resumen y palabras clave en castellano; título, resumen y palabras clave en inglés; introducción, metodología o procedimiento, resultados, conclusiones, referencias bibliográficas y agradecimientos.

1. Título en español. Debe ser breve, preciso y codificable, sin abreviaturas, paréntesis, fórmulas, ni caracteres desconocidos. Debe contener la menor cantidad de palabras (extensión máxima de 15 palabras) que expresen el contenido del manuscrito y pueda ser registrado en índices internacionales.

2. Datos de los autores. Debe indicar el primer nombre y primer apellido. Se recomienda para una correcta indización del artículo en las bases internacionales, la adopción de un nombre y un solo apellido para nombres y apellidos poco comunes, o bien el nombre y los dos apellidos unidos por un guión para los más comunes (Ej. María Pérez-Acosta). En otro archivo se debe indicar la información completa de cada autor: nombre y apellido, título académico, lugar de trabajo, cargo que desempeña y dirección completa, incluyendo número de teléfono, fax e imprescindible correo electrónico.

3. Resumen en español y Palabras clave. Debe señalar el objetivo o finalidad de la investigación y una síntesis de la metodología o procedimiento, de los resultados y conclusiones más relevantes. Tendrá una extensión máxima de 200 palabras en un solo párrafo con interlineado sencillo. No debe contener referencias bibliográficas, tablas, figuras o ecuaciones. Al final del resumen incluir de 3 a 10 palabras clave o descriptores significativos, con la finalidad de su inclusión en los índices internacionales.

4. Título, Resumen y Palabras Clave en inglés (Abstract y Keywords). Son la traducción al inglés del título, resumen y palabras clave presentadas en español.

5. Introducción. Se presenta en forma concisa una descripción del problema, el objetivo del trabajo, una síntesis de su fundamento teórico y la metodología empleada. Se debe hacer mención además del contenido del desarrollo del manuscrito, sin especificar los resultados y las conclusiones del trabajo.

6. Desarrollo:

- **Materiales y Métodos (Metodología):** se describe el diseño de la investigación y se explica cómo se realizó el trabajo, se describen los métodos y materiales desarrollados y/o utilizados.

- **Resultados:** se presenta la información y/o producto pertinente a los objetivos del estudio y los hallazgos en secuencia lógica.

- **Discusión de resultados:** se presentan los argumentos que sustentan los resultados de la investigación. Se examinan e interpretan los resultados y se sacan las conclusiones derivadas de esos resultados con los respectivos argumentos que las sustentan. Se contrastan los resultados con los referentes teóricos, justificando la creación de conocimiento como resultado del trabajo.

7. Conclusiones. Se presenta un resumen, sin argumentos, de los resultados obtenidos.

8. Referencias bibliográficas. Al final del trabajo se incluirá una lista denominada "Referencias"; la veracidad de estas citas, será responsabilidad del autor o autores del artículo. Debe evitarse toda referencia a comunicaciones y documentos privados de difusión limitada, no universalmente accesibles. Las referencias bibliográficas se citan en estricto orden alfabético, iniciando con el apellido del primer autor seguido de la (s) inicial (es) de su(s) nombre (s). Si todos los autores son idénticos en dos o más referencias, la fecha de publicación dictará su ordenamiento en la lista final. Si se da el caso de que existan dos o más artículos, de los mismos autores y publicados en el mismo año, en la lista de referencias se incluirán por orden alfabético de los títulos de los artículos, agregando una letra como sufijo. Al final del trabajo se indicarán las fuentes, como se describe a continuación, según se trate de:

a. Libro: A continuación se describen varias formas de citar un libro.

Libro con autor: Apellido autor, Iniciales nombre autor, (Año), Título en cursiva, Ciudad y país, Editorial. Por ejemplo:

Hacyan, S., (2004), *Física y metafísica en el espacio y el tiempo. La filosofía en el laboratorio*, México DF, México: Fondo nacional de cultura económica.

Libro con editor: En el caso de que el libro sea de múltiples autores es conveniente citar al editor. Apellido editor, Iniciales nombre editor. (Ed.). (Año). Título. Ciudad, País: Editorial. Por ejemplo:

Wilber, K. (Ed.). (1997). *El paradigma holográfico*. Barcelona, España: Editorial Kairós

Libro en versión electrónica: Los libros en versión electrónica pueden venir de dos maneras: Con DOI y Sin DOI. El DOI (Digital Object Identifier), es la identificación de material digital, único para cada libro.

Libros en línea sin DOI: Apellido, Iniciales nombre autor. (Año). Título. Recuperado de <http://www.xxxxxx.xxx>

De Jesús Domínguez, J. (1887). *La autonomía administrativa en Puerto Rico*. Recuperado de <http://memory.loc.gov/>

Libros Con DOI: Apellido, Iniciales nombre autor. (Año). Título. doi: xx.xxxxxxx

Montero, M. y Sonn, C. C. (Eds.). (2009). *Psychology of Liberation: Theory and applications*. doi: 10.1007/ 978-0-387-85784-8

Capítulo de un libro. Se referencia un capítulo de un libro cuando el libro es con editor, es decir, que el libro consta de capítulos escritos por diferentes autores: Apellido, A. A., y Apellido, B. B. (Año). Título del capítulo o la entrada. En A. A. Apellido. (Ed.), Título del libro (pp. xx-xx). Ciudad, País: Editorial

Molina, V. (2008). "... es que los estudiantes no leen ni escriben": El reto de la lectura y la escritura en la Pontificia Universidad Javeriana de Cali. En H. Mondragón (Ed.), *Leer, comprender, debatir, escribir. Escritura de artículos científicos por profesores universitarios* (pp. 53-62). Cali, Valle del Cauca: Sello Editorial Javeriano.

b. Artículos científicos: Apellido autor, Iniciales nombre autor, (Año), Título, Nombre de la revista en cursiva, Volumen, Número, Páginas. Por ejemplo:

Corominas, M., Roncero, C., Bruguca, E., y Casas, M. (2007). Sistema dopaminérgico y adicciones, *Rev Mukuel*, 44(1), 23-31.

REFERENCIA SEGÚN EL TIPO DE ARTÍCULO:

Artículos con DOI:

Bezuidenhout, A. (2006). Consciousness and Language (review). *Language*, 82(4), 930-934. doi: 10.1353/lan.2006.0184

Artículo sin DOI impreso:

Fields, D. (2007). Más allá de la teoría neuronal. *Mente y Cerebro*, 13(24), 12-17.

Artículo sin DOI digital:

Mota de Cabrera, C. (2006). El rol de la escritura dentro del currículo de la enseñanza y aprendizaje del inglés como segunda lengua (esl/efl): Una perspectiva histórica. *Acción Pedagógica*, 15(1), 56-63. Recuperado de <http://www.saber.ula.ve/accionpe/>

REFERENCIA SEGÚN LA CANTIDAD DE AUTORES:

Un autor:

Tarlaci, S. (2010). A Historical View of the Relation Between Quantum Mechanics and the Brain: A Neuroquantologic Perspective. *NeuroQuantology*, 8(2), 120-136.

Dos a siete autores: Se listan todos los autores separados por coma y en el último se escribe "y".

Tuszynski, J., Sataric, M., Portet, S., y Dixon, J. (2005). Physical interpretation of micro tubule self-organization in gravitational fields. *Physics Letters A*, 340(1-4), 175-180.

Ocho o más autores: Se listan los primeros seis autores, se ponen puntos suspensivos y se lista el último autor.

Wolchik, S. A., West, S. G., Sandler, I. N., Tein, J.-Y., Coatsworth, D., Lengua, L.,...Griffin, W. A. (2000). An experimental evaluation of theory-based mother and mother-child programs for children of divorce. *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, 68, 843-856.

c. Simposios, Congresos o Conferencias: Autor, A. & Autor, A. (Fecha) del evento. Evento llevado a cabo en el Nombre de la organización, Lugar. Por ejemplo:

Rojas, C., & Vera, N. (Agosto de 2013). ABMS (Automatic BLAST for Massive Sequencing). 2° Congreso Colombiano de Biología Computacional y Bioinformática CCBCOL. Congreso llevado a cabo en Manizales, Colombia.

d. Informes: para citar un informe de alguna organización, institución gubernamental o autor corporativo se debe seguir el siguiente formato: Nombre de la organización. (Año). Título del informe (Número de la publicación). Recuperado de <http://xxx.xxxxxx.xxx/>

Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas. (2012). Tecnologías de la información y las comunicaciones. Recuperado de: <http://www.dane.gov.co>

e. Trabajo de Grado o Tesis: Autor, A., & Autor, A. (Año). Título de la tesis (Tesis de pregrado, maestría o doctoral). Nombre de la institución, Lugar. Por ejemplo:

Aponte, L., & Cardona, C. (2009). Educación ambiental y evaluación de la densidad poblacional para la conservación de los cóndores reintroducidos en el Parque Nacional Natural Los Nevados y su zona amortiguadora (tesis de pregrado). Universidad de Caldas, Manizales, Colombia.

INSTRUCCIONES DE ENVÍO

Para enviar un artículo es necesario que el documento cumpla estrictamente con los lineamientos de formato y de contenido anteriormente especificados. Los trabajos (en el respaldo digital) deben ser entregados en el Secretaría del Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación, Ciencia UNEMI de la Universidad Estatal de Milagro, ubicada en la Ciudadela Universitaria, km 1½ vía a la Parroquia Virgen de Fátima; o si lo desea, enviar el artículo al email: editorial@unemi.edu.ec, o a través de la página web: ojs.unemi.edu.ec. Para mayor información dirigirse a las oficinas de la Revista Ciencia UNEMI, o comunicarse por los teléfonos +593 04 2715081, ext. 3210. En caso de requerirlo, escribir al correo electrónico antes mencionado.

PROCESO EDITORIAL

1. Recepción de artículos. El Comité Editorial efectuará una primera valoración editorial consistente en comprobar la adecuación del artículo a los objetivos de la revista, así como el cumplimiento de los requisitos establecidos en las normas de publicación. El Comité Editorial hará las correcciones pertinentes, sin alterar el contenido del mismo. Si encontrara fallas que pudieran afectarlo, las correcciones se harán de mutuo acuerdo con su autor. La recepción del artículo no supone su aceptación.

2. Sistema de revisión por pares (peer review). Los artículos preseleccionados serán sometidos a un proceso de arbitraje. Se asignarán dos o más revisores especializados en la materia, que evaluarán el artículo de forma confidencial y anónima (doble ciego), en cuanto a su contenido, aspectos formales, pertinencia y calidad científica. La aceptación definitiva del manuscrito está condicionada a que los autores incorporen en el mismo todas las correcciones y sugerencias de mejora propuestas por los árbitros.

3. Decisión editorial. Los criterios para la aceptación o rechazo de los trabajos son los siguientes: a) Originalidad; b) Precisión en el tema; c) Solidez teórica; d) Fiabilidad y validez científica; e) Justificación de los resultados; f) Impacto; g) Perspectivas/aportes futuros; h) Calidad de la escritura; i) Presentación de las tablas y figuras; y e) Referencias. Finalizado el proceso de evaluación, se notificará al autor principal la aceptación o rechazo del trabajo.

Los autores del artículo recibirán una constancia de su aceptación para publicarlo. Una vez publicado el artículo se les enviarán tres (3) ejemplares de la Revista respectiva y un certificado de haber publicado. Los trabajos no aceptados serán devueltos a sus autores indicándoles los motivos de tal decisión.

Tabla. Parámetros de Evaluación

CARACTERÍSTICA	N°	CRITERIO	ENSAYO	ARTÍCULO
Innovación / Originalidad del artículo	1.	Las ideas planteadas son nuevas	SI	SI
	2.	Las ideas planteadas son interesantes	SI	SI
	3.	Las ideas planteadas pueden aportar un nuevo enfoque para tratar un viejo problema	SI	SI
Precisión en el tema / coherencia con los objetivos	4.	Se especifica de forma clara el tipo de artículo del que se trata	SI	SI
	5.	Se especifica de forma clara el fin u objetivo que persigue el artículo.	SI	SI
Solidez teórica y calidad de los argumentos	6.	La estructura del artículo es la adecuada.	SI	SI
	7.	Existe orden, coherencia y sistematicidad en las ideas expuestas.	SI	SI
	8.	Las ideas planteadas se basan en argumentos sólidos, ya demostrados por otros autores o en estudios anteriores.	SI	SI
	9.	Los argumentos presentados están actualizados (a partir del 2004 en adelante).	SI	SI
Nivel científico, diseño experimental, metodología	10.	La metodología empleada es la adecuada, tiene calidad y garantías científicas	NO	SI
	11.	En el artículo se describe de forma suficiente el método y procedimiento para que un lector interesado pueda reproducirlo	NO	SI
	12.	Las hipótesis o las preguntas de investigación se han planteado adecuadamente.	NO	SI
	13.	Se ha definido claramente el diseño experimental.	NO	SI
	14.	Los instrumentos de medición y experimentación utilizados tienen calidad y garantías científicas	NO	SI
	15.	Se consigue integrar en un marco nuevo y más simple de resultados que antes implicaban un marco más complejo	NO	SI
Presentación y justificación de los resultados / conclusiones	16.	El artículo aporta resultados de importancia teórica o práctica.	SI	SI
	17.	Los datos presentados son válidos	SI	SI
	18.	Los datos y resultados son claramente expuestos mediante fórmulas, tablas y figuras	SI	SI
	19.	El tratamiento de datos va encaminado hacia la comprobación de las hipótesis o las preguntas de investigación.	NO	SI
	20.	La interpretación que se hace de los resultados es inequívoca.	SI	SI
	21.	Las conclusiones se basan en los argumentos planteados o resultados obtenidos.	SI	SI
	22.	Las conclusiones van en concordancia con el objetivo planteado.	SI	SI
Impacto del tema presentado en el artículo	23.	Las conclusiones presentadas son de interés para la comunidad académica	SI	SI
	24.	El contenido del artículo se constituye en un aporte significativo al conocimiento anteriormente desarrollado en su área.	SI	SI
Perspectivas / futuros trabajos	25.	El artículo es relevante para la discusión de problemas en su área.	SI	SI
	26.	El artículo abre posibilidades para realizar investigaciones futuras	SI	SI
Calidad de la escritura	27.	La redacción del artículo es clara y entendible	SI	SI
Legibilidad de figuras y tablas	28.	Las figuras y tablas se encuentran correctamente enumeradas y con su respectivo título	SI	SI
Bibliografía	29.	El artículo contiene al menos 30 citas bibliográficas.	SI	NO
	30.	El artículo contiene citas bibliográficas claramente definidas	SI	SI

CARTA DE CESIÓN DE DERECHOS PARA AUTORES

Ciudad, fecha.....20....

DIRECTOR DE LA REVISTA CIENCIA UNEMI

Universidad Estatal de Milagro

Milagro, Ecuador

Presente.

Por medio del presente documento y fundamentado en lo dispuesto en la Ley de Derecho de Autor el (los) suscrito (s)[Nombres y apellidos de autor (es)] he (hemos) remitido para su publicación en la Revista Ciencia UNEMI, editada por la Universidad Estatal de Milagro, el trabajo intitulado (título completo)..... para que de forma exclusiva reproduzca, publique, edite, fije, comunique y transmita públicamente en cualquier forma o medio impreso o electrónico inclusive internet e incluir en índices nacionales e internacionales o bases de datos en caso de ser aprobado el artículo de mi (nuestra) autoría. Por lo tanto el (los) autor (es) firmante (s) DECLARA (MOS):

- Que el trabajo de investigación entregado es un trabajo original.
- Que no ha sido publicado previamente por ningún medio.
- Que no ha sido remitido simultáneamente a otras publicaciones impresas o digitales, ni está pendiente de valoración, para su publicación, en ningún otro medio, en ningún formato.
- Que en caso de ser publicado el artículo, transfieren todos los derechos de autor a la REVISTA CIENCIA UNEMI de la Universidad Estatal de Milagro, sin cuyo permiso expreso no podrán reproducirse ninguno de los materiales publicado en la misma.
- Que el trabajo presentado no contiene material escandaloso, calumnia, difamación, obscenidad, fraude o cualquier otro material ilegal; y ni el trabajo, ni el título vulnera ningún derecho de autor, derecho literario, marca o derecho de propiedad de terceras personas. Asumo (asumimos) la total responsabilidad de todos los extremos y opiniones contenidos en el trabajo remitido.

En virtud de lo anterior, manifiesto (manifestamos) expresamente que no me (nos) reservo (reservamos) ningún derecho en contra de la REVISTA CIENCIA UNEMI de la Universidad Estatal de Milagro.

Atentamente

.....
Nombres y firma de autor (es)

Enviar por correo electrónico o entregar en las oficinas de la Revista Ciencia UNEMI, de la Universidad Estatal de Milagro.

Correos: editorial@unemi.edu.ec

REVISTA CIENCIA UNEMI

Volumen 19 - Número 51, Mayo - Agosto

ISSN-1390-4272 Impreso

ISSN 2528-7737 Digital

Universidad Estatal de Milagro

Ciudadela Universitaria, km 1.5 vía Milagro km 26

Conmutador: 04 2 970-881, ext. 3210

Milagro, Ecuador

CIENCIA

UNEMI

EU EDITORIAL
UNIVERSITARIA

Indexada en:



www.unemi.edu.ec

[f](#) [X](#) [@](#) [v](#) /UNEMIEcuador

ojs.unemi.edu.ec