

**REVISTA CIENTÍFICA DE DOCENCIA,
INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL**





Axioma • Año XX • número 32 • Junio 2025. Revista semestral de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Ibarra, en las áreas de: investigación, docencia y proyección social. Publicación bilingüe dedicada a estudios relacionados con las ciencias sociales y exactas. Los artículos informativos y opiniones expresadas en las colaboraciones son de exclusiva responsabilidad de los autores.



Director:
Dra. Augusta Cueva Agüla

Editoras:
Dra. Jhenny Cayambe
Mgs. Irma Daniela Batallas González

Ibarra: Av. Jorge Guzmán Rueda y Av. Aurelio
Espinosa Pólit. Cda. "La Victoria"
Teléfono: 06 2615 500 / 06 2615 631
Sitio web: www.pucesi.edu.ec

Email: axioma@pucesi.edu.ec
ISSN: 1390-6267
ISSN electrónico: 2550-6684
Indizada/Resumida en
Latindex-Directorio- Catálogo 2.0
Folio 1986



CONSEJO EDITORIAL

EDUCACIÓN

Dr. JUAN CARLOS MARTÍN QUINTANA
Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, España
ORCID: 0000-0001-7283-1952

Dr. STEFOS EFSTATHIOS
Universidad Nacional de Educación, Ecuador
ORCID: 0000-0002-5679-8002

Dr. AGUSTÍN SANTANA TALAVERA
Universidad de la Laguna-Tenerife, España
ORCID: 0000-0002-4046-0904

Dr. OSCAR VALVERDE RIASCOS
Universidad Mariana Pasto, Colombia
ORCID: 0000-0002-2306-4053

Dr. JOAQUÍN ALEJANDRO LIÑAYO RIVERO
Centro de Investigación en Gestión Integral de Riesgos,
Madrid, España

ORCID: 0009-0006-9001-137X
Dr. JOSÉ LUIS ROJAS-SOLÍS
Universidad Autónoma de Puebla México
ORCID: 0000-0001-6339-4607

CIENCIAS SOCIALES, PERIODISMO, INFORMACIÓN Y DERECHO

Dr. FRANCISCO CAMPOS FREIRE
Universidad de Santiago de Compostela, España
ORCID: 0000-0003-1831-1838

Dr. MIGUEL TÚÑEZ LÓPEZ
Universidad Santiago de Compostela, España
Dra. PILAR CHARRO BAENA

Universidad Rey Juan Carlos, España
ORCID: 0000-0003-3665-9694

Dra. ASTRID UZCÁTEGUI ANGULO
Universidad de Los Andes, Venezuela
ORCID: 0000-0002-3470-6381

Corrección general

Dirección de Investigación, Vinculación e Innovación

ADMINISTRACIÓN

Dr. JUAN MANUEL BENÍTEZ DEL ROSARIO
Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, España

CIENCIAS NATURALES, MATEMÁTICAS Y ESTADÍSTICA

Dr. LARRY FROLICH
Miami Dade College Wolfson Campus, EE.UU.
ORCID: 0000-0002-9371-7806

Dr. JOSEP LINARES
Universidad Politécnica de Valencia, España
ORCID: 0000-0002-9740-3281

Dr. JUAN PABLO SUÁREZ CHACÓN
Universidad Técnica Particular de Loja, Ecuador
ORCID: 0000-0002-9453-5545
Dr. EDMUNDO RECALDE POSSO
Pontificia Universidad del Ecuador Ibarra

TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LA COMUNICACIÓN (TIC)

Dr. FRANCKLIN RIVAS ECHEVERRÍA
MIU City University Miami, EE.UU.
ORCID: 0000-0002-5201-2877

INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN

Dr. CARLOS M. CASTRO V
Universidad Técnica Federico Santa María, Chile
ORCID: 0000-0002-5293-3107

Dr. CRISTIAN LEONARDO GARCÍA
Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador
ORCID: 0000-0003-3996-8222

Dra. MARÍA GABRIELA CAMARGO MORA
Universidad Técnica Particular de Loja, Ecuador
ORCID: 0000-0003-2984-5675

SERVICIOS

Dr. AGUSTÍN SANTANA TALAVERA
Universidad de la Laguna-Tenerife, España
ORCID: 0000-0002-4046-0904

ÍNDICE / CONTENTS

ESTUDIO DE CASO / CASE STUDY

- 1 **La investigación arquitectónica en la enseñanza del análisis de sitio: caso de estudio**
Architectural Research in the Teaching of Site Analysis: A Case Study
Diego Uribe-Vega, Gustavo Andrade-Coba

ARTÍCULO CIENTÍFICO / SCIENTIFIC ARTICLE

- 12 **Recursos digitales para el aprendizaje de las especies invasoras de las Islas Galápagos**
Digital resources for learning about invasive species of the Galápagos Islands
Deniz Barreto, Marco Heredia-R
- 21 **Diseño de un modelo geoestadístico de la calidad del aire**
Design of a geostatistical model for air quality
Daniel Alejandro Oña Proaño, Paúl Michael Tafur Escanta
- 31 **Competitividad sostenible y capital intelectual en MiPYMES de la zona norte de Ecuador**
Sustainable competitiveness and intellectual capital in MSMEs in the northern zone of Ecuador
Luis Homero Viveros Almeida, Yasmany Fernández Fernández, Erika Paola Realpe Cabrera

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN / RESEARCH ARTICLE

- 40 **Cambio de uso de suelo en el manglar ecuatoriano: impacto de las camarонерías y la conservación a través de la propiedad comunal**
Land-use change in Ecuadorian mangroves: impact of shrimp farms and conservation through communal ownership
Edison Vicente Gordillo Vargas
- 62 **Impacto de las intervenciones antrópicas en la calidad del agua de la microcuenca El Carmen: un estudio de bioindicadores como herramienta de evaluación ecológica**
Impact of anthropic interventions on water quality in the El Carmen micro-watershed: A bioindicator-based ecological assessment
Alonso Cartuche-Paqui, Santiago García-Matailo, Raquel Hernández-Ocampo, Guillermo Chunchu-Morocho, Iván Burneo-Saavedra, Roberth Yaguana-Neira, Samantha Chunchu-Salas
- 75 **Evaluación de la calidad del agua en los ríos urbanos de Loja para la gestión sostenible de vertidos**
Water quality assessment of Loja's urban rivers for sustainable wastewater management
Christian Fernando León Celi, Jackelinne Andrea Castillo Villalta
- 87 **Experiencias laborales de los trabajadores municipales en calidad de sustitutos directos en el GAD del cantón Riobamba**
Work experiences of municipal employees acting as direct substitutes in the Riobamba cantonal GAD
Jessica Estefania Carrillo Solís, Lourdes Yessenia Cabrera Martínez

- 96 **Análisis de la cadena logística y la distribución física internacional del palmito ecuatoriano en el periodo 2019-2024**
Logistics chain analysis and international physical distribution of Ecuadorian hearts of palm, 2019–2024
Blanca Liliana Montenegro Obando, Lorena Elizabeth Ruano Enríquez, Iván Alirio Realpe Cabrera
- 108 **El simbolismo cultural de las marcas de textiles y su relación con la conexión marca-yo en la provincia de Imbabura**
The cultural symbolism of textile brands and its relation to brand-self connection in Imbabura Province
Jarol Jampier Fuel Toapanta, Katherine Johana Rodríguez Escobar, Félix Wilmer Paguay Chávez

Presentación

La Revista Axioma, en su trigésimo segundo número, reúne una serie de artículos que reflejan la diversidad de la investigación desarrollada por los investigadores del país. En las páginas de este número se presentan resultados de distintas universidades ecuatorianas —como la Universidad Politécnica Estatal del Carchi, FLACSO y la Universidad Nacional de Loja— que abordan diversas problemáticas desde un enfoque riguroso, crítico y comprometido con la transformación social.

Al leer este número, se pueden encontrar estudios de disciplinas como la arquitectura, la educación, la estadística aplicada, la sostenibilidad y el desarrollo territorial. Temas como la investigación en talleres de diseño arquitectónico, el uso de recursos digitales para el aprendizaje de las ciencias, la modelación geoes-tadística de la calidad del agua, el análisis del capital intelectual en el agro, así como el impacto de las actividades humanas en ecosistemas costeros, evidencian un fuerte vínculo entre la academia y los desafíos del entorno.

El Consejo Editorial de la Revista Axioma continúa su labor con la convicción de que la investigación

aporta significativamente al desarrollo. Trabajamos para consolidar este espacio como una plataforma de visibilización de la producción investigativa local y regional, en especial en el norte del Ecuador, una zona rica en diversidad humana, cultural y ecológica, pero que requiere todavía mayor presencia en los circuitos académicos nacionales e internacionales.

Siguiendo la inspiración de Ortega y Gasset (1930)¹, reafirmamos que la universidad no puede conformarse con formar técnicos. Debe formar personas cultas, comprometidas con el bien común, capaces de comprender el mundo con mirada crítica. Para lograrlo, la investigación científica debe ocupar un lugar central en la vida universitaria. Axioma responde a esa misión con humildad y firmeza, al impulsar el pensamiento propio desde nuestro territorio y al abrir sus páginas al descubrimiento de nuevas verdades.

Invitamos a nuestra comunidad académica y a nuestros lectores a acercarse a este nuevo número con el deseo de seguir construyendo, desde la ciencia, caminos de transformación.



Prorrectora PUCE Ibarra
Dra. Augusta Cueva Agila

¹ Ortega y Gasset, J. (1930). *La misión de la Universidad*. Revista de Occidente.

Estudio de caso

La investigación arquitectónica en la enseñanza del análisis de sitio: caso de estudio

Architectural research in the teaching of site analysis: A case study

Diego Uribe-Vega^{1*} , Gustavo Andrade-Coba¹

¹Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Ibarra

Fecha de recepción: 27/10/2024

Fecha de aceptación: 03/01/2025

Fecha de publicación: 30/06/2025

*Correspondencia: Diego Uribe-Vega. dsuribe@pucesi.edu.ec

Resumen

La incorporación de un enfoque investigativo en la enseñanza del taller de arquitectura tiene un impacto significativo en el desarrollo integral de los estudiantes. Este estudio de caso analiza la percepción de los alumnos sobre la implementación de la investigación arquitectónica en el taller IV de arquitectura impartido en la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, sede Ibarra, durante el período 2023-01. La metodología incluyó una revisión bibliográfica, observación participante y entrevistas no estructuradas con el coordinador de la asignatura. Los resultados evidenciaron una mejora en habilidades blandas, como el trabajo en equipo y la comunicación asertiva, así como en habilidades duras, como el manejo de herramientas digitales, el análisis de datos y el pensamiento crítico. Sin embargo, se identificó una dificultad en la traducción de la información recopilada al lenguaje arquitectónico. Los hallazgos revelan la necesidad de fortalecer estrategias didácticas que ayuden a los estudiantes a aplicar los resultados de su investigación en soluciones de diseño arquitectónico más estructuradas y coherentes.

Palabras clave: Diseño arquitectónico. Investigación arquitectónica. Metodología de diseño. Enseñanza de arquitectura. Análisis de sitio.

Abstract

The incorporation of a research-based approach in the teaching of architecture workshops has a significant impact on the holistic development of students. This case study analyzes students' perceptions of the implementation of architectural research in Architecture Workshop IV, taught at the Pontifical Catholic University of Ecuador, Ibarra campus, during the 2023-01 period. The methodology included a literature review, participant observation, and unstructured interviews with the course coordinator. The results demonstrated an improvement in soft skills, such as teamwork and assertive communication, as well as hard skills, including digital tool proficiency, data analysis, and critical thinking. However, a difficulty was identified in translating the collected information into architectural language. The findings highlight the need to strengthen didactic strategies that help students apply the results of their research to more structured and coherent architectural design solutions.

Keywords: Architectural design. Architectural research. Design methodology. Architecture education. Site analysis.

Introducción

El proceso de diseño

Dentro de la formación del arquitecto, entender el proceso de diseño arquitectónico es fundamental, ya que no solo implica una secuencia de fases destinadas a resolver un problema espacial, sino que abarca múltiples disciplinas que requieren conocimientos teóricos, prácticos y proyectuales (Gatell, 2019). Este proceso es flexible y adaptable, tal como señala Makstutis (2018), quien lo define como un conjunto de actividades colaborativas, iterativas y consultivas, orientadas a resolver necesidades espaciales específicas dentro del marco normativo y constructivo. Además, el enfoque del diseño puede variar según el tipo de proyecto, que abarca desde lo conceptual hasta lo funcional, lo que permite abordar cada propuesta desde perspectivas únicas y enriquecedoras.

Simitch y Val (2014) y Baper y Ismael (2024) refuerzan esta visión al destacar que la arquitectura es un proceso complejo y esencialmente abierto. Ellos subrayan la importancia del pensamiento crítico en el análisis, conceptualización y representación, elementos clave para desarrollar un lenguaje visual que estructure coherentemente el proceso. Lo cual hace eco de lo manifestado por Martínez-Vitor (2021), quien afirma que al igual que todas las disciplinas, la arquitectura crea su propio lenguaje y acercamiento técnico a raíz de la fundamentación teórica y la investigación; a esto se suma lo mencionado por Martínez Osorio (2013) quien añade que este proceso involucra dos componentes esenciales: el "artístico", que estimula la creatividad, y el "científico", que aporta rigor metodológico, asegurando que el diseño no se limita a la imaginación, sino que se fundamenta en un estudio sólido y estructurado. De igual manera, el estudio presentado por Izquierdo et al. (2024) demuestra que las metodologías de diseño arquitectónico comprenden tanto procesos mentales como creativos dentro de las fases de trabajo. Siguiendo esta línea, Park et al. (2023), citando a Schön (1984, 1987), reafirman que es en el Taller de Arquitectura donde los estudiantes aprenden conocimientos tanto teóricos como prácticos que posteriormente les permiten crear ideas de manera creativa para desarrollar una solución espacial.

El análisis de sitio y el enfoque investigativo

El análisis de sitio permite entender las interrelaciones que influyen en la percepción de los espacios urbanos (Gatell, 2019). Este análisis es fundamental para integrar el objeto arquitectónico dentro del contexto que lo rodea; además, es clave no sólo para abordar la forma y función del proyecto, sino también para incluir aspectos de habitabilidad y técnicas constructivas

(Yáñez, 1994; Park et al., 2023), lo que no solo aporta rigor científico al diseño, sino también ayuda a evitar decisiones sin fundamento, proporcionando un enfoque más estructurado (Martínez Osorio, 2013).

De la misma forma, el problema de diseño abarca todas las condiciones que el sitio presenta, las cuales deben integrarse armónicamente en un objeto arquitectónico (Alexander, 1964). Tal integración se vuelve más relevante hoy en día, donde el cambio climático, el crecimiento urbano descontrolado y el uso de tecnologías emergentes exigen una arquitectura más consciente y adaptada a las necesidades contemporáneas (Morales-Holguín y González-Bello, 2020). En este sentido, Pallasmaa (2020) sostiene que "la arquitectura ecológicamente consciente que hoy todos reclamamos no es la que lleva de vuelta hacia unas formas de construcción primitivas, sino la que conduce hacia una avanzada sofisticación tecnológica", la cual se alcanza a través de la innovación impulsada por la investigación. Así, el análisis de sitio se consolida como una herramienta fundamental para abordar los retos del diseño arquitectónico contemporáneo, permitiendo respuestas más informadas y sostenibles.

Además, diversos casos de estudio han demostrado que la investigación es una herramienta fundamental en el proceso de diseño, contribuyendo al desarrollo de habilidades duras y blandas. Un ejemplo de ello es la implementación del modelo "Círculo de Lectura Académica" (ARC) en el Departamento de Arquitectura de la Universidad Aalto en Finlandia, donde mediante estrategias como la lectura, la producción oral, los debates y el intercambio colectivo se evidenció una mejoría en habilidades blandas como la colaboración estudiantil, el trabajo en equipo y la participación activa en el aprendizaje, fortaleciendo la capacidad de investigación y pensamiento analítico (Vartola, 2024). De manera similar, en la Universidad Católica de Córdoba en Argentina, el modelo de "enseñanza-investigación" dentro del taller de arquitectura permitió que los estudiantes asuman un rol más activo en su formación a través de la creación de un entorno de intercambio de información entre alumno y maestro, donde se desarrollaron habilidades para comunicar información, exponer resultados y sustentar ideas mediante el pensamiento crítico, además de fomentar la indagación y el trabajo colaborativo (Moisset, 2013).

Tomando en cuenta estos antecedentes, el presente estudio adopta un enfoque similar al de Morales-Holguín y González-Bello (2020) en México, quienes evidenciaron cómo la recopilación de información sobre la percepción del profesorado, mediante encuestas y análisis estadísticos, permitió obtener una retroalimentación clave para mejorar el modelo educativo. Sus resultados destacaron la necesidad de actualizar y

adaptar las estrategias de enseñanza ante los desafíos de la globalización, la incorporación de nuevas tecnologías y la transformación digital.

El enfoque de esta investigación, en cambio, se centra en la percepción del estudiante sobre la implementación de la investigación arquitectónica en su formación. Para ello, se aplicará la metodología desarrollada por Martínez Zárte (1991) en su obra "Investigación aplicada al diseño arquitectónico: un enfoque metodológico" dentro del contexto de la enseñanza del análisis de sitio en el nivel IV de la carrera de arquitectura de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Sede Ibarra, específicamente en el periodo de enero de 2023. Se busca determinar una retroalimentación para la comunidad académica mediante un análisis de caso de estudio, identificando las habilidades duras y blandas que una enseñanza basada en la investigación puede generar en los estudiantes. Adicionalmente, se pretende destacar la necesidad de involucrar activamente al estudiante en su propia formación, fomentando así la autonomía y el compromiso para optimizar los resultados de aprendizaje y fortalecer su desarrollo académico y profesional (Bain, 2004).

Métodos

Para definir la metodología de este estudio, se buscó un enfoque que permitiera analizar de manera estructurada y ordenada variables clave como la naturaleza, la imagen urbana, la cultura y otros factores contextuales relevantes en el diseño arquitectónico. En este sentido, se consideró que la propuesta de Martínez, al ofrecer un marco metodológico integral para la investigación aplicada en arquitectura, era la más adecuada para guiar el proceso de análisis y recolección de datos. Esta propuesta tiene un enfoque investigativo cuyo objetivo es guiar al estudiante en el descubrimiento y desarrollo de sus habilidades en el ámbito de la investigación arquitectónica. Además, proporciona

una estructura ordenada de los procesos metodológicos, lo que permite disciplinar el pensamiento y adquirir un mayor entendimiento de los factores cualitativos, esenciales en una educación integral. Además, esta metodología capacita al estudiante o profesional para seguir un sistema riguroso, optimizando sus aptitudes creativas y permitiéndole aplicarlas de manera fructífera en el campo del diseño arquitectónico (Martínez, 1991).

Estructura de la metodología propuesta

Siguiendo esta línea, la metodología entiende que para el desarrollo del programa arquitectónico, un concepto fundamental a tener en cuenta es la interrelación contexto-usuario y el objeto a producir (Du y Yu, 2012; Martínez Zárte, 1991; **Figura 1**). Para alcanzar este nivel de comprensión, el autor propone un sistema estructurado que hace uso de procesos de investigación fácticos y objetivos, apoyándose en conceptos de investigación como las ciencias sociales, las matemáticas y la ingeniería de sistemas (Martínez Zárte, 1991).

De esta manera, la metodología se estructura en 3 fases interrelacionadas:

- 1. Análisis del contexto:** En esta fase inicial, se recolectan y analizan datos relacionados con la estructura del lugar. Se investiga el contexto físico (estructura climática, geográfica y ecológica); contexto social (estructura socioeconómica, sociológica y sociocultural) y contexto urbano (infraestructura, equipamiento e imagen urbana).
- 2. Análisis del objeto:** Se refiere al objeto arquitectónico a diseñar. En esta fase se analizan diferentes aspectos externos, como las causas, los materiales y los métodos de construcción; internos, como la función, la forma y la estructura del proyecto, así como aspectos relacionados con la percepción del espacio, la comodidad física y la interacción con el entorno.

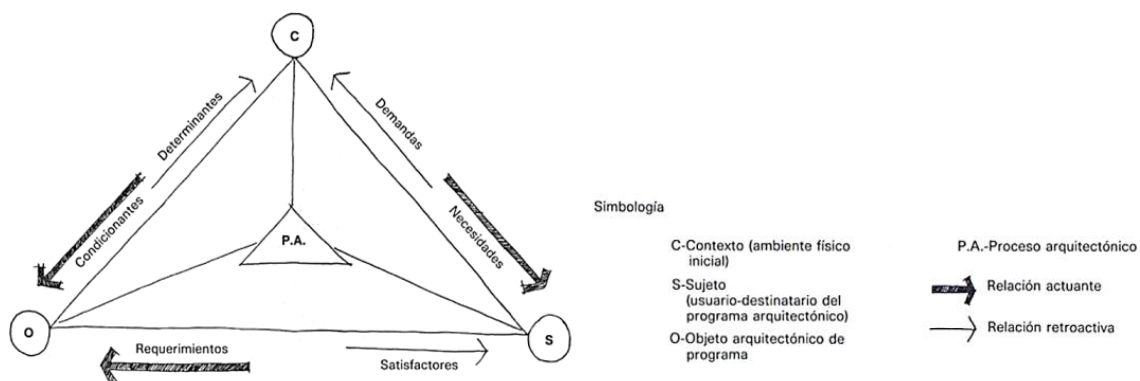


Figura 1. Elementos constitutivos para el desarrollo del programa arquitectónico.

Nota: Diagrama donde se representa las relaciones de los elementos constitutivos para el desarrollo del programa arquitectónico (Martínez, 1991).

3. Análisis del sujeto: Por último, se analiza al usuario en tres niveles diferentes: primero, el sujeto físico, que abarca las medidas corporales, la comodidad en el uso de los espacios y las actividades que realiza; segundo, el biológico, que se refiere a sus necesidades básicas, tanto fisiológicas como aquellas que han desarrollado con el tiempo; y tercero, el psicológico, que considera sus percepciones, emociones y el ambiente que necesita para sentirse bien.

En ese sentido, el método de trabajo constó de dos partes. En primer lugar, se aplicó la propuesta metodológica de Martínez dentro del Taller IV. Durante el curso, se adoptó el método de observación participante, en el cual los investigadores, en sus roles de docente y estudiante, registraron las impresiones de los estudiantes respecto al desarrollo de cada clase. Además, se evaluó el progreso individual y colectivo a lo largo del proceso sin que los estudiantes fueran advertidos, lo que permitió obtener una perspectiva más objetiva sobre su desempeño. Este método, ampliamente utilizado en investigaciones antropológicas, sociológicas, psicológicas y educativas, ofrece una ventaja significativa frente a otros instrumentos de recolección de datos, ya que permite un análisis en tiempo real del comportamiento y la evolución de los participantes (Ñaupas et al., 2014).

Además, se identificó y evaluó el desarrollo de habilidades duras y blandas en los estudiantes. La medición de habilidades duras se llevó a cabo a través del análisis de productos generados en cada parcial del taller, utilizando rúbricas de evaluación para aspectos como la precisión técnica, aplicación de normativas y uso de herramientas de representación arquitectónica. Por otro lado, el desarrollo de habilidades blandas, como el trabajo en equipo y la comunicación, se valoró mediante la interacción en actividades grupales e individuales y sesiones de autoevaluación sobre su proceso de aprendizaje.

Posteriormente, se realizó el análisis de los datos registrados, para lo cual se adoptaron dos estrategias clave para sustentar la discusión. Se comenzó construyendo un marco conceptual a través de una revisión bibliográfica sobre temas como la aplicación de metodologías de diseño arquitectónico con enfoque investigativo en el contexto académico; procesos de diseño, análisis de sitio y desarrollo de habilidades blandas y duras en el taller de arquitectura. Por último, con el objetivo de obtener un punto de vista que amplíe el alcance de la investigación, se realizaron sesiones de entrevistas no estructuradas con el coordinador de la materia con quien se tuvo la oportunidad de discutir sobre la estructuración del taller IV, así como de su importancia en la formación del estudiante, las técnicas que se deben plantear dentro del aula, y los resultados obtenidos a partir del análisis de este caso de estudio.

La asignatura Diseño Arquitectónico y Territorial IV, de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Sede Ibarra (2023-01), tiene como objetivo principal introducir la investigación de campo para comprender el entorno rural o urbano de un sector específico. Se centra en el análisis de aspectos históricos, sociales, económicos y del medio físico natural; además, se estudian sistemas constructivos locales, planteamientos estructurales y la materialidad del proyecto. Se explora la integración del paisaje y se analizan aspectos formales, espaciales y funcionales. A través de ella, se espera que los estudiantes desarrollen habilidades de trabajo en equipo, investigación, resolución de problemas y representación técnica, con el fin de diseñar propuestas arquitectónicas que respondan al contexto social y ambiental (Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra, 2019).

El taller se compone de tres parciales, cada uno enfocado en una aplicación progresiva del análisis de sitio con distintos grados de complejidad según el área de estudio, como se muestra en la **Figura 2**. En el primer parcial, se realizó un análisis preliminar en un territorio



Figura 2. Área de análisis de cada parcial.

Nota: Cada parcial corresponde un grado de complejidad de la aplicación de la metodología.

con un radio de 500 metros, que sirvió como introducción a los principios fundamentales del análisis del sitio. Posteriormente, en el segundo parcial, se amplió el enfoque hacia una escala sectorial, lo que implicó un nivel más alto de complejidad al considerar un radio mayor y factores más diversos. Finalmente, en el tercer parcial, se llevó a cabo un análisis a escala urbana, integrando las habilidades y conocimientos adquiridos en los casos anteriores para culminar el proceso de enseñanza en un contexto más amplio y desafiante.

Primer parcial: radio de 500 metros

En la primera clase del semestre, se introdujo la importancia del análisis del sitio dentro de la arquitectura. Se explicó que este estudio es una forma de entender cómo funciona el lugar donde se pretende plantear un proyecto arquitectónico. Su objetivo es encontrar las necesidades espaciales que requieren ser satisfechas dentro de un sector determinado para lo cual, se requiere una investigación. Para ello, el profesor comenzó a explicar los tres elementos esenciales: el análisis del contexto, el sujeto y el objeto arquitectónico a diseñar.

La asignación general para las siguientes dos semanas consistió en que cada estudiante realizara de manera individual un análisis del contexto del sector donde reside. Para ello, se impartió una clase introductoria sobre el uso de la aplicación Adobe InDesign, que, junto con Adobe Photoshop, se convertiría en una de las herramientas principales para la diagramación de la información y la presentación de los análisis en láminas.

A continuación, se comenzó a explicar el proceso de la investigación. El análisis del contexto se construye a partir de la recolección de datos de tres aspectos importantes:

1. **El contexto físico natural:** que se refiere al estudio de, por ejemplo, la temperatura del ambiente de la zona, la cantidad de precipitación que existe, la dirección del sol, la velocidad del viento, la humedad, la nubosidad; la topografía, la hidrografía, los límites del sector; la flora y la fauna.
2. **El contexto social:** que consiste en la recopilación de información acerca de aspectos demográficos como la población, los grupos etarios, la cultura, las tradiciones, la historia, entre otras.
3. **El contexto urbano:** en cambio, es una investigación que tiene que ver con el levantamiento de información relacionada con los recursos y equipamientos que un sector dispone. Se determina si dentro de la zona a investigar se tienen: todos los servicios básicos, como alcantarillado, energía eléctrica, internet y agua potable; se enumeran los equipamientos disponibles en la zona, el uso de

suelo, la disponibilidad de suelo, la altura de edificaciones; el tipo de implantación; el estudio de tipos de vías y la imagen urbana.

La primera tarea de la semana fue la investigación del **contexto físico**.

El profesor dotó a los alumnos de fuentes de información confiables, como por ejemplo el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología de Ecuador y páginas web como *Accuweather*, para la recolección de datos sobre el clima; *Google earth* y *Google Maps* para desarrollar la parte geográfica; y publicaciones como tesis o revistas científicas para la investigación de la parte ecológica.

La condición fue que, a partir de los datos recolectados, estos se deben representar visualmente por medio de gráficos y diagramas explicativos realizados a mano (posteriormente digitalizados) con una pequeña descripción textual.

Se realizaron mapas solares, diagramas de temperatura y precipitación, rosas de los vientos, gráficos de barras de precipitación, diagramas de lluvia, diagramas de confort térmico, diagramas de temperatura y humedad, diagramas de nubosidad y diagramas de velocidad del viento; cortes topográficos, mapas hidrográficos, mapas de ubicación y dibujos de plantas y animales característicos de la zona.

En ese sentido, el resultado de la asignación se presentó en cada clase. Cada estudiante expuso su presentación de *InDesign* frente a sus compañeros. Al mismo tiempo, con la ayuda del profesor, se interpretó esta información y se evaluó la rigurosidad de la información recopilada, así como la presentación formal del documento. Esta sección sirvió como un punto de apoyo para optimizar el producto presentado mediante la retroalimentación del docente.

La segunda tarea consistió en la realización del **análisis del contexto social**.

El docente guió a los alumnos con fuentes consultables, por ejemplo: el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) y los Planes de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDyOT) para recoger información sobre la demografía, así como libros digitales, físicos y cuentas oficiales del municipio o de medios de comunicación, para recolectar información sobre la cultura, las tradiciones e historia del lugar. Los datos fueron representados visualmente a través de diagramas estadísticos, líneas de tiempo e imágenes representativas de la cultura, la vocación y las tradiciones del lugar. Además, cada estudiante tenía la asignación de crear collages que reflejaran la esencia del contexto.

Finalmente, como en el caso anterior, se expuso la presentación realizada, se interpretó la información recopilada y se recogió la retroalimentación sugerida por el profesor para cada estudiante.

Por último, se realizó el **análisis del contexto urbano**.

Para concretar esta información, se asignó a los estudiantes la tarea de recopilar datos que luego debían ser representados mediante mapas, cortes y planos urbanos. Para ello, se utilizaron herramientas digitales como *AutoCAD*, *Adobe Photoshop*, *Adobe Illustrator*, *Google Maps* y *Google Earth*.

Esta fue la fase más crítica del análisis del sitio, porque requirió varias visitas al lugar. Se realizaron levantamientos de distintos tipos de datos, tales como el uso de suelo, las alturas de edificaciones, la forma de implantación, las redes de infraestructura y los tipos de vías, los cuales fueron representados en mapas.

En este punto, se analizaron los tipos de equipamientos presentes (o su ausencia) en el sitio, lo cual requirió comprender los radios de influencia que tiene cada uno. El docente explicó que los equipamientos se clasifican según su uso y el área de servicio, incluyendo recreativos, culturales, religiosos, educativos, administrativos, de bienestar social y de seguridad. Dependiendo de su tipo y escala, cada equipamiento tiene un radio de influencia específico dentro del cual una necesidad de la población se atiende de manera adecuada.

Asimismo, se explicó que para comprender la imagen urbana, se tienen en cuenta aspectos como la altura, el sistema constructivo, la materialidad, la geometría y el estilo de las edificaciones representativas del lugar. Para poder visualizar este apartado, fue necesaria la creación de lienzos urbanos, elaborados a partir de una visita al sitio, la captura de fotografías y posteriormente la edición de estas.

Después de eso, se procedió con la exposición, la interpretación de datos y evaluación correspondiente dentro de la clase en compañía del docente.

Finalizado el análisis del contexto, se continuó con el **análisis del objeto arquitectónico a diseñar**.

Para realizar este análisis, el profesor asignó la tarea de revisar e interpretar toda la información extraída con el objetivo de desarrollar un diagnóstico que determine una necesidad. Luego, se determinó una propuesta arquitectónica que mitigue la necesidad prioritaria del sitio.

Este primer acercamiento solo fue una introducción hacia la aplicación del análisis del sitio, por lo que solo se llegó a la fase del análisis del objeto.

Segundo acercamiento: escala sectorial

Para el segundo acercamiento, se llevó a cabo el análisis del Barrio La Victoria. Debido a que abarcaba un área extensa y requería la recopilación de una gran cantidad de información, la investigación se organizó en equipos conformados por todos los estudiantes del curso. Se asignaron grupos específicos para analizar los aspectos sociales y físico-naturales, ya que estos podían estudiarse a partir de fuentes virtuales sin necesidad de desplazamiento. En cuanto al análisis urbano, al implicar un mayor número de variables, se abordó de manera conjunta. Para ello, algunos estudiantes se encargaron de recopilar datos sobre la infraestructura, mientras que otros analizaron el uso del suelo. Además, se conformaron equipos para la elaboración de lienzos urbanos y la representación gráfica de cortes de calles, permitiendo así una distribución eficiente del trabajo.

Una vez recopilada toda la información, se usaron medios como *Google Drive* y *WhatsApp* para compartir la información. Cada estudiante elaboró su propia presentación, que luego expuso en la clase (**Figura 3**).

Para la siguiente fase, **el análisis del objeto**, con el fin de obtener distintos puntos de vista e identificar una necesidad espacial que debe ser cubierta, cada estudiante realizó su propio diagnóstico. Posteriormente, cada uno expuso su propuesta frente a la clase. Se generó un debate en el cual se discutió cuál de las propuestas arquitectónicas presentadas era la más conveniente. En esta actividad participaron todos los estudiantes con la guía del profesor. Como resultado, se definió el tipo de edificio que se va a diseñar. Además, se decidieron aspectos como la escala del edificio, su capacidad, el sistema constructivo, el nivel de especialización, entre otros.

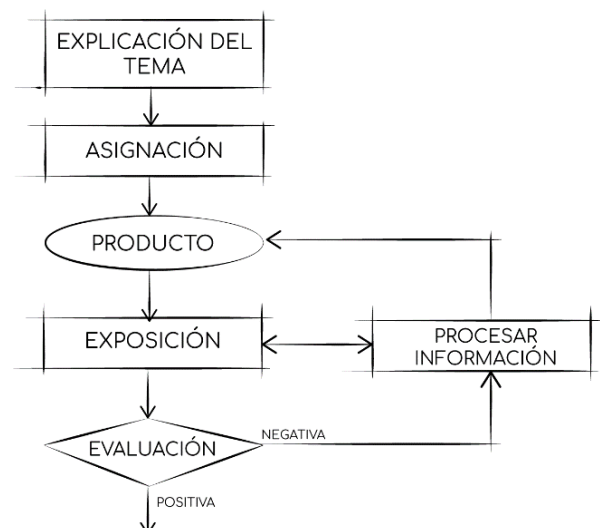


Figura 3. Estructura de la clase.

Habiendo definido el proyecto a desarrollar, se continuó con el análisis del sujeto, etapa fundamental para comprender las necesidades específicas de los usuarios y garantizar que el diseño responda adecuadamente a ellas.

Este análisis se llevó a cabo a través de la definición del programa arquitectónico. Para ello, en primer lugar, se identificaron y propusieron las actividades que deberían desarrollarse. Con el objetivo de enriquecer este proceso, se organizó una mesa redonda en la que cada estudiante expuso sus ideas y perspectivas sobre los espacios que deberían incluirse en la propuesta. Durante la discusión, se tomaron en cuenta factores como la funcionalidad de cada área, la relación entre los distintos espacios, las necesidades específicas de los usuarios y los requisitos normativos aplicables.

A medida que avanzaba el debate, se analizaron casos de referencia y se contrastaron con las condiciones y expectativas del proyecto. Se enlistaron ideas y, a continuación, cada estudiante desarrolló su propuesta de programa arquitectónico. Para ello, se elaboró la matriz de doble entrada, donde se contraponían los espacios con variables como: tipo de espacio (público, semipúblico, privado, servicios, complementarios y estacionamiento); usuario, número de personas, necesidad solventada, actividad planteada, tipo de iluminación y ventilación (natural o mecánica); mobiliario requerido, distribución antropométrica, dimensiones; área del ambiente y área total del proyecto.

Determinadas estas variables, se continuó con el proceso formal del diseño.

Tercer acercamiento: escala urbana

Durante el tercer acercamiento, se siguió el mismo proceso de análisis del contexto, objeto y usuario, esta vez en la zona urbana del cantón Cotacachi, en la provincia de Imbabura, Ecuador. En este caso, el análisis se centró en un entorno urbano con características más complejas, lo que permitió a los estudiantes realizar una evaluación más profunda del contexto social-cultural, económico y ambiental. Por lo cual se optó por la estrategia del trabajo en equipo.

Resultados y discusión

Se evidenció una secuencia de enseñanza bien estructurada, como resultado de la aplicación de la metodología propuesta por Martínez, lo que permitió establecer un procedimiento sistemático que facilitó la comprensión y correcta ejecución del análisis de sitio. La metodología se organizó en acercamientos, incorporando niveles de análisis más complejos conforme avanza el taller. Este enfoque escalonado

permitió que los estudiantes interiorizaran gradualmente los aspectos teóricos y metodológicos sin sentirse abrumados por la amplitud y el carácter interdisciplinario del tema.

Para lograrlo, se emplearon estrategias como la segmentación del contenido siguiendo la estructuración metodológica propuesta por Martínez; el uso de ejercicios prácticos guiados y la retroalimentación constante durante cada etapa del proceso. Además, se promovió la correlación entre la teoría y la práctica a través de la aplicación directa de los conceptos en estudios de caso reales, lo que incentivó la reflexión crítica y el desarrollo de habilidades analíticas. Estas estrategias no solo facilitaron la asimilación del contenido, sino que también permitieron a los estudiantes identificar patrones y establecer relaciones entre los distintos factores que influyen en el análisis de sitio.

La aplicación de la metodología en el aula propició el desarrollo integral de los estudiantes, fortaleciendo tanto habilidades blandas como duras. Desde el inicio, la gran cantidad de información requerida impulsó a los estudiantes a buscar estrategias eficientes para la recopilación y análisis de datos. Para ello, se organizaron en equipos de trabajo, lo que no solo optimizó la división de tareas, sino que también fomentó la colaboración, la comunicación efectiva y la capacidad de resolución de problemas en un entorno grupal.

El desarrollo de habilidades blandas fue evidente a lo largo del proceso. La estructura metodológica del curso, basada en exposición, procesamiento de información, evaluación y finalización con retroalimentación (**Figura 3**), permitió a los estudiantes asumir un rol activo en su aprendizaje. Las constantes exposiciones y discusiones grupales potenciaron sus habilidades comunicativas, mientras que la interacción con sus compañeros y el intercambio de ideas fortalecieron su capacidad de argumentación y pensamiento crítico. Además, la necesidad de coordinarse dentro de los equipos promovió la gestión del tiempo y la responsabilidad compartida, aspectos clave en el ejercicio profesional de la arquitectura.

Paralelamente, el desarrollo de habilidades duras se manifestó en la progresión técnica de los estudiantes. La interpretación de datos cuantitativos y cualitativos exigió un alto nivel de comprensión, análisis y síntesis, lo que les permitió mejorar su criterio en la selección de fuentes confiables y el manejo de herramientas especializadas para la representación gráfica de información. Al analizar la evolución de sus entregas, se observó que, al inicio del taller, la destreza en el uso de programas de maquetación digital

y diagramación era limitada. No obstante, a medida que avanzaban en el curso, los trabajos presentaron una mayor precisión gráfica, estructuración y claridad en la exposición de datos, evidenciando un proceso de aprendizaje progresivo (Figura 4).

Además, se implementaron estrategias como debates y mesas redondas, las cuales incentivaron la participación activa de los estudiantes en su proceso de aprendizaje. Estas dinámicas no solo les permitieron evaluar diferentes perspectivas y tomar decisiones fundamentadas en argumentos sólidos, sino que también fortalecieron su pensamiento crítico y sistémico. Como resultado, se observó una diversidad en la representación de la información. Mientras algunos estudiantes utilizaron diagramas de barras, otros optaron por gráficos de pastel; algunos

presentaron matrices de doble entrada, y otros emplearon esquemas con porcentajes. Esta variedad reflejó distintas formas de interpretar y estructurar los mismos datos, evidenciando un proceso analítico individualizado y una apropiación más profunda del contenido (Figura 5).

A la luz de estos resultados, se puede coincidir con los autores Simitch y Val (2014), quienes manifestaron que, para la creación de un lenguaje visual, es vital la implementación y desarrollo de un pensamiento crítico en el análisis, conceptualización y representación de la información en la investigación. Tal como se vio en el caso de estudio, los estudiantes desarrollaron una comprensión más amplia de los datos cuando los representaron en diagramas y gráficos.



Figura 4. Evolución del trabajo presentado.

Nota: Se observa la evolución de la capacidad del estudiante de diagramar y sintetizar información en programas de maquetación digital.

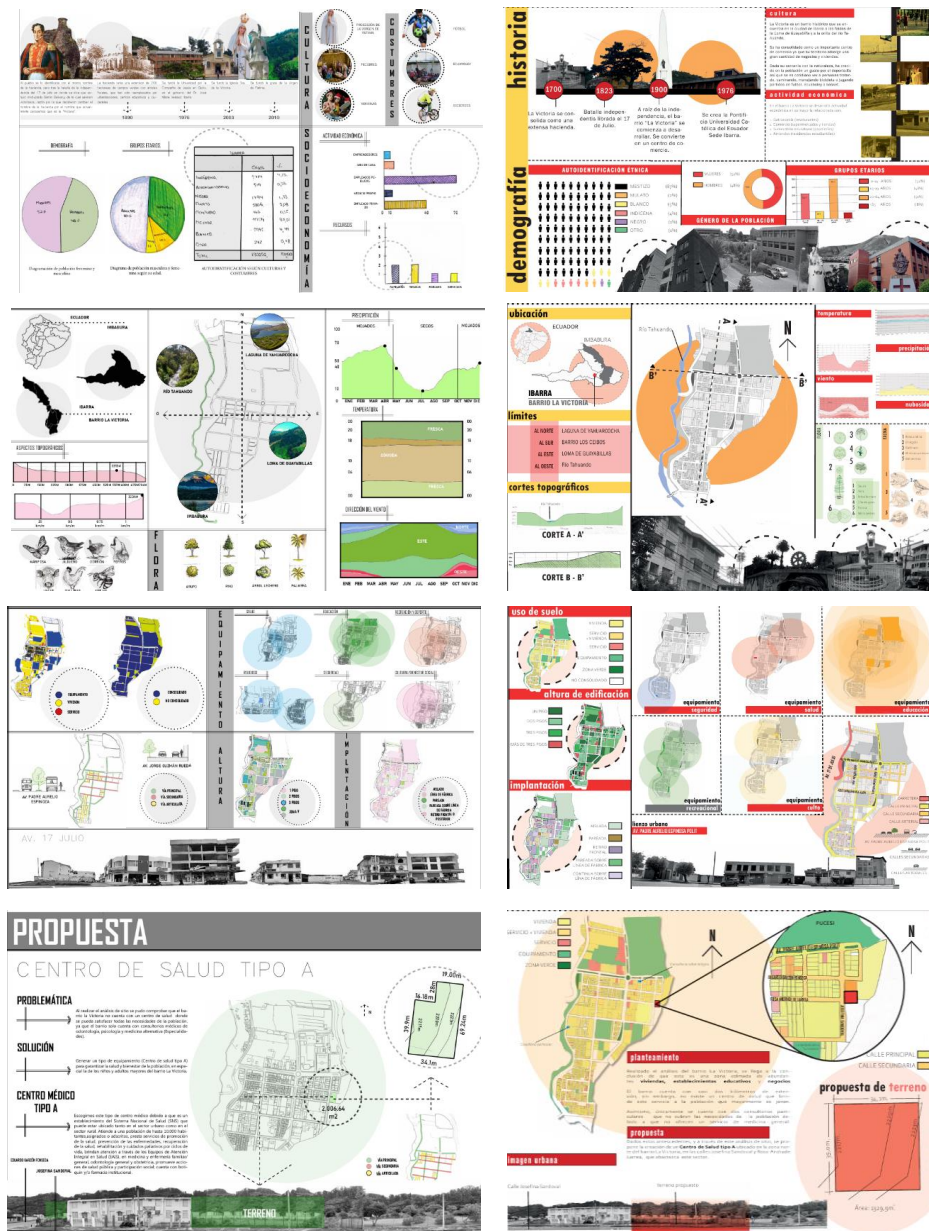


Figura 5. Comparación de distintas representaciones de los mismos aspectos investigados.
Nota: Elaborado por estudiantes del curso.

Al mismo tiempo, se logró observar que cada estudiante tenía una forma de trabajar distinta a la del resto. Así, las presentaciones expuestas en clase se enriquecían con la aportación que cada estudiante daba a los datos. Lo que recuerda lo mencionado por Makstutis (2018), quien sostiene que el proceso de diseño arquitectónico es único según la persona que lo realiza; y a la vez se comprueba que, esencialmente, la arquitectura contiene un componente “artístico” que enriquece la propuesta creativa y el enfoque científico, que se encuentra en el rigor de la investigación. (Martínez Osorio, 2013; Izquierdo et al., 2024).

Retomando los antecedentes, se puede mencionar que, tal como sucedió en el caso de Moisset (2013) y Vartola (2024), la aplicación de un enfoque

investigativo (metodología de Martínez) dentro de la enseñanza, en este caso, del análisis de sitio, se desarrollaron habilidades de investigación, pensamiento crítico y analítico, así como también se observó una participación activa y una mayor colaboración entre estudiantes para el trabajo.

Sin embargo, es importante destacar que no se logró aplicar plenamente toda la investigación realizada. Aunque se recopilaban datos sobre aspectos climáticos, urbanos, sociales, arquitectónicos y antropométricos, no se logró establecer una relación clara que permitiera integrar estos aspectos de manera efectiva en el proceso de diseño. Esto limitó la posibilidad de generar una propuesta arquitectónica sostenible y en sintonía con el contexto. No es un caso

aislado; el estudio analizado por AboWardah (2020) presenta resultados similares que determinan la relevancia que requiere la fase intermedia entre el diseño y la investigación, dentro de la cual se enmarca la integración de las variables investigadas como un desafío importante para los estudiantes de arquitectura.

Con base en la entrevista realizada con el coordinador del área, se pudieron evaluar y discutir aspectos clave relacionados con el desarrollo del proceso de diseño arquitectónico en el contexto académico. El coordinador destacó la importancia de que cada estudiante sea capaz de generar su propio camino en el proceso de diseño, remarcando que la arquitectura no solo trata de decisiones técnicas o funcionales, sino que contiene un componente creativo esencial. Este componente se nutre de los datos disponibles, así como de los recursos que el estudiante puede utilizar en ese momento. Según el coordinador, este es uno de los pilares más importantes para interpretar y aplicar la información del análisis de sitio.

En particular, se discutió cómo el análisis de sitio se convierte en un recurso indispensable en el proceso creativo, ya que permite a los estudiantes no solo recopilar información, sino también transformarla en una herramienta activa en sus propuestas. Durante la entrevista, el coordinador hizo énfasis en la manera en que las presentaciones de los estudiantes reflejaron la diversidad de enfoques: cada uno representó los datos de manera distinta, lo que enriqueció las discusiones en clase y aportó nuevas perspectivas tanto para sus compañeros como para el docente.

Sin embargo, el coordinador también subrayó las dificultades que algunos estudiantes enfrentaron para integrar esta información de manera coherente en sus proyectos de diseño. Aunque los datos se habían recolectado correctamente, el desafío principal fue traducirlos al lenguaje arquitectónico. Esto puso en evidencia una necesidad pedagógica: fortalecer la capacidad de los estudiantes para vincular la información obtenida con las decisiones de diseño, de forma que respondan no solo a consideraciones estéticas, sino también a las demandas funcionales y contextuales del proyecto.

La entrevista reveló además que el verdadero rigor y relevancia del diseño arquitectónico yace en el proceso proyectual que nace de la investigación del análisis de sitio. Este proceso investigativo permite a los estudiantes generar soluciones más fundamentadas, no solo desde un punto de vista técnico, sino también en términos sociales y ambientales. Es aquí donde radica el valor del análisis de sitio como fundamento del diseño, ya que las decisiones que se toman en el proyecto se basan directamente en la interpretación de los datos contextuales.

En conclusión, la conversación con el coordinador dejó claro que, aunque los estudiantes han demostrado habilidades importantes como el trabajo en equipo y la representación gráfica de los datos, es necesario fortalecer el enfoque en cómo integrar esa información en el proceso de diseño. Se sugiere que dentro de este mismo proceso se adhiera una fase donde se guíe al estudiante en la comprensión y aplicación de la información obtenida con el objetivo de mitigar la necesidad hallada.

Conclusiones

La aplicación de la investigación arquitectónica a través de la metodología propuesta fomentó espacios de discusión y aprendizaje, como mesas redondas y debates, que contribuyeron al desarrollo tanto de habilidades duras como blandas. Entre las habilidades duras, se fortaleció el uso de herramientas digitales de diagramación y dibujo, la identificación de fuentes y publicaciones confiables para la recolección de datos, así como el análisis crítico de la información obtenida. Por otro lado, en cuanto a habilidades blandas, se promovió el trabajo en equipo, la comunicación asertiva y la toma de decisiones fundamentadas.

Además, los trabajos presentados en clase destacaron la importancia de permitir a los estudiantes interpretar y representar los datos desde su propia perspectiva, lo que favoreció el desarrollo de enfoques creativos en el proceso de diseño. La exposición de sus análisis frente a la clase no solo enriqueció sus ideas individuales, sino que también fortaleció su capacidad de argumentación y retroalimentación en un entorno colaborativo.

Un desafío clave que se identificó a través de este análisis fue la dificultad de los estudiantes para integrar la información dentro del lenguaje arquitectónico. Esto sugiere la necesidad de reforzar la enseñanza en la fase final del proceso de investigación, para que los estudiantes comprendan mejor cómo aplicar los datos obtenidos en soluciones arquitectónicas coherentes y sostenibles.

A partir de los resultados, se recomienda identificar e implementar estrategias didácticas que ayuden a los estudiantes a conectar de manera más efectiva los resultados de la investigación realizada durante el análisis de sitio dentro de sus propuestas de diseño. Asimismo, es importante reconocer que la educación debe ser un proceso en constante evolución, adaptándose a los avances tecnológicos y metodológicos para responder a las necesidades cambiantes del campo arquitectónico. En este sentido, la integración y evaluación de software especializado, como *Snazzy Maps*, *CadMapper*, *SunEarthTools* y *ArcGIS*, entre otros, pueden contribuir a perfeccionar la

investigación y proporcionar un análisis más detallado y preciso, lo que resulta esencial para optimizar la enseñanza y fortalecer las competencias de los estudiantes.

Agradecimientos

A mis compañeros quienes cursaron la asignatura conmigo, a quienes corresponden varias de las imágenes utilizadas.

Fuente de financiamiento

Esta investigación no recibió financiamiento externo.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Referencias

- AboWardah, E. S. (2020). Bridging the gap between research and schematic design phases in teaching architectural graduation projects. *Frontiers of Architectural Research*, 9(1), 82–105.
- Alexander, C. (1964). *Notes on the Synthesis of Form*. Harvard University Press.
- Bain, K. (2004). *Lo que hacen los mejores profesores de universidad*. Universitat de València.
- Baper, S. Y., y Ismael, Z. K. (2024). The Impact of Site Contexts in Increasing the Diversity of Architectural Concepts: Using an Interactive Architectural Approach. *Buildings*, 14(8), 2567. <https://doi.org/10.3390/buildings14082567>
- Du, H.-M., y Yu, W.-D. (2012). *The Study of Graphic Design Encoding Based on Knowledge Coupling*. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 51, 480–488. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.08.193>
- Gatell, A. (2019). *Significado del proceso de diseño en la formación del arquitecto*. Particularidades en Cuba. *Revista de La Facultad de Arquitectura de La Universidad Autónoma de Nuevo León*, XIII(19), 72–88. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?>
- Izquierdo, H., Rodríguez, I., Ponsot, E., y Briceño, M. (2024). *Libro de resúmenes: VI Congreso de Investigación e Innovación y VI Congreso de Lectura y Escritura en la Sociedad Global*. 58–60. www.pucesi.edu.ec
- Makstutis, G. (2018). *Procesos del diseño en arquitectura*. Promopress.
- Martínez Osorio, P. (2013). *El proyecto arquitectónico como un problema de investigación*. *Revista de Arquitectura*, 15, 54–61. <https://doi.org/10.14718/RevArq.2013.15.1.6>
- Martínez Zárate, R. (1991). *Diseño Arquitectónico Enfoque Metodológico*. Editorial Trillas. Distrito Federal, México. 174 p.
- Martínez-Vitor, C. F. (2021). *La investigación proyectual como estrategia didáctica en el proyecto del Taller de Diseño Arquitectónico*. *Revista de Arquitectura*, 23(2), 58–70. <https://doi.org/10.14718/revarq.2021.3294>
- Moisset, I. (2013). *Enseñar-investigar arquitectura*. *Limaq*, 49–65. <https://doi.org/10.26439/limaq2015.n001.352>
- Morales-Holguín, A., y Gonzalez-Bello, E. O. (2020). *Teaching and use of design method in Mexico. Professors' perceptions*. *Formacion Universitaria*, 13 (1), 35–42.
- Pallasmaa, J. (2020). *Animales Arquitectos*, 1a ed. Gustavo Gili.
- Park, E. J., Lee, K., y Kang, E. (2023). The impact of research and representation of site analysis for creative design approach in architectural design studio. *Thinking Skills and Creativity*, 48, 101271. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2023.101271>
- Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra. (2019). *Syllabus de Diseño Arquitectónico y Territorial IV*. Facultad de Arquitectura.
- Ñaupas, H., Mejía, E., Novoa, E., y Villagómez, A. (2014). *Metodología de la investigación: Cuantitativa - Cualitativa y Redacción de la Tesis, 4ta Edición*.
- Simitch, A., y Val, W. (2014). *Fundamentos de la arquitectura Los 26 principios que todo arquitecto debe conocer*.
- Vartola, A. (2024). *Research Education for Architecture Students – Case Study of an Academic Reading Circle*. *Architectural Research in Finland*, 8(1), 195–213. <https://doi.org/10.37457/arf.146878>
- Yáñez, E. (1994). *Arquitectura, teoría, diseño y contexto*.

Recursos digitales para el aprendizaje de las especies invasoras de las Islas Galápagos

Digital resources for learning about invasive species of the Galápagos Islands

Deniz Barreto^{1,2*} , Marco Heredia-R^{3,4}

¹Universidad Politécnica Estatal del Carchi (UPEC) Ecuador

²Universidad Católica Andrés Bello (UCAB) Venezuela

³Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ) Ecuador

⁴Universidad de Valencia (UV) España

Fecha de recepción: 24/04/2024

Fecha de aceptación: 06/01/2025

Fecha de publicación: 30/06/2025

*Correspondencia: Deniz Barreto. deniz.barreto@upec.edu.ec

Resumen

Los recursos digitales impulsan la calidad de la educación y tienen la capacidad de aproximación, ya que las realidades remotas se pueden aprender en el aula. La finalidad fue evaluar los recursos digitales que facilitan la asimilación y refuerzo de los contenidos educativos sobre las especies invasoras en las Islas Galápagos. Los participantes fueron alumnos de tercero de bachillerato que habitan en las Islas Galápagos. Se crearon 4 recursos digitales con contenidos educativos sobre las especies invasoras, se utilizaron las plataformas: Worwall (*Felis catus*), Genially (*Crotophaga ani*), Quizizz (*Philornis downsi*), Mobytt (*Rubus niveus*). Se aplicaron 40 encuestas con opciones de respuestas dicotómicas y politómicas. Para la validación, se siguieron los principios de la técnica Delphi; para el tratamiento de datos se utilizó la plataforma Kobotoolbox y SPSS Statistics. Se evidenció que existe un 51% de mujeres, y el 49% han nacido en las islas. Además, el 86% y el 79% no tiene internet ni una computadora en casa, respetivamente. Los estudiantes (68%) consideran que el internet de la unidad educativa no es de buena calidad y no es accesible para todos. No existe un hábito de lectura, pero sí han recibido charlas sobre las especies invasoras. El 41% de los estudiantes que viven en la zona urbana ha recibido algún tipo de beca para conocer sobre especies invasoras. Los estudiantes de la zona rural no conocen los impactos económicos de las especies invasoras y desconocían qué eran los recursos digitales. Las plataformas con mejor aceptación para la enseñanza fueron Quizizz y Mobytt. Por lo tanto, los recursos digitales sí facilitan la asimilación y fortalecen los procesos de enseñanza sobre especies invasoras.

Palabras clave: Educación. Enseñanza. Especies invasoras. Recursos digitales.

Abstract

Digital resources boost the quality of education, they have the ability to approximate, since remote realities can be learned in the classroom. The purpose was to evaluate the digital resources that facilitate the assimilation and reinforcement of educational content on invasive species in the Galapagos Islands. The participants were third-year high school students living in the Galapagos Islands. Four digital resources were created with educational content on invasive species, the platforms were used: Wordwall (*Felis catus*), Genially (*Crotophaga ani*), Quizizz (*Philornis downsi*), Mobytt (*Rubus niveus*), 40 surveys with response options were applied. dichotomous and polytomous, for validation the principles of the Delphi technique were followed; The Kobotoolbox platform and SPSS Statistics were used for data processing. It was evident that there are 51% women, and 49% were born on the islands. Furthermore, 86% and 79% do not have internet or a computer at home, respectively. Students (68%) consider that the educational unit's internet is not of good quality and is not accessible to everyone. There is no reading habit, but there have been talks about invasive species. 41% of students who live in urban areas have received some type of scholarship to learn about invasive species. Students in rural areas do not know the economic impacts

of invasive species and they did not know what digital resources are. The platforms with the best acceptance for teaching were Quizizz and Mobytt. Therefore, digital resources do facilitate assimilation and strengthen teaching processes about invasive species.

Keywords: Education. Teaching. Invasive species. Digital resources.

Introducción

Los recursos digitales en la educación se ajustan a la teoría del constructivismo (Almulla, 2023). Esta teoría sostiene que el aprendizaje es un proceso activo donde los estudiantes construyen su propio conocimiento a través de la interacción con el entorno y la experiencia (Angraini *et al.*, 2024). En el contexto de los recursos digitales, facilitan la construcción de conocimiento mediante la interacción, la exploración y la participación activa de los estudiantes en su aprendizaje y se adaptan para satisfacer las necesidades individuales de los estudiantes y fomentar un aprendizaje autónomo y significativo (Seraji y Osadat-Musavi, 2023).

El recurso digital es una herramienta cuyo uso intencional es educativo y sirve para potenciar el aprendizaje (Jiménez y Ortiz, 2018), actúa como soporte de nuevos contenidos educativos (Pineda-Sánchez, 2018) y permiten el desarrollo sensorial de la visión y audición (Cardoso *et al.*, 2022). Los recursos digitales ayudan a mejorar el ambiente en el aula, para que el proceso de enseñanza-aprendizaje sea más atractivo (Haleem *et al.*, 2022), además tiene varias ventajas como: permite a los estudiantes comprender procesos o conceptos por medio de la simulación, facilita el autoaprendizaje, y permite acceso totalmente gratuito (Ruiz-Macías y Duarte, 2018).

Los recursos digitales tienen las características de tiempo y espacio ilimitados, copia gratuita, soporte para diferencias individuales (Liu *et al.*, 2019), y brindan a los estudiantes y docentes la oportunidad de adquirir materiales de aprendizaje y enseñanza de alta calidad, lo que impulsa la calidad de la educación (Zhang *et al.*, 2010). Generalmente se han desarrollado programas de formación docente o programas de desarrollo profesional (Mumtaz, 2000; Pynoo, 2018), sin embargo, se ha prestado poca atención a la exploración del nivel de aceptación y los factores que inciden en el uso de los recursos digitales por parte de los estudiantes en instituciones educativas.

El potencial de la tecnología se ha utilizado para garantizar la educación para todos, es decir ofrecer una educación obligatoria de buena calidad para todas las personas (Burnett, 2008). Sin embargo, en términos de calidad las zonas remotas como las islas parecen estar menos calificadas que sus pares continentales urbanos (Urquiza *et al.*, 2020; Izurieta *et al.*, 2018).

El desarrollo de competencias en torno a los recursos digitales, es esencial trabajar de forma colaborativa y apoyar el aprendizaje individual (Salcedo-Aparicio *et al.*, 2020); además es imprescindible que el docente comprenda: el nuevo rol pedagógico, la transición hacia los recursos digitales y el estilo de enseñanza (Martínez y Huamaní, 2021). Los recursos digitales tienen la capacidad de aproximación, ya que las realidades remotas se pueden aprender en el aula (Heredia-R y Torres, 2019), es el caso de las 1.478 especies invasoras terrestres y marinas establecidas en las islas Galápagos (Toral-Granda *et al.*, 2017), el patrimonio mundial de las islas, solo conservará sus valores de alta biodiversidad endémica, si se gestionan efectivamente las vías de invasión y existe una cultura educativa hacia la sostenibilidad y conservación (Heredia-R *et al.*, 2021).

Alrededor del 46% de las especies invasoras registradas fueron introducidas intencionalmente por los humanos, principalmente plantas, pero también mamíferos, aves, reptiles, peces, etc. (Toral-Granda *et al.*, 2017), algunos de los impulsores para las introducciones intencionales incluyen la expansión de asentamientos humanos, el deseo de llevar estilos de vida similares a los del continente y una falta de conciencia sobre las posibles consecuencias de la introducción de las especies invasoras (Gardener y Grenier, 2011).

Para las islas Galápagos las especies invasoras son la amenaza más grande a la biodiversidad (Buddenhagen y Tye, 2015), las primeras especies invasoras (ratas y cabras) fueron introducidas por los balleneros y bucaneros entre 1685 y 1850 (Atkinson *et al.*, 2012). La agricultura en las islas siempre se ha basado en la introducción de especies no nativas, que se han convertido en plagas (Driscoll, *et al.*, 2014). Han existido 26 proyectos fallidos para la erradicación de especies invasoras (Gardener *et al.*, 2010); se han señalado varios obstáculos o barreras para la erradicación: 1) esfuerzos y tiempo insuficientes, 2) no existe una técnica de control, 3) ineficiencia administrativa para la gestión de permisos, 4) mala gestión del tamaño y tiempo de los programas para la erradicación y 5) falta de voluntad política, reducción de presupuestos y precaria educación de prevención (Buddenhagen y Tye, 2015). El objetivo general fue: evaluar los recursos digitales que facilitan la asimilación y refuerzo de los contenidos educativos sobre las especies invasoras en las Islas Galápagos.

Métodos

Zona de estudio

El estudio se realizó en la Unidad Educativa Fiscomisional San Francisco de Asís, creada en 1996, localizada en la parroquia urbana Puerto Ayora del cantón Santa Cruz en las Islas Galápagos (**Figura 1**), declaradas como: Patrimonio Natural de la Humanidad en 1975, provincia del Ecuador en 1976; Reserva de Biosfera de la UNESCO en 1984, sitio Ramsar en 2001, Reserva Marina Galápagos en 1998 por su diversidad endémica (Blake *et al.*, 2021; Toulkeridis y Angermeyer, 2019; Delgado-Maldonado, *et al.*, 2023; Barreto-Álvarez *et al.*, 2020).

Creación, construcción y presentación de los recursos digitales

Los recursos digitales creados siguieron los principios de innovación tecnológica: 1) finalidad e intencionalidad, 2) licencia de acceso gratuita, 3) capacidad de adaptación y modificación, 4) capacidad de ser reutilizable y 5) autonomía (Fiedler de Gordón, 2020).

Cada recurso digital creado y construido tuvo los siguientes componentes: 1) el soporte: infraestructura digital; 2) el contenido: mensaje educativo; y 3) el servicio. procesos de enseñanza (Triquell y Vidal, 2007).

Los cuatro recursos digitales creados y construidos (**Tabla 1**) se realizaron durante tres meses (octubre 2023 – diciembre 2024). Para su validación se siguieron los principios de la técnica Delphi y se creó un taller en el que participaron 8 investigadores expertos y actores involucrados en proyectos de innovación educativa. Estos expertos evaluaron cada recurso según los principios de innovación tecnológica y los componentes de creación y construcción (Parejo *et al.*, 2024). Los recursos digitales sobre las especies invasoras, se tipificaron en función de la incidencia en el entorno natural (FCD y WWF 2018). La presentación de los cuatro recursos digitales a los estudiantes se realizó en las instalaciones de la unidad educativa (**Figura 1**).

Cada recurso digital fue presentado por 8 minutos, donde los estudiantes tuvieron la capacidad de interactuar, jugar y responder a las interrogantes planteadas (4 preguntas por recurso digital), en total el tiempo de la presentación de los 4 recursos digitales fue de 32 minutos.

Se aplicó una encuesta donde se evaluaron 21 variables, distribuidas en tres secciones: 1) condiciones sociales y tecno-educativas (14 variables); 2) conocimientos sobre especies invasoras y su problemática (3 variables); y 3) recursos educativos sobre especies invasoras (4 variables). La encuesta tuvo preguntas estructuradas con opciones de

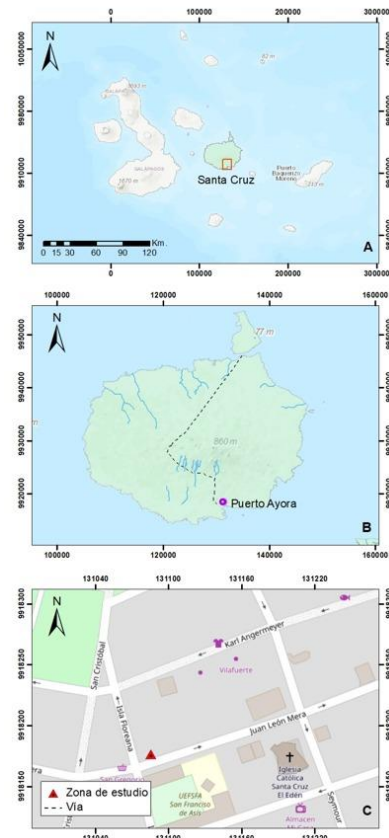


Figura 1. Zona de estudio: A) distribución geográfica de las islas B) parroquia urbana Puerto Ayora del cantón Santa Cruz, C) Unidad Educativa Fiscomisional San Francisco de Asís en las Islas Galápagos.

Tabla 1. Especies invasoras y plataformas utilizadas para la creación y construcción de los recursos digitales aplicadas en las Islas Galápagos.

Código	Especie invasora en los recursos didácticos	Plataforma	Enlace
A	Gato asilvestrado (Animalia: Chordata: Mammalia: Carnivora: Felidae: <i>Felis catus</i>)	Wordwall	https://wordwall.net/
B	Garrapatero (Animalia: Chordata: Aves: Cuculiformes: Cuculidae: <i>Crotophaga ani</i>)	Genially	https://view.genial.ly/
C	Mosca parásita Philornis (Animalia: Arthropoda: Insecta: Diptera: Muscidae: <i>Philornis downsi</i>)	Quizizz	https://quizizz.com/
D	Mora (Plantae: Magnoliophyta: Dicotyledoneae: Rosales: Rosaceae: <i>Rubus niveus</i>)	Mobbty	https://mobbty.com/

respuestas dicotómicas y politómicas; se realizaron 40 encuestas, el tiempo promedio por encuesta fue de 22 min, para la aplicación de la encuesta se utilizó un dispositivo móvil con el software de recopilación de datos abiertos KoboToolbox (<https://www.kobotoolbox.org/>), es una plataforma de gratuita y de código abierto y se realizaron durante el mes de febrero de 2024, Para la comparación de los valores resultantes (estadística descriptiva), se segmentó a los datos por su lugar de vivienda (sector urbano y rural), se utilizó el programa IBM SPSS Statistics 27 (<https://www.ibm.com/fr-fr/spss?lnk=flatitem>).

Resultados y discusión

Condiciones sociales y tecno educativas

Respecto al sexo, hay más jóvenes hombres que viven en el sector urbano (3,44%), mientras que el 9,10% de jóvenes mujeres vive en el sector rural (**Tabla 2**). La edad promedio de las mujeres es 1,36 años superior a la de los hombres en el sector urbano. El porcentaje de estudiantes nacidos en la región litoral es un 9,09% mayor que el de la Sierra ecuatoriana, reafirmando que los procesos migratorios urbano-rurales no cesan. Las principales ciudades de origen son Guayaquil, Manabí, Quito, Loja y Ambato, lo que debilita la tradicional endogamia de la comunidad (Ospina, 2001, Walsh y Mena, 2023) y como consecuencia aumenta la fragmentación de la tierra, los cambios de paisajes rurales a urbanos hasta la erosión de las capacidades agrarias y los desafíos en términos de seguridad alimentaria (Rodríguez et al., 2023). De los jóvenes estudiantes

existe un 18,5% menos, pertenecientes a nacionalidades y pueblos indígenas, montubios y afrodescendientes, respecto a los jóvenes mestizos.

En relación al uso de internet, los estudiantes que viven en el sector urbano (**Tabla 3**) tienen menor acceso (7,84%) que los del sector rural, evidenciando que las tecnologías para el desarrollo humano en las Islas Galápagos han incrementado. Desde el censo de 2015 (Navarrete et al., 2023; Heredia-R, et al., 2023), se observa un incremento del uso de tabletas: los jóvenes que viven en el sector urbano tienen estos dispositivos electrónicos en un 32,29% más que los estudiantes que habitan en el sector rural. En cuanto a la tenencia de computadora, los jóvenes del sector rural no tienen este tipo de dispositivo en un 58,62% menos a los jóvenes urbanos, y consideran que en la unidad educativa no existe internet de buena calidad y no todos tienen acceso libre en un 36,36% mayor, a los estudiantes que consideran lo contrario; lo que podría generar un precario desarrollo de habilidades informáticas y cognitivas (Malamud y Pop-Eleches, 2011); considerando que el acceso a internet ofrece oportunidades para una educación asequible e inclusiva, y que fue declarado por la Organización de las Naciones Unidas (ONU) como un derecho humano (Chirwa y Oriakhogba, 2023), es imprescindible mejorar el acceso a las tecnologías para potenciar los procesos de enseñanza y aprendizaje (Heredia-R y Torres, 2019), y tomar decisiones para la sostenibilidad de dinámicas complejas (Cayambe et al., 2021).

Tabla 2. Condiciones sociales de estudiantes de la Unidad Educativa Fiscomisional San Francisco de Asís, Islas Galápagos.

Variables	Estudiantes		Promedio	
	Urbanos	Rurales		
Sexo (%)	Mujeres	48.28	54.55	51.42
	Hombres	51.72	45.45	48.59
Edad (años)	Mujeres	17.60	16.51	17.06
	Hombres	16.24	18,73	17.48
Lugar de Nacimiento (%)	Sierra	24.14	18.18	21.16
	Litoral	24.14	36.36	30.25
	Insular	51.72	45.45	48.59
Etnia (%)	Mestizo	73.31	81.82	39.66
	Indígena	10.34	0.00	5.17
	Montubio	-	9.09	9.09
	Afrodescendiente	6.90	-	6.90
	Blanco	3.45	9.09	1.72

Tabla 3. Condiciones tecnológicas de estudiantes de la Unidad Educativa Fiscomisional San Francisco de Asís, Islas Galápagos.

Variables		Estudiantes		Promedio
		Urbanos	Rurales	
Tiene internet en su casa (%)	Sí	10.34	18.18	14.26
	No	89.66	81.82	85.75
Tiene celular personal (%)	Sí	100,00	100.00	100.00
	No	0.00	0.00	0.00
Tiene una Tablet en su casa (%)	Sí	41.38	9.09	25.24
	No	58.62	90.91	74.76
Tiene una computadora para el uso familiar en su casa (%)	Sí	41.38	0.00	20.69
	No	58.62	100	79.31
En la unidad educativa existe internet de buena calidad y todos los estudiantes tienen acceso libre a su uso (%)	Sí	27.59	36.36	31.97
	No	72.41	63.64	68.03

Tabla 4. Condiciones educativas de los estudiantes de la Unidad Educativa Fiscomisional San Francisco de Asís, Islas Galápagos.

Variables		Estudiantes		Promedio
		Urbanos	Rurales	
En su tiempo de descanso, ha leído algún libro o noticia sobre las especies invasoras en este año lectivo (%)	Sí	37.93	45.45	41.69
	No	62.07	54.55	58.31
Ha recibido alguna charla de especies invasoras en el año lectivo (%)	Sí	79.31	63.64	71.47
	No	20.69	36.36	28.53
Existe alguna asignatura sobre las especies invasoras en la malla curricular (%)	Sí	27.50	7.50	17.50
	No	62.07	66.67	64.37
Ha recibido alguna beca para participar en algún programa sobre el manejo de las especies invasoras	Sí	41.38	9.09	25.24
	No	58.62	90.91	74.76
Conversa con sus familiares sobre las especies invasoras (%)	Nunca	20.00	12.50	16.25
	Casi nunca	15.00	7.50	11.25
	Ocasionalmente	37.5	7.50	22.50
	Casi todos los días	0.00	0.00	0.00
	Todos los días	0.00	0.00	0.00

Respecto a la lectura sobre especies invasoras, los estudiantes que viven en el sector rural han leído un 7,52% más, en comparación a los que viven en la zona rural, pero en términos generales, los estudiantes no leen sobre especies invasoras en un 16,62% respecto los que sí leen (**Tabla 4**), lo que potencialmente podría conducir a un subdesarrollo de las habilidades cognitivas, limitando el desarrollo del pensamiento crítico, la empatía y comprensión de la problemática de las

especies invasoras (Gao *et al.*, 2021). Por lo tanto, es imprescindible que a nivel de hogar y en los programas educativos, se desarrolle el hábito a la lectura, considerado como un comportamiento frecuente que se desarrolla mediante una práctica recurrente, generalmente asociada con una recompensa externa, que se mantiene incluso después de que esta recompensa ya no esté presente (Wood, 2017) y estas deben

impulsarse con actividades complementarias expresivas (Heredia-R et al., 2021).

En cuanto a las charlas sobre especies invasoras, los estudiantes en un 42.94% más, han recibido alguna charla respecto a los que no; además los estudiantes mencionan que no existe alguna asignatura sobre las especies invasoras en la malla curricular en un 46,87%, respecto a los que sí; los estudiantes que viven en las zona urbana han recibido más becas (32,29%) en comparación a la zona rural, para participar en programa sobre el manejo de las especies invasoras; a nivel familiar los estudiantes de la zona rural conversan menos sobre las especies invasoras (45%) que los que habitan en la zona urbana, evidenciando que los programas para la erradicación de las especies invasoras o educación para la sostenibilidad de las islas deben fortalecer el tejido social educativo de las zonas urnas y rurales (Civallero, 2023).

Conocimientos de los estudiantes sobre las especies invasoras y su problemática Islas Galápagos

En relación con los impactos económicos causados por las especies invasoras, los estudiantes que habitan en la zona urbana consideran que si existen estos impactos en un 45,00% (Tabla 5). Varios reportes indican que las invasiones de especies a las Islas Galápagos costaron a la económica ecuatoriana US\$ 86,17 millones entre 1983 y 2017, y que la mayoría de estos gastos se reportaron entre 2007 y 2009 (Ballesteros-Mejia et al., 2021). De los estudiantes, el 61,75% y 52,66% consideran que todas especies introducidas se convierten en invasoras, respecto a los estudiantes que no están de acuerdo y a los que no saben, respectivamente. Hasta el 2017, un total de 1.579 especies

exóticas estaban registradas como introducidas intencionalmente o no en Galápagos desde su descubrimiento en 1535. Las especies introducidas probablemente menos peligrosas para el ecosistema podrían ser las especies con fines alimentarios (agricultura/horticultura) (Toral-Granda et al., 2017).

Los estudiantes de la zona rural desconocían qué son los recursos digitales (Tabla 6). Por lo tanto, es indispensable que los docentes desarrollen competencias digitales, de modo que en el proceso de enseñanza-aprendizaje los estudiantes adquieran habilidades innovadoras en la era digital (Heine et al., 2023);

De 7,50% de los estudiantes que viven en la zona urbana no saben si en alguna asignatura se utilizan recursos digitales, respecto a los estudiantes de la zona rural, y consideran que los recursos digitales no sirven para aprender sobre las especies invasoras, evidenciando una deficiente alfabetización digital en los procesos de aprendizaje (Buckingham, 2020). Los recursos digitales de mayor aceptación sobre las especies invasoras fue el creado y construido en la plataforma Mobbyt (opción D) relacionado con la mora (*Rubus niveus*), mientras que el menos valorado fue el de Quizizz (opción C), sobre la mosca parásita *Philornis* (*Philornis downsi*). A pesar de ello, Quizizz presenta varias ventajas: el manejo sencillo, lúdico, compatible con todas las versiones de dispositivos y ordenadores, y proporciona retroalimentación inmediata (Díaz et al., 2024). Además, existen casos exitosos utilizando Quizizz, donde se ha demostrado que influye en un 35,00% sobre el aprendizaje funciones reales (matemáticas) (Huaman Bautista, 2021); demostrando que la aceptación de los recursos digitales para la enseñanza depende de la tecnología utilizada,

Tabla 5. Conocimiento sobre especies invasoras de estudiantes de la Unidad Educativa Fiscomisional San Francisco de Asís, Islas Galápagos.

Variables	Estudiantes			Promedio
	Urbanos	Rurales		
Las especies invasoras pueden causar impactos económicos	Sí	72.5	0.00	72.50
	No	27.5	0.00	27.50
	No sabe	0.00	100.00	100.00
Piensa que el aprender sobre las especies invasoras puede ayudar a cuidar la naturaleza	Sí	100.00	90.91	95.45
	No	0.00	9.09	9.09
	No sabe	0.00	0.00	0.00
Todas especies introducidas se convierten en especies invasoras	Sí	79.31	63.64	71.47
	No	10.34	9.09	9.72
	No sabe	10.34	27.27	18.81

Tabla 6. Recursos digitales sobre las especies invasoras aplicados en estudiantes de la Unidad Educativa Fiscomisional San Francisco de Asís, Islas Galápagos.

Variables	Estudiantes			Promedio
		Urbanos	Rurales	
¿Conocía qué es un recurso digital?	Sí	100.00	0.00	100.00
	No	0.00	100.00	100.00
¿En alguna asignatura se utiliza un recurso digital?	Sí	24,00	35,00	29,50
	No	62,50	55,00	58,75
	No sabe	13,50	10,00	11,75
¿Cree que los recursos digitales, sirven para aprender sobre las especies invasoras?	Sí	100.00	0.00	100.00
	No	0.00	100.00	100.00
¿Cuál de los recursos digitales presentados, más le gustó para aprender sobre las especies invasoras?	A	20.69	18.18	19.44
	B	31.03	27.27	29.15
	C	6.90	9.09	7.994
	D	41.38	45.45	43.42

la interacción y de las habilidades digitales desarrolladas en el proceso educativo de los estudiantes.

Conclusiones

Las condiciones sociales y tecno-educativas no son las más favorables para los estudiantes; carecen de servicios elementales para una era digital, como computadoras e internet de calidad, los cuales no son accesibles para todos.

A pesar de que no existe un hábito de lectura sobre las especies invasoras, asisten a programas y proyectos sobre la temática; sin embargo, se evidenció que los estudiantes no mantienen comunicación con sus familiares sobre temas relacionados con las especies invasoras, lo que impide un desarrollo integral de la prevención y comprensión de sus consecuencias.

Existe una evidente brecha de conocimiento sobre las especies invasoras y sus impactos económicos en las islas Galápagos entre estudiantes del sector rural en contraste con los que habitan en la zona urbana. Es indispensable fortalecer los procesos de enseñanza-aprendizaje sobre las especies invasoras sin discriminación por origen o lugar de residencia.

El desconocimiento de los recursos digitales es evidente entre estudiantes de zonas urbanas y rurales. Existe preferencia por las plataformas Quizizz y Mobyt como herramientas de enseñanza-aprendizaje; por lo tanto, los recursos digitales sí facilitan la asimilación y fortalecen dichos procesos de enseñanza aprendizaje sobre especies invasoras.

Agradecimientos

Los autores agradecen a las autoridades locales de las Islas Galápagos, a la Universidad Politécnica Estatal del Carchi (Ecuador) por la aprobación del proyecto, y la Universidad Técnica Estatal de Quevedo por la gestión en territorio y la asesoría científica.

Contribución de los autores

Conceptualización, D, Barreto; M, Heredia-R; metodología, software y validación, D, Barreto; análisis formal, D, Barreto; M, Heredia-R; investigación, curación de datos, redacción y preparación del borrador original, D, Barreto; redacción, revisión y edición, D, Barreto; M, Heredia-R. Todos los autores han leído y aceptado la versión publicada del documento.

Fuente de financiamiento

Esta investigación no recibió financiamiento externo.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Referencias

- Almulla, M. A. (2023). Constructivism learning theory: A paradigm for students' critical thinking, creativity, and problem solving to affect academic performance in higher education. *Cogent Education*, 10(1), 2172929.
- Angraini, L. M., Kania, N., & Gürbüz, F. (2024). Students' Proficiency in Computational Thinking Through Constructivist

- Learning Theory. *International Journal of Mathematics and Mathematics Education*, 45-59.
- Atkinson, R., Gardener, M., Harper, G., & Carrion, V. (2012). Fifty years of eradication as a conservation tool in Galápagos: What are the limits?. In *The role of science for conservation* (pp. 183-198). Routledge.
- Ballesteros-Mejía, L., Angulo, E., Diagne, C., Cooke, B., Nuñez, M. A., & Courchamp, F. (2021). Economic costs of biological invasions in Ecuador: the importance of the Galapagos Islands. *NeoBiota*, 67, 375-400.
- Barreto-Álvarez, D.E., Heredia-Rengifo, M.G., Padilla-Almespecies invasorasda, O., Toulkeridis, T. (2020). Multitemporal Evaluation of the Recent Land Use Change in Santa Cruz Island, Galapagos, Ecuador. In: Rodríguez Morales, G., Fonseca C., E.R., Salgado, J.P., Pérez-Gosende, P., Orellana Corecursos digitalesero, M., Berrezueta, S. (eds) *Information and Communication Technologies. TICEC 2020. Communications in Computer and Information Science*, vol 1307. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-62833-8_38
- Blake, S., Tapia, P. I., Safi, K., & Ellis-Soto, D. (2021). Diet, behavior, and activity patterns. In *Galapagos giant tortoises* (pp. 207-239). Academic Press.
- Buckingham, D. (2020). Epilogue: Rethinking digital literacy: Media education in the age of digital capitalism. *Digital Education Review*, (37), 230-239.
- Buddenhagen, C.E., Tye, A. (2015). Lessons from successful plant eradications in Galapagos: commitment is crucial. *Biol Invasions* 17, 2893–2912 <https://doi.org/10.1007/s10530-015-0919-y>
- Burnett, N. (2008). The Delors Report: a guide towards education for all. *European Journal of Education*, 43(2), 181-187.
- Cardoso, A., Almeida, A., Gonçalves, C., Pereira, S., Rodrigues, M., & Silva, E. (2022). Princípios pedagógico-didáticos para a conceção de recursos educativos digitais: Análise do recurso cozinhar a aprender. *Práticas de Integração Curricular nos 1.º e 2.º Ciclos do Ensino Básico*, 60-82.
- Cayambe, J., Diaz-Ambrona, C. G., Torres, B., & Heredia-R, M. (2021). Decision Support Systems for the Imbabura Geopark: Ecuadorian Andes. In *Information Technology and Systems: ICITS 2021, Volume 2* (pp. 310-320). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-68418-1_30
- Chirwa, D. M., & Oriakhogba, D. O. (2023). Access to the internet as a human right. *The Internet, Development, Human Rights and the Law in Africa*, 23-52.
- Civallero, E. (2023). A Bunch of Books, a Suitcase, and Many Trips by Boat: Chronicle of a Librarian Project in the Galapagos Islands. *The Library Quarterly*, 93(4), 362-377.
- Delgado-Maldonado, B. X., Núñez-Flores, D. R., Mazón-Redín, J. F., & Martínez-López, F. J. (2023). Ciencia Abierta en la Fundación Charles Darwin para las Islas Galápagos (FCD), definiendo su modelo y retos implicados. *FIGEMPA: Investigación y Desarrollo*, 15(1), 1-17.
- Díaz, Q. R. T., Hernández, R. N. B., Joo, L. A. P., Ulloa, C. R. G., Salirrosas, L. M. G., & Martínez, D. E. E. (2024). Aplicación y percepciones de Quizizz en la Educación: Una revisión sistemática en Scopus. *Revista de Climatología Edición Especial Ciencias Sociales*, 24, 1230.
- Driscoll, D.A., Catford, J.A., Barney, J.N., Hulme, P.E., Martin, T.G., et al. (2014) New pasture plants intensify invasive species risk. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 111: 16622–16627
- FCD y WWF (2018). Atlas de Galápagos, Ecuador: Especies Nativas e Invasoras. Quito, Fundación Charles Darwin FCD y WWF Ecuador.
- Fiedler de Gordón, T. (2020) Manual para el docente digital. Convenio Andrés Bello, Disponible en: <https://convenioandresbello.org/wp-content/uploads/2023/05/Manual-Docente-Digital-CAB.pdf>
- Gao, Q., Wang, H., Chang, F., Yi, H., y Shi, Y. (2021). Reading achievement in China's rural primary schools: A study of three provinces. *Educational Studies*, 47(3), 344-368.
- Gardener MR, Atkinson R, Rentería JL (2010) Eradications and people: lessons from the plant eradication program in Galapagos. *Restor Ecol* 18:20–29
- Gardener, M.R., Grenier, C. (2011). Linking Livelihoods and Conservation: Challenges Facing the Galápagos Islands. In: Baldacchino, G., Niles, D. (eds) *Island Futures. Global Environmental Studies*. Springer, Tokyo. https://doi.org/10.1007/978-4-431-53989-6_6
- Haleem, A., Javaid, M., Qadri, M. A., & Suman, R. (2022). Understanding the role of digital technologies in education: A review. *Sustainable Operations and Computers*, 3, 275-285
- Heine, S., Krepf, M. y König, J. (2023). Digital resources as an aspect of teacher professional digital competence: One term, different definitions – a systematic review. *Educ Inf Technol* 28, 3711–3738 <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11321-z>
- Heredia-R, M. y Torres, B. 2019. SAFA: El conocimiento y la realidad de los agricultores en las aulas. *Analysis. Claves de Pensamiento Contemporáneo*. 22, 23-27. Disponible en: <https://studiahumanitatis.eu/ojs/index.php/analysis/article/view/35>
- Heredia-R, M.; Acurio-Gallardo, M.; Torres, E.; Heredia-Silva, J.; Loyola-Barbosa, P.; Torres, A.; Villacias, K.; Toulkeridis, T. (2023) The REDATAM program: an approach to the Sustainable Development Goals in the Galapagos Islands. *Revista Bionatura* 8 (3) 20. <http://dx.doi.org/10.21931/RB/2023.08.03.20>
- Heredia-R. M., Falconí, K., Cayambe, J., & Becerra, S. (2021). Pedagogical Innovation: Towards Conservation Psychology and Sustainability. *Univers. J. Educ. Res*, 9, 771-780.
- Huaman Bautista, J. E. (2021). Uso de la herramienta quizizz en el aprendizaje de las funciones reales en una Universidad Cesar Vallejo. p 77. Lima, Perú.
- Izurrieta, A., Delgado, B., Moity, N., Calvopina, M., Cedeño, I., Banda-Cruz, G et al (2018). Corrigendum to: A collaboratively derived environmental research agenda for Galápagos. *Pacific conservation biology*, 24(2), 207-207
- Jiménez, I., & Ortiz, M. V. (2018). Efecto de un recurso educativo digital adaptativo en las habilidades espaciales de estudiantes de secundaria. *Revista Espacios*, 39(53).
- Liu, H., Li, Y., & Tang, J. (2019). Construction and application of digital teaching resources in regional basic education—taking physical education courses as an example. *Creative Education*, 10(6), 1192-1204.
- Malamud, O., y Pop-Eleches, C. (2011). Home computer use and the development of human capital. *The Quarterly Journal of Economics*, 126(2), 987–1027.
- Martínez, R. E. S., & Huamaní, C. G. A. (2021). Plataformas educativas: herramientas digitales de mediación de aprendizajes en educación. *HAMUT'AY*, 8(3), 66-74.
- Mumtaz, S. (2000). Factors affecting teachers' use of information and communications technology: a review of the literature. *Journal of information technology for teacher education*, 9(3), 319-342

- Navarrete, H., Heredia, M., Torres, E., y Barreto, D. (2023). Evaluación de los indicadores en el marco de la Agenda 2030 a partir de datos censales en las Islas Galápagos: Un aporte al desarrollo local. *AXIOMA*, 1(29), 27-34.
- Ospina, P. (2001). Migraciones, actores e identidades en Galápagos. CLACSO, Consejo Latinoamericano de Ciencias Sociales.
- Parejo, J. L. L., Cáceres-Iglesias, J., Manrique-Benito, M., & Cortón-Heras, M. O. (2024). Application of the Delphi technique to a questionnaire on out-of-classroom training in initial teacher education. *Journal of Adventure Education and Outdoor Learning*, 1-13.
- Pynoo, B. (2018). Strengthening teacher trainers ICT competencies through ICT Design Teams: Lessons learned. *Afrika Focus*, 31(1), 35-49.
- Rodríguez, J. M. P., Guida, A. G., & Márquez, Á. M. D. (2023). Urban metabolism of human settlements in small island-protected environments. *Environmental and Sustainability Indicators*, 100324.
- Ruiz-Macías, E., & Duarte, J. E. (2018). Diseño de un material didáctico computarizado para la enseñanza de Oscilaciones y Ondas, a partir del estilo de aprendizaje de los estudiantes. *Revista de Investigación, Desarrollo e Innovación*, 8(2), 295-309. <https://doi.org/10.19053/20278306.v8.n2.2018.7966>
- Salcedo-Aparicio, D. M., Villamar-Cedeño, E. D., & Del Rosario-Yagual, E. A. (2020). La importancia de la web 3.0 y 2.0 en el desarrollo de la pedagogía educativa en tiempos de pandemia. *RECIAMUC*, 4(4), 13-23. <https://doi.org/10.26820/reciamuc/4>
- Seraji, F., y Osadat-Musavi, H. (2023). Does applying the principles of constructivism learning add to the popularity of serious games? A systematic mixed studies review. *Entertainment Computing*, 47, 100585.
- Toral-Granda MV, Causton CE, Jäger H, Trueman M, Izurieta JC, Araujo E, et al. (2017) Alien species pathways to the Galapagos Islands, Ecuador. *PLoS ONE* 12(9): e0184379. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0184379>
- Toulkeridis, T, Angermeyer, H. *Volcanoes of the Galapagos*. 2nd ed. Guayaquil, Ecuador: Abad Offset; 2019. 324 pp.
- Triquell, X. y Vidal, E. (2007). ¿Recursos virtuales para problemas reales? Experiencias y reflexiones en torno a la incorporación de las tecnologías de la información y comunicación en los procesos de enseñanza-aprendizaje. 117 p. *Córecursos digitalesoba*, Argentina.
- Urquiza, J., Singh, P., Lansdale, D., Sanchez, N., Bermudez, K., Easlick, T., et al. (2020). Laying the foundations for a digital literacy program in the Galapagos islands. In 2020 IEEE Global Humanitarian Technology Conference (GHTC) (pp. 1-8). IEEE.
- Walsh, S. J., & Mena, C. F. (2023). An Agent-Based Model of Household Livelihood Strategies in the Galapagos Islands: Impact of Jobs in Fishing, Fishing Restrictions, and Fishing Deregulation on Household Employment Decisions. In *Island Ecosystems: Challenges to Sustainability* (pp. 375-390). Cham: Springer International Publishing.
- Wood, W. (2017). Habit in personality and social psychology. *Personality and social psychology review*, 21(4), 389-403.
- Zhang, H., Boghigian, B. A., & Pfeifer, B. A. (2010). Investigating the role of native propionyl-CoA and methylmalonyl-CoA metabolism on heterologous polyketide production in *Escherichia coli*. *Biotechnology and bioengineering*, 105(3), 567- 573.

Diseño de un modelo geoestadístico de la calidad del aire

Design of a geostatistical model for air quality

Daniel Alejandro Oña Proaño^{1*} , Paúl Michael Tafur Escanta² 

¹Universidad Politécnica Estatal del Carchi UPEC, Carchi, Ecuador

²Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador

Fecha de recepción: 29/01/2025

Fecha de aceptación: 17/03/2025

Fecha de publicación: 30/06/2025

*Correspondencia: Daniel Alejandro Oña Proaño. daniel.ona@upec.edu.ec.

Resumen

Este estudio analiza los niveles de contaminación del aire por monóxido de carbono (CO) en la atmósfera del Distrito Metropolitano de Quito, aplicando un enfoque geoestadístico. Los datos, expresados en miligramos por metro cúbico [mg/m³], provienen de seis estaciones de monitoreo: Belisario, El Camal, Centro, Cotocollao, Carapungo y Guamaní, y fueron recopilados por la Red Metropolitana de Monitoreo Atmosférico entre 2005 y 2020. En la base de datos se incluyen dos variables georreferenciadas, esenciales para la generación de mapas de calor mediante el software ArcGIS Pro. El análisis comienza con la importación de los datos en RStudio, donde se realiza un análisis exploratorio para identificar los valores máximos, mínimos y el promedio de monóxido de carbono durante el período estudiado. Se emplean pruebas estadísticas de ANOVA y TUKEY para comparar los niveles de contaminación del aire asociados a la presencia de monóxido de carbono. Adicionalmente, se analiza la relación entre los valores registrados en noviembre y diciembre de cada año, utilizando ArcGIS para generar mapas geográficos de cada estación. A partir de las medias obtenidas y representadas en mapas de calor, se observa un descenso significativo en los niveles de contaminación en el DMQ, pasando de 1,083 mg/m³ en 2008 a 0,7373 mg/m³ en 2020.

Palabras clave: Georreferenciales. Monóxido de carbono (CO). Contaminación de aire. Niveles de contaminación.

Abstract

This study analyzes carbon monoxide (CO) air pollution levels in the Metropolitan District of Quito, applying a geostatistical approach. The data, expressed in milligrams per cubic meter [mg/m³], come from six monitoring stations: Belisario, El Camal, Centro, Cotocollao, Carapungo, and Guamaní, and were collected by the Metropolitan Atmospheric Monitoring Network between 2005 and 2020. The database includes two georeferenced variables, essential for generating heat maps using ArcGIS Pro software. The analysis begins with importing the data into RStudio, where an exploratory analysis is performed to identify the maximum, minimum, and average carbon monoxide values during the study period. ANOVA and TUKEY statistical tests are used to compare air pollution levels associated with the presence of carbon monoxide. Additionally, the relationship between the values recorded in November and December of each year is analyzed, using ArcGIS to generate geographic maps for each station. Based on the averages obtained and represented in heat maps, a significant decrease in pollution levels in the DMQ is observed, falling from 1,083 mg/m³ in 2008 to 0.7373 mg/m³ in 2020.

Keywords: Georeferencing. Carbon monoxide (CO). Air pollution. Pollution levels.

Introducción

La contaminación del aire se ha convertido en una problemática de salud pública a nivel mundial debido a que las partículas de ozono troposférico (O_3), partículas con diámetros inferiores a 2.5 ($PM_{2.5}$), monóxido de carbono (CO), dióxido de azufre (SO_2) y dióxido de nitrógeno (NO_2) son los contaminantes de aire más perjudiciales para la salud humana como lo menciona Sicard, P. et al., 2023 en su investigación. En los reportes emitidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS) del 2022, se estimó que 4,25 millones de personas murieron cada año debido a la contaminación del aire por $PM_{2.5}$ suspendidas en el ambiente según Mandal, J. et al., 2024. El trabajo de Shaddick, G. et al., 2020, menciona que las partículas contaminantes finas que recorren cientos de kilómetros en la atmósfera provienen de una amplia gama de fuentes que incluyen la producción de energía eléctrica, industria, transporte, desechos, agricultura e incendios forestales.

Las políticas actuales sobre la concientización en la mitigación del cambio climático se han transformado en un eje principal enfocado a solventar los problemas de contaminación ambiental del planeta. Esto ha generado que actualmente haya una baja en la demanda de carbón, petróleo y gas, lo que ha provocado una disminución de las emisiones globales de CO_2 en torno al 5,8% en los últimos años.

Por un lado, se debe principalmente al periodo de restricciones de movimiento durante la pandemia de 2020 y, por otro, el aumento de la participación de las energías renovables dentro del mix energético mundial. Sin embargo, las emisiones de CO_2 relacionadas con la generación de energía se han mantenido y se prevé que se recuperarán en un 5%. Este aumento podría provocar que la temperatura media anual de la superficie terrestre aumente en 1,5 °C entre 2030 y 2050 si continúa con el ritmo actual como lo menciona Hoegh-Guldberg, O et al., 2019 en su trabajo.

Para tratar de frenar el calentamiento global se ha planificado reducir las emisiones globales realizando una mejora en la eficiencia de los sistemas térmicos, aumentar la producción de energía renovable, fomentar el uso de transporte híbrido y eléctrico, conservar y reforestar los bosques e incentivar la captura y almacenamiento de CO_2 industrial, Filonchyk, M. et al., 2024.

En las capitales de los países del mundo se han considerado políticas en contra de la contaminación por emisiones de CO_2 provenientes del transporte. El estudio de Anwar, M. et al., 2021 menciona que la contaminación por CO_2 representa un riesgo importante para la salud humana y una de las principales causas del deterioro del medio ambiente y la degradación de los ecosistemas naturales en países como Pakistán,

India y China. Además, demuestran que la contaminación del aire contribuyó significativamente a la carga de enfermedades en el sur de Asia durante las últimas décadas. En países de Sudamérica como Brasil también se han enfocado a evaluar la calidad de aire de diversas localidades, en este sentido, el trabajo de Brum, A. et al., 2024 informa que hay presencia de niveles de contaminantes atmosféricos por debajo de los límites impuestos por la resolución brasileña de calidad del aire ambiental.

En el Ecuador no ha sido la excepción y de la misma forma se han realizado diversas investigaciones (Moreira-Romero, Á. F. 2018, Rodríguez-Guerra, A., & Cuvi, N. 2019, López, I., et al., 2020, Ordoñez, L., et al., 2021 y Cornejo-Vásconez. et al., 2022) que tienen en cuenta las concentraciones de las emisiones de los diferentes gases de efecto invernadero que son emitidos por el parque automotor e industrias del país.

El estudio de Sangoluisa-Ibarra, M. B. (2018) tiene como propósito estimar el costo económico asociado a la contaminación del aire en el Distrito Metropolitano de Quito (DMQ) mediante la aplicación del Método de Precios Hedónicos. Para ello, se analizan los principales impactos de la contaminación atmosférica a escala global y local, evaluando la influencia de distintos contaminantes en la calidad del aire de la ciudad. Además, se examina la concentración de estos contaminantes en la atmósfera y su relación con variables económicas y ambientales. Finalmente, los resultados mostraron que entre las principales afectaciones que genera la contaminación del aire se destacan tres grandes aristas: los problemas ocasionados a la salud, a la economía y al medio ambiente.

Según el trabajo de Lavado M., (2021) los elevados niveles de partículas ponen en riesgo la salud de la población tomando en cuenta la asociación que se ha observado en diversos estudios entre partículas y morbilidad y mortalidad prematuras. Por lo tanto, es imprescindible establecer nuevas medidas de control que podrían estar justificadas en un contexto costo-beneficio sobre la base del beneficio que representan para la salud y el bienestar de la población. Teniendo en cuenta esta problemática socioambiental, los entes gubernamentales a nivel mundial han aplicado acciones climáticas e implementado políticas para el control ambiental de la calidad del aire (Rentschler, J., & Leonova, N. (2023). En este ámbito el Ministerio del Ambiente del Ecuador (MAE) en el año 2010 creó el Plan Nacional de la Calidad del Aire con el propósito de fomentar políticas públicas que garanticen a la ciudadanía un entorno sano y ecológicamente equilibrado. Con la implementación de las leyes ambientales descritas en el Código Orgánico Ambiental (COA), se han derivado

diversos estudios que determinan la calidad del aire en diferentes ciudades del país.

Además, los estudios sobre contaminación ambiental deben tener en cuenta modelos Geoestadísticos que son imprescindibles debido a que toman en cuenta los datos que representan el comportamiento ambiental de las variables medidas en cada una de las zonas en donde se encuentran ubicadas las estaciones de muestreo. (Departamento de Estadística, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá et al., 2017).

Considerando este aspecto, el estudio de Rodríguez-Guerra, A., y Cuvi, N., (2019) determina el estado de la contaminación del aire en la ciudad de Quito, teniendo en cuenta trayectorias relevantes para mejorar su calidad. Los autores establecen una relación entre contaminantes y condición socioeconómica a partir del valor del suelo urbano. La investigación se concentra en tres contaminantes: material particulado fino, material particulado grueso y partículas sedimentables utilizando datos proporcionados por el Municipio de Quito. El trabajo utiliza un proceso geoestadístico para georreferenciar los datos mediante el software especializado ArcGIS. El estudio concluye que el aire de la ciudad de Quito está contaminado con gases y partículas, en especial con $PM_{2.5}$, PM_{10} y PS, donde las mayores fuentes de contaminación son la explotación de canteras, tránsito vehicular e industrias

Con el desarrollo de la tecnología, se ha podido identificar de manera más precisa elementos contaminantes en la atmósfera y representarlos, como lo realiza Peña Murillo, SE (2018) en su trabajo. En donde, además, se tiene en cuenta que los sistemas de información geográfica aportan en la eficacia de las estrategias anteriores, en tanto que permiten representaciones gráficas de los datos importantes para el monitoreo y ubicación espacial de estos eventos que serían de gran ayuda en la toma de decisiones. El estudio de la contaminación por Monóxido de Carbono que se tiene en los sectores urbanos del Distrito Metropolitano de Quito y la Ciudad de Cuenca no están fuera de esta problemática, siendo indispensable realizar una evaluación actualizada de la calidad del aire en estas localidades. Los datos se pueden obtener mediante la Red Metropolitana de Monitoreo Atmosférico para Quito, (Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, 2021). Mientras que, en Cuenca por la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de la ciudad. Los sistemas de monitoreo y medición proporcionan datos sobre los niveles de CO calculados en mg/m^3 .

Finalmente, esta investigación se enfoca en aplicar un proceso geoestadístico de medición de la calidad del aire en dos ciudades del Ecuador. Se pretende realizar un análisis exploratorio de datos de la contaminación del aire en el Distrito Metropolitano de Quito

(DMQ) mediante el software estadístico RStudio distribuido en 6 estaciones (Belisario, Carapungo, Centro, Cotocollao, El Camal y Guamani) y una estación en la ciudad de Cuenca. Los datos permiten determinar cuál es el mejor modelo geoestadístico para analizar la calidad del aire, específicamente, los niveles de contaminación del aire por Monóxido de Carbono (CO) en forma correlacional por medio de un ANOVA que es una técnica estadística que nos permite contrastar una hipótesis en la cual determinas si las medias de las variables son iguales o al menos dos son diferentes y mapas geoestacionarios que son herramientas fundamentales en geoestadística para analizar la distribución espacial de variables. Posteriormente, la investigación utiliza el software ArcGIS para analizar y distribuir la información geográfica de cada uno de los contaminantes.

Métodos

La metodología utilizada es de tipo inductivo, ya que se trata la aplicación de modelos, partiendo de un análisis sobre los tipos de contaminantes que se encuentran dentro de la atmósfera como el Monóxido de Carbono, Dióxido de Azufre y el material particulado (PM). Además, se realiza una identificación sobre la contaminación del aire dentro de una región determinada, utilizando técnicas geoestadísticas que se enfocan en el Distrito Metropolitano de Quito (DMQ) y la ciudad de Cuenca.

Para este trabajo se han obtenido datos a partir de una base informativa secundaria sobre los niveles de contaminación emitidas por la Red Metropolitana de Monitoreo Atmosférico en el Distrito Metropolitano de Quito en siete estaciones y la Red de Monitoreo de Calidad del Aire en la ciudad de Cuenca con una estación. Los datos obtenidos de las estaciones permiten visualizar los niveles de contaminación atmosférica por Monóxido de Carbono (CO) medido en mg/m^3 , registrados desde el año 2005 hasta el 2020. A partir de la base de datos se realiza un análisis exploratorio con el software RStudio con el cual se determina la existencia de 199 valores perdidos en los registros de CO equivalente de un total de 88750 observaciones que representa el 0,22%, acompañado de un análisis gráfico de los valores porcentuales de CO en relación con la estación y los meses.

Además, en esta investigación realiza un análisis de varianza (ANOVA), para lo cual primero se debe establecer si los datos cumplen con las tres condiciones necesarias para el método, Flores et al., (2022) menciona que deben ser homocedásticos, que tengan una distribución normal y que los datos sean independientes. De esta manera, se aplica el test de Bartlett para determinar si los datos cumplen con la homocedasticidad, lo cual determina en forma gráfica si los valores

de Monóxido de Carbono registrados en las ocho estaciones no presentan una normalidad. Por tanto, se aplica la Prueba de Lilliefors (Kolmogorov-Smirnov) que utiliza la diferencia máxima absoluta entre la función de distribución acumulada empírica y la hipotética, que se calcula como:

$$D = \max\{D^+, D^-\} \quad (1)$$

$$D = \max_{i=1, \dots, n} \left\{ \frac{i}{n} - F(X_i) \right\}, \quad (2)$$

$$D = \max_{i=1, \dots, n} \left\{ F(X_i) - \frac{(i-1)}{n} \right\}, \quad (3)$$

Donde:

$$F(x_i) = \Phi\left(\frac{|x_{(i)} - \bar{x}|}{s}\right),$$

Sea Φ la función de distribución acumulada de una normal estándar,

\bar{x} la media y,

s la desviación estándar de los valores de la muestra.

El p valor se calcula a partir de la fórmula de Dallal-Wilkinson (1986). En RStudio se necesita el paquete (nortest) para aplicar la prueba de normalidad con la función `lillie.test` la cual dará el p -valor, donde si es < 0.05 la hipótesis nula se rechaza y si el p_valor es $> 0,05$ se acepta la hipótesis nula.

Además, se considera la necesidad de realizar una transformación logarítmica para los datos, teniendo en cuenta que es un caso especial de transformación de Box-Cox (Liu, J. et al., 2024) cuando $\lambda = 0$, la cual se aplica de la siguiente forma:

$$\gamma(s) = \ln(Z(s)), \text{ para } Z(s) > 0. \quad (4)$$

Se realiza la transformación logarítmica a los datos debido a que se tienen una distribución sesgada de forma positiva y algunos valores son muy grandes. Estos valores grandes están en el área de estudio, la transformación logarítmica ayuda a que las varianzas sean más constantes y se normalice los datos con lo que se puede aplicar ANOVA. En este método, cuanto más difieran las medias de los grupos mayor será la varianza entre medias en comparación al promedio de la varianza dentro de los grupos, obteniéndose valores de F superiores a 1 y por lo tanto menor probabilidad de que la distribución adquiera valores tan extremos (menor el $p - value$).

$$H_0 = \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_k \quad (5)$$

H_a : no todas las medias son iguales

Continuando con el proceso, se realiza un análisis exploratorio a la base de datos donde se incorporan

dos variables que representan las coordenadas geográficas como la latitud y longitud de cada una de las estaciones con la finalidad de ingresar los datos al software ArcGIS con el sistema de coordenadas WGS 84 Web Mercator. Este sistema de coordenadas que se aplica es bastante útil como lo menciona Dhonju et al., 2023 en su trabajo. Una vez graficada la información en ArcGIS se establece una herramienta de análisis espacial acorde a la dispersión de los puntos, por lo que es necesario excluir la ubicación de la estación de la ciudad de Cuenca debido a la lejanía espacial con las ubicaciones de las otras estaciones en Quito. Además, se utiliza la herramienta de Análisis Espacial y se considera la herramienta Inverse Distance Weight (IDW) de ArcGIS que permite interpolar una superficie de ráster a partir de puntos utilizando una técnica de distancia inversa ponderada. A partir de lo anterior, para cada Feature Class se ejecutó la herramienta IDW donde se obtiene un tipo de archivo raster para realizar un mapa de calor que determine los niveles de CO en toda el área de estudio.

Resultados y discusión

Para el análisis de los niveles de contaminación atmosférica por Monóxido de Carbono se toma como referencia la normativa que se encuentra reglamentada en Ecuador a través del Índice Quiteño de la Calidad del Aire (IQCA), el cual se representa mediante una escala numérica de 0 a 500 (ver **Tabla 1**), acompañada de un rango de colores que permite interpretar los niveles de contaminación del aire en la ciudad, Sánchez, R. D. R. (2023). Se crean seis niveles o categorías a partir de esta consideración fundamental, cada uno con un rango desde deseable u óptima hasta alerta, alarma y emergencia. El IQCA, para el Monóxido de Carbono (CO) considera rangos intermedios representados en diferentes colores, es decir, entre más alto es el valor del IQCA, mayor es el nivel de contaminación atmosférica y, por consiguiente, los peligros para la salud.

Se realiza un análisis exploratorio de la base de datos, donde en primera instancia se determinan las 16 variables con 88.750 observaciones, así como mínimo, máximo, media, mediana, primer y tercer cuartil). Se estudian las variables de latitud y longitud de las coordenadas geográficas pertenecientes a cada estación de monitoreo. La importancia de este proceso radica en definir el tipo de variable, resaltando los valores máximos de monóxido de carbono, con un valor de $4,7 \text{ mg/m}^3$ y valores mínimos de $0,010 \text{ mg/m}^3$.

En el diagrama de boxplot que se muestra en la **Figura 1** nos permite determinar en forma gráfica la existencia de una gran cantidad de valores atípicos, ya que se entienden que son valores que se apartan significativamente del conjunto de datos en relación

Tabla 1 Categorías del IQCA y sus límites por contaminación (μ/m^3). [Secretaría de Ambiente]

Rango	Categoría	CO ^A	O ₃ ^b	NO ₂ ^c	SO ₂ ^d	PM _{2.5} ^e	PM ₁₀ ^f
0-50	Nivel deseable u óptimo	0-5000	0-50	0.100	0-62,5	0-25	0-50
51-100	Nivel aceptable o bueno	5001-10000	51-100	101-200	63,5-125	26-50	51-100
101-200	Nivel de precaución	10001-15000	101-200	201-1000	126-200	51-150	101-250
201-300	Nivel de alerta	15001-30000	201-400	1001-2000	201-1000	151-250	251-400
301-400	Nivel de alarma	30001-40000	401-600	2001-3000	1001-1800	251-350	401-500
401-500	Nivel de emergencia	>40000	>600	>3000	>1.800	>350	>500

Fuente: Arboleda y Neto, 2021, pág. 9.

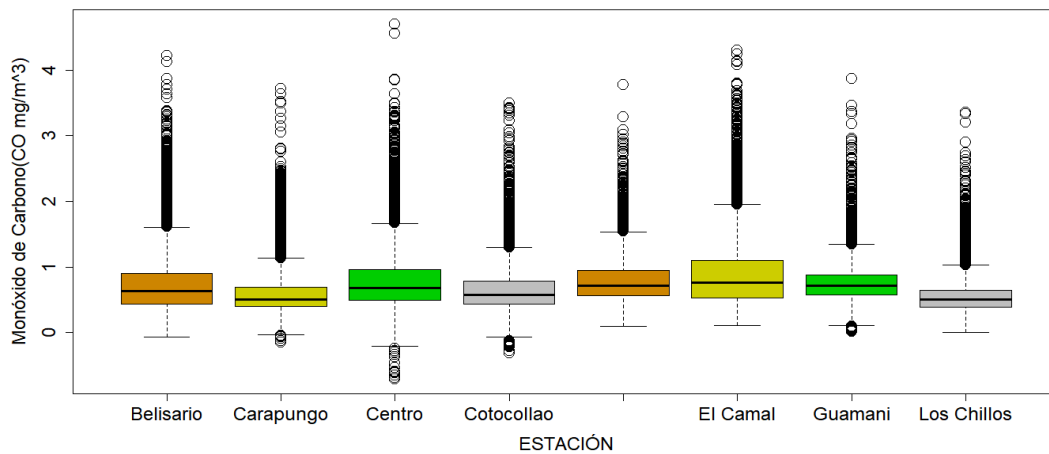


Figura 1. Diagrama de boxplot de las ocho estaciones de monitoreo y con los porcentajes de contaminación de Monóxido de Carbono con los datos totales.

con los niveles de contaminación de monóxido de carbono en cada una de las ocho estaciones durante el periodo del 2005 hasta el 2020.

Mediante el análisis de la **Tabla 2** se puede determinar que los porcentajes de niveles de contaminación de Monóxido de Carbono (CO) en relación con los valores que hay en el sector del Centro, hay el mayor valor máximo de 4,70 mg/m³, así como el menor valor máximo existe en la estación de Los Chillos con 1,47mg/m³, también se observa que, en las estaciones de Belisario, Carapungo y Guamaní son los valores menores mínimos de alrededor de 0.01 mg/m³. Se tiene en cuenta un boxplot que nos proporciona una información gráfica que responden en forma bivariable con diversos datos atípicos.

La dispersión de la **Figura 2** evidencia que algunos datos extremos como los porcentajes de niveles de contaminación de CO más altos se encuentran en los primeros años de registro y también se puede identificar que la gran mayoría de los

valores se encuentran ubicados entre el intervalo de 0 hasta 2 mg/m³.

La **Figura 3** muestra la dispersión de los datos obtenidos donde se relaciona en el eje “x” la variable año y en la variable “y” los porcentajes de contaminación de CO, se puede determinar que en el año 2005 y 2006 se presenta mayores niveles de concentración en cada estación y esos valores van disminuyendo cada año hasta los años 2015 y 2018 con los niveles más bajos y por último que cada una de las estaciones presentan valores atípicos.

Se aplica un boxplot en relación con la variable “Mes” En el diagrama de boxplot que se muestra en la (**Figura 3**) nos permite determinar en forma gráfica la existencia de una gran cantidad de valores atípicos, ya que se entienden que son valores que se apartan significativamente del conjunto de datos en relación con los niveles de contaminación de monóxido de carbono en cada uno de los meses del año en el periodo del 2005 hasta el 2020.

Tabla 2. Valores mínimos, primer cuartil (Q1), segundo cuartil (Q2), tercer cuartil (Q3) y el valor máximo de los niveles de contaminación de Monóxido de Carbono por cada estación de monitoreo.

N°	Estación	Min	Q1	Q2	Q3	Max
1	Belisario	0.01	0.58	0.78	1.06	4.22
2	Carapungo	0.01	0.44	0.58	0.77	2.47
3	Centro	0.05	0.66	0.86	1.14	4.70
4	Cotocollao	0.03	0.53	0.67	0.86	2.51
5	Edificio Alcaldía de Cuenca AT	0.10	0.56	0.72	0.95	3.77
6	El Camal	0.11	0.85	1.10	1.44	4.30
7	Guamani	0.01	0.57	0.71	0.88	3.87
8	Los Chillos	0.03	0.46	0.56	0.68	1.47

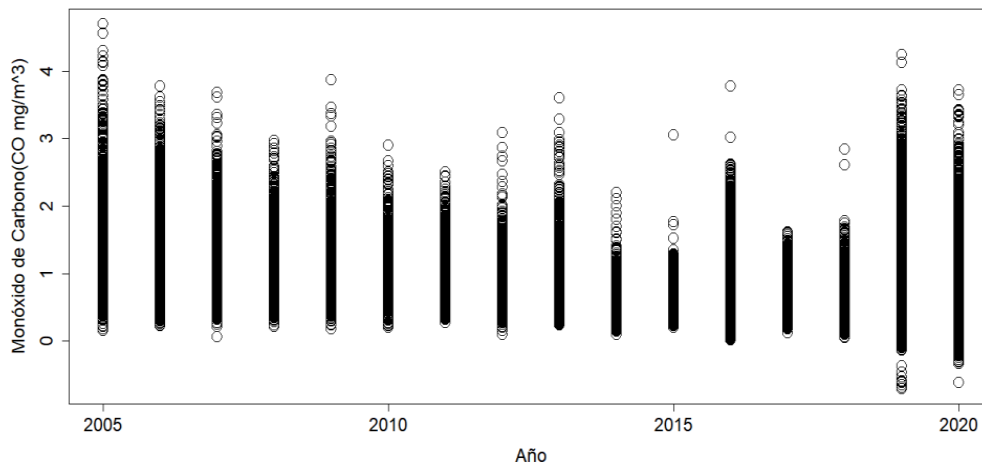


Figura 2. Dispersión: eje “x” la variable Año y en la variable “y” los porcentajes de contaminación de CO.

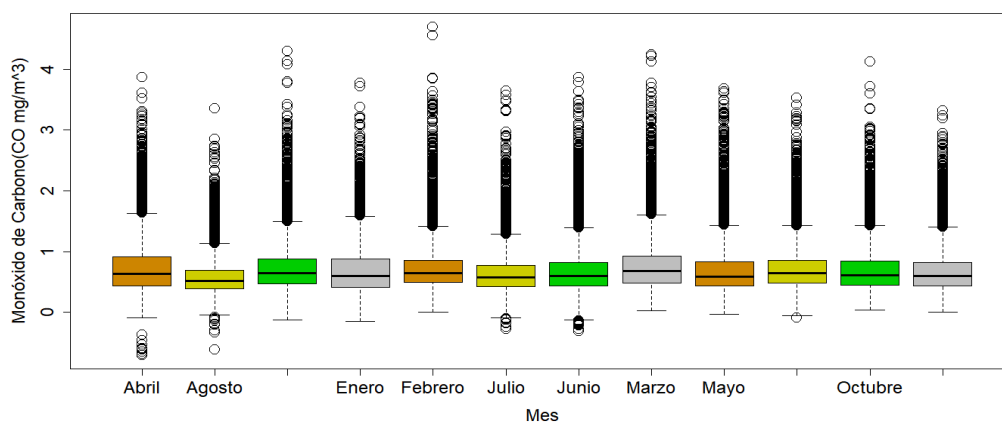


Figura 3. Diagrama de boxplot de los meses de monitoreo con los porcentajes de contaminación de CO.

Sobre la base del análisis exploratorio realizado inicialmente, se toma la decisión de trabajar con la media de los porcentajes de los niveles de contaminación de monóxido de carbono correspondiente a los meses de noviembre y diciembre en el periodo del 2005 hasta el 2020, en las 8 estaciones para poder

realizar un estudio en dos partes: uno, utilizando el software RStudio, un análisis exploratorio y posteriormente con un mapeo geoestadístico utilizando el software ArcGIS.

En la **Figura 4** se observa que la mayor concentración del contaminante (CO) se encuentra en los sectores

del Centro, Belisario y Camal; y, por otro lado, los sectores que presentan menores niveles de concentración son los sectores de Guamaní, Carapungo y los Chillos. Esto se debe a que es el mes que demanda más movimiento comercial en el centro de la ciudad en el mes de diciembre por temporada navideña. A partir del 2015 los datos revelan una disminución de la concentración del contaminante en todos los sectores debido a las políticas de cambio climático y mitigación de los gases de efecto invernadero promovidas en el país con el aumento estricto de los controles en las revisiones técnicas vehiculares en la ciudad de Quito, Herrera, D, (2022).

Posteriormente se realiza un análisis de normalidad en forma gráfica los cuales nos dan un indicio que los datos no cumplen una normalidad por lo que se realiza una prueba de normalidad. Se aplica una prueba de Lillifors la cual es una prueba que se utiliza para aprobar la hipótesis nula. Al realizar la prueba nos da un $p_valor = 0.01014$ que es menor a $0,05$ por lo cual se rechaza la hipótesis nula lo que determina que los datos no tienen una distribución normal. Por esta razón se realiza una transformación logarítmica por medio de la librería (MAS) y con la función "log" en el software lo que nos permitirá normalizar los datos, posteriormente se vuelve a realizar la prueba de Lillifors el cual nos arroja un $p_valor = 0.3237$ por lo cual se acepta la hipótesis nula donde se determina que los datos cumplen una normalidad.

Se realiza una prueba de Tukey para determinar si cualquiera de las diferencias entre las medias es estadísticamente significativa, se compara el *valor p* con el nivel de significancia para evaluar la hipótesis nula como se muestra en la (Figura 5). La hipótesis nula indica que las medias de población son todas iguales. Por lo general, un nivel de significancia

(denotado como α alfa) de 0.05 funciona adecuadamente. Un nivel de significancia de 0.05 indica un riesgo de 5% de concluir que existe una diferencia cuando no hay una diferencia real.

El intervalo de confianza para la diferencia entre las estaciones como por ejemplo Carapungo-Belisario en este rango no incluye el cero, lo que indica que la diferencia es estadísticamente significativa. Los intervalos de confianza de los demás pares de medias que incluyen el cero, indica que las diferencias no son estadísticamente significativas.

El nivel de confianza simultáneo de 95% indica que se puede estar 95% seguro de que todos los intervalos de confianza contienen las diferencias reales.

En la **Figura 6** se observa los mapas de calor correspondiente a la contaminación atmosférica producida por CO en el año 2020, último año que se analiza en los datos. Los resultados demuestran bajo nivel de contaminación en los diferentes sectores haciendo una comparación con los primeros años de registro de la contaminación atmosférica por este contaminante especialmente en los sectores del Centro, Belisario y Camal que muestran una reducción considerable.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos, se han llegado a conclusiones similares con otros autores sobre la reducción en la contaminación de aire. Por ejemplo, el trabajo de Rybarczyk, Y., & Zalakeviciute, R. (2021), menciona que se observa una clara reducción de las concentraciones de CO ($-30\% \pm 13\%$) en 2020. Mientras que, el estudio de Chau P. et al., 2022 corrobora este análisis debido a que en el 2020 se vivió un periodo de confinamiento lo cual hizo que la concentración de la mayoría de los contaminantes ha disminuido drásticamente, especialmente en el CO con $-48,75\%$.

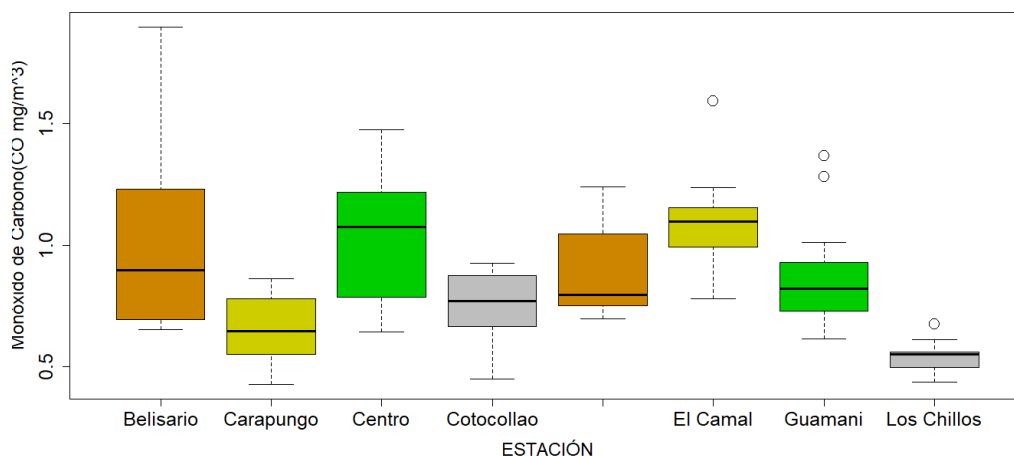


Figura 4. Diagrama de boxplot de las ocho estaciones de monitoreo y con los porcentajes de contaminación de Monóxido de carbono con la base de datos de las medias de los meses de noviembre y diciembre.

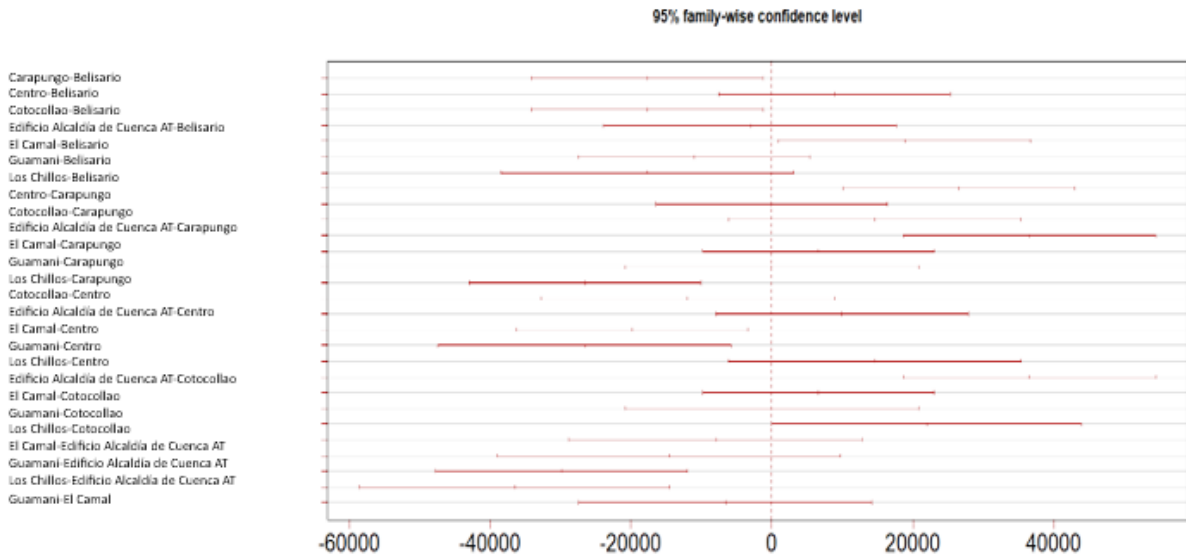


Figura 5. Diferencias entre las 8 estaciones de muestreo de la concentración de Monóxido de Carbono (CO).

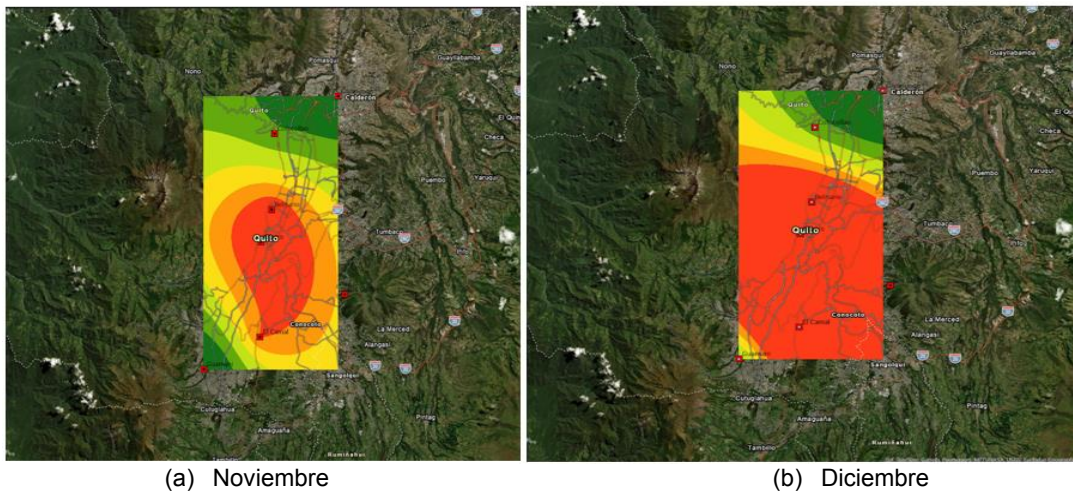


Figura 6. Mapa de calor de los porcentajes de niveles de contaminación de Monóxido de Carbono en el mes de noviembre y diciembre del 2008.

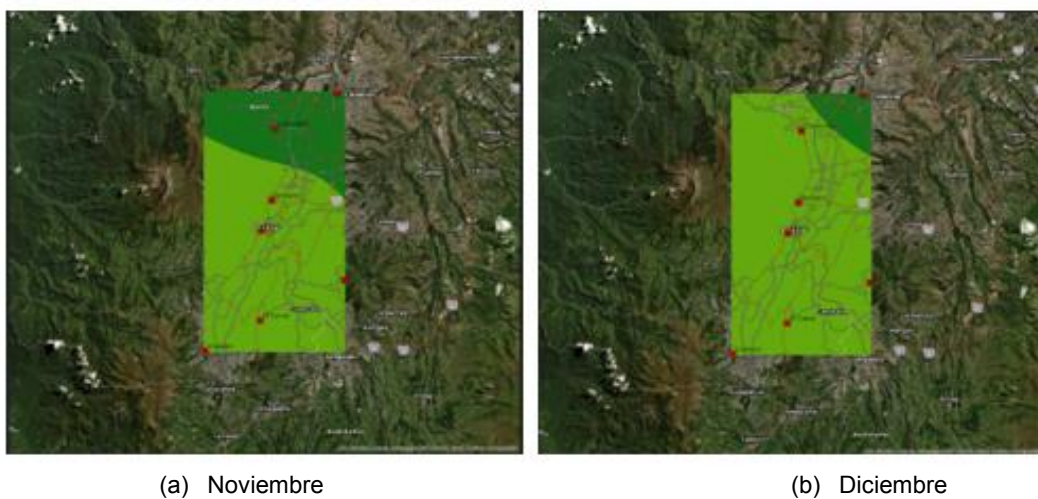


Figura 7. Mapa de calor de los porcentajes de niveles de contaminación de Monóxido de carbono en el mes de noviembre y diciembre del 2020 en 7 estaciones del Distrito Metropolitano de Quito.

Conclusiones

Los resultados obtenidos en el análisis preliminar demuestran que los niveles de contaminación por Monóxido de Carbono han venido disminuyendo desde el año 2005 hasta el año 2020 en cada una de las ocho estaciones con valor máximo de 4,7 mg/m³ y un valor mínimo de 0,10 mg/m³. También se determina que los niveles más alto de contaminación están en las zonas que comprende el centro del Distrito de Quito, el Edificio de la Alcaldía de Cuenca y Guamaní pero con el pasar de los años en las dos primeras estaciones los niveles de contaminación disminuyen notablemente, mientras tanto, que en la estación de Guamaní la variación es mínima.

Además, se ha obtenido que el promedio de la contaminación atmosférica por CO es de 0,786 mg/m³ (62,88 ppm) que se encuentra por debajo del límite de exposición recomendada para el CO que es 200 ppm. Este resultado nos permite determinar la reducción considerable en los porcentajes de niveles de contaminación por Monóxido de Carbono durante el periodo de investigación comprendido entre el 2008 y el 2020. Uno de los factores principales es el confinamiento producido debido a la pandemia que se originó a principios del 2020. Además, otro motivo por el cual se puede establecer este descenso lo menciona la comisión técnica de factores de emisión de gases de efecto de invernadero a través del Ministerio de Energía y Minas en el 2021, donde se menciona que, en el sector eléctrico del país en el año 2021, se redujo aproximadamente 1.204 kilotoneladas de Dióxido de Carbono y otros contaminantes emitidos al ambiente, comparado con las 5.922 kilotoneladas que se generaron en el 2014. Este logro alcanzado se produjo por la implementación de energías renovables, el óptimo funcionamiento del Sistema Nacional Interconectado (SNI) y una mejora en la calidad de la gasolina utilizada por los vehículos en el país.

En relación a los datos obtenidos trabajando con las medias de los meses de noviembre y diciembre tanto con el software: RStudio y ArcGIS Pro, nos encontramos con resultados muy similares esto se debe a que el ArcGIS Pro se utiliza para visualizar los datos creando mapas para un análisis de la concentración del Monóxido de Carbono Georreferenciando en las 8 estaciones ubicadas en el distrito Metropolitano de Quito, por medio de un código de colores que nos permite identificar los sectores dentro de la ciudad con mayor o menor contaminación atmosférica. Esto nos ha ayudado a identificar que el mes de diciembre presenta niveles de contaminación más altos de monóxido de carbono en relación con el mes de noviembre esto en especial en los sectores céntricos del Distrito

Metropolitano de Quito como es el Centro Histórico y Belisario que mostraron un incremento considerable esto puede deberse al aumento de flujo vehicular que ocurre por época navideña en estas ubicaciones.

Contribución de los autores

Conceptualización, Tafur, Oña; metodología, Oña; software, Oña; validación, Tafur; análisis formal, Tafur, Oña; investigación, Tafur, Oña; recursos, Oña; curación de datos, Tafur, Oña; redacción y preparación del borrador original, Tafur, Oña; redacción, revisión y edición.

Referencias

- Anwar, M. N., Shabbir, M., Tahir, E., Iftikhar, M., Saif, H., Tahir, A., ... & Nizami, A. S. (2021). Emerging challenges of air pollution and particulate matter in China, India, and Pakistan and mitigating solutions. *Journal of Hazardous Materials*, 416, 125851. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.125851>
- Brum, A. N., de Lima Brum, R., da Silva Bonifácio, A., da Silva Júnior, F. M. R., & Zhang, L. (2024). Impact of temperature increase on air pollutants-A case study in a small city in southern Brazil. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 9, 100624. <https://doi.org/10.1016/j.cscee.2024.100624>
- Cornejo-Vásquez, D., Rodríguez-Espinosa, F., Guasumba, A., & Toulkeridis, T. (2022). Efectos contrastivos de la evaluación de la contaminación ambiental en dos zonas del Distrito Metropolitano de Quito, Ecuador. *LA GRANJA. Revista de Ciencias de la Vida*, 36(2), 98-112. <https://doi.org/10.17163/lgr.n36.2022.08>
- Chau, P. N., Zalakeviciute, R., Thomas, I., & Rybarczyk, Y. (2022). Deep learning approach for assessing air quality during COVID-19 lockdown in Quito. *Frontiers in big Data*, 5, 842455. <https://doi.org/10.3389/fdata.2022.842455>
- Chuquer Solá, D., Ampudia Vásquez, S., Puertas De La Cruz, C., Bustamante Granda, L., Reina Velasco, C., & Ramírez Cevallos, F. (2018). CONTAMINACIÓN DEL AIRE A FILO DE CALLE EN QUITO, CASO ESTUDIO GUAYAQUIL Y ESPEJO. *Perfiles*, 2(20), 90-99. <https://doi.org/10.47187/perf.v2i20.38>
- Dallal, G. E., & Wilkinson, L. (1986). An analytic approximation to the distribution of Lilliefors's test statistic for normality. *The American Statistician*, 40(4), 294-296. <https://doi.org/10.1080/00031305.1986.10475419>
- Dhonju, H. K., Walsh, K. B., & Bhattarai, T. (2023). Web mapping for farm management information systems: A review and Australian orchard case study. *Agronomy*, 13(10), 2563. <https://doi.org/10.3390/agronomy13102563>
- Félix-Arellano, E. E., Schilmann, A., Hurtado-Díaz, M., Texcalac-Sangrador, J. L., & Riojas-Rodríguez, H. (2020). Revisión rápida: Contaminación del aire y morbimortalidad por Covid-19. *Salud Pública de México*, 62(5, sep-oct), 582-589. <https://doi.org/10.21149/11481>
- Filonchik, M., Peterson, M. P., Zhang, L., Hurynovich, V., & He, Y. (2024). Greenhouse gases emissions and global climate change: Examining the influence of CO₂, CH₄, and N₂O. *Science of The Total Environment*, 173359. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.173359>
- Fuenzalida-Díaz, M. (2015). Evaluación de modelos geoestadísticos aplicados a la exposición al contaminante atmosférico

- PM10 en Chile. *Ciencias Espaciales*, 8(1), 441-457. <https://doi.org/10.5377/ce.v8i1.2060>.
- Flores, A. N. B., Cuevas-Vargas, H., Santiago, C. A. M., & Martínez-Jiménez, O. (2022). Análisis Post Covid-19 del Aprendizaje en Línea en Alumnos de la Universidad Tecnológica del Sureste de Veracruz. *Universo de la Tecnológica*, 37-49. <https://revista.utnay.edu.mx/index.php/ut/article/view/87>
- Hernández-Flórez, L. J., Aristizabal-Duque, G., Quiroz, L., Medina, K., Rodríguez-Moreno, N., Sarmiento, R., & Osorio-García, S. D. (2013). Contaminación del aire y enfermedad respiratoria en menores de cinco años de Bogotá, 2007. *Revista de salud Pública*, 15, 552-565. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0124-00642013000400002&script=sci_arttext
- Hoegh-Guldberg, O., Jacob, D., Taylor, M., Guillén Bolaños, T., Bindi, M., Brown, S., ... & Zhou, G. (2019). The human imperative of stabilizing global climate change at 1.5 C. *Science*, 365(6459), eaaw6974. [10.1126/science.aaw6974](https://doi.org/10.1126/science.aaw6974)
- Ibarra, M. B. S. (2018). Valoración económica de la contaminación del aire Caso de las parroquias Belisario Quevedo y Cotocollao del Distrito Metropolitano de Quito. <https://repositorio.puce.edu.ec/handle/123456789/34242>
- Lacasaña-Navarro, M., Aguilar-Garduño, C., & Romieu, I. (1999). Evolución de la contaminación del aire e impacto de los programas de control en tres megaciudades de América Latina. *Salud Pública de México*, 41(3), 203-215. <https://doi.org/10.1590/S0036-36341999000300008>.
- Lavado, MA (2021). *Zonificación, evaluación y modelamiento geoestadístico de los datos de calidad del aire PM2.5, para la ciudad de Bogotá, en el año 2019*. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10654/38905>.
- López, I. L. M., Veloz, M. F. V., López, G. A. C., Ipiates, D. S. R., & Barceló, N. M. (2020). Afecciones respiratorias y contaminación ambiental en Riobamba, Ecuador. *Correo Científico Médico de Holguín*, 24(1). <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=95780>.
- Liu, J., Hou, B., Lu, M., & Wang, D. (2024). Box-Cox transformation based state-space modeling as a unified prognostic framework for degradation linearization and RUL prediction enhancement. *Reliability Engineering & System Safety*, 244, 109952. <https://doi.org/10.1016/j.ress.2024.109952>
- Mandal, J., Chanda, A., & Sarkar, S. (2024). Outdoor PM2.5 pollution levels and their degree of compliance with WHO air quality guidelines across 760 cities in China, India, and Pakistan. *Environment, Development and Sustainability*, 1-28. <https://doi.org/10.1007/s10668-024-05816-7>
- Medina Palacios, E. K. (2019). La contaminación del aire, un problema de todos. *Revista de la Facultad de Medicina*, 67(2), 189-191. <https://doi.org/10.15446/revfac-med.v67n2.82160>
- Moreira-Romero, Á. F. (2018). Contaminación del aire en el medio ambiente por las emisiones de gases tóxicos de empresas industriales en Ecuador. *Polo del conocimiento*, 3(7), 299-306. <https://pdfs.semanticscholar.org/8b71/bd3dcc9391c631c6959f2c5ee16484922f21.pdf>.
- Moscoso-Vanegas, D. L., Astudillo-Alemán, A. L., & Vázquez-Freire, V. E. (2015). Modelamiento de la calidad del aire en la ciudad de Cuenca-Ecuador. *ITECKNE*, 12(2), 188-197. <https://doi.org/10.15332/iteckne.v12i2.1245>
- Moscoso-Vanegas, D. L., Monroy-Morocho, L. M., Narváez-Vera, M. A., Espinoza-Molina, C., & Astudillo-Alemán, A. L. (2019). Phyto-toxic effect of particular material PM10 collected in the urban area of the city of Cuenca, Ecuador. *ITECKNE*, 16(1), 12-20. <https://doi.org/10.15332/iteckne.v16i1.2157>
- Ordoñez, L. H. T., Pazmiño, A. M. A., Soriano, F. E. R., & Novillo, C. R. O. (2021). Contaminación del aire y su influencia en la incidencia de enfermedades respiratorias en Santa Elena Ecuador 2020. *Boletín de Malariología y Salud Ambiental*, 61(2), 328-336. <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/biblio-1411869>
- Peña Murillo, S. E. (2018). Impacto de la contaminación atmosférica en dos principales ciudades del Ecuador. *Revista Universidad y Sociedad*, 10(2), 289-293.
- Rentschler, J., & Leonova, N. (2023). Global air pollution exposure and poverty. *Nature Communications*, 14(1), 4432. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-39797-4>
- Rybarczyk, Y., & Zalakeviciute, R. (2021). Assessing the COVID-19 impact on air quality: A machine learning approach. *Geophysical Research Letters*, 48(4), e2020GL091202. <https://doi.org/10.1029/2020GL091202>
- Rodríguez-Guerra, A., & Cuvi, N. (2019). Contaminación del Aire y Justicia Ambiental en Quito, Ecuador. *Fronteiras: Journal of Social, Technological and Environmental Science*, 8(3), 13-46. <https://doi.org/10.21664/2238-8869.2019v8i3.p13-46>
- Sánchez, R. D. R. (2023). *Cuantificación de emisiones de NO2 basadas en un modelo matemático de conversión de unidades satelitales a locales en el Distrito Metropolitano de Quito* (Doctoral dissertation, Universidad Central del Ecuador). <https://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/32015>
- Shaddick, G., Thomas, M. L., Mudu, P., Ruggeri, G., & Gumy, S. (2020). Half the world's population are exposed to increasing air pollution. *NPJ Climate and Atmospheric Science*, 3(1), 1-5. <https://doi.org/10.1038/s41612-020-0124-2>
- Sicard, P., Agathokleous, E., Anenberg, S. C., De Marco, A., Paoletti, E., & Calatayud, V. (2023). Trends in urban air pollution over the last two decades: A global perspective. *Science of The Total Environment*, 858, 160064. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.160064>

Competitividad sostenible y capital intelectual en MiPYMES de la zona norte de Ecuador

Sustainable competitiveness and intellectual capital in MSMEs in the northern zone of Ecuador

Luis Homero Viveros Almeida¹ , Yasmany Fernández Fernández¹ , Erika Paola Realpe Cabrera¹

¹Universidad Politécnica Estatal del Carchi

Fecha de recepción: 19/02/2025

Fecha de aceptación: 25/05/2025

Fecha de publicación: 30/06/2025

Resumen

El objetivo de este estudio fue analizar la relación entre capital intelectual y rendimiento competitivo sostenible en micro, pequeñas y medianas empresas (MiPYMES) de la zona 1 de Ecuador, fundamentado en la teoría de escalones superiores y considerando la importancia de la competitividad sostenible de las organizaciones. Para este efecto se empleó un diseño cuantitativo, de tipo descriptivo y de corte transversal mediante un cuestionario con escala de Likert aplicado a una muestra aleatoria de empresarios. Los principales resultados mostraron que el género del empresario no presenta diferencias significativas en su relación con el capital intelectual ni con el rendimiento competitivo sostenible. Las empresas del sector servicios registraron mayor capital intelectual, mientras que los sectores servicios y comercio mostraron un rendimiento competitivo superior. También, se identificó una correlación positiva moderada entre capital intelectual y rendimiento competitivo sostenible. Por último, se estableció que los activos intangibles constituyen factores determinantes para la competitividad empresarial, evidenciando diferencias sectoriales que requieren estrategias particulares. Los hallazgos confirman la relevancia del capital intelectual como predictor del rendimiento competitivo sostenible en MiPYMES ecuatorianas de la región norte.

Palabras clave: Rendimiento competitivo sostenible. Capital intelectual. Competitividad sostenible. MiPYMES.

Abstract

The primary aim of this study was to analyze the relationship between intellectual capital and sustainable competitive performance in MSMEs (Micro, Small, and Medium Enterprises) located in Zone 1 of Ecuador. This analysis was grounded in the upper echelons theory and recognized the importance of sustainable organizational competitiveness. To achieve this, a quantitative, descriptive, and cross-sectional design was employed, utilizing a Likert scale questionnaire administered to a random sample of business owners. The main findings revealed that the business owner's gender had no significant impact on its relationship with intellectual capital or sustainable competitive performance. Service sector businesses demonstrated higher intellectual capital, while both the service and commerce sectors exhibited superior competitive performance. Additionally, a moderate positive correlation was identified between intellectual capital and sustainable competitive performance. Finally, the study established that intangible assets are crucial determinants of business competitiveness, showing sectoral differences that necessitate specific strategies. These findings affirm the relevance of intellectual capital as a predictor of sustainable competitive performance in Ecuadorian MSMEs within the northern region.

Keywords: Sustainable competitive performance. Intellectual capital. Sustainable competitiveness. MSMEs.

Introducción

En la actualidad se observa un entorno empresarial dinámico, la búsqueda de ventajas competitivas sostenibles se ha convertido en un precepto dominante estratégico para las organizaciones (Dwikat, et al., 2023). Desde esta postura, el capital intelectual se puede entender como un recurso importante, que puede estimular la innovación y el rendimiento organizacional (Rehman, et al., 2023). En este sentido, este estudio analiza la relación entre el capital intelectual y el rendimiento competitivo sostenible (Yassen, et al., 2023), empleando como base la teoría de los escalones superiores. De acuerdo con la revisión de literatura el capital intelectual viene a constituirse en el conjunto de activos intangibles y capacidades apoyadas en el conocimiento que una organización puede aprovechar para crear valor y lograr una ventaja competitiva (Edvinsson & Malone, 1997; Ahmad, et al., 2023). Esta concepción incluye una amplia variedad de recursos que no son físicos, pero contribuyen al éxito organizacional. Entonces, las dimensiones del Capital Intelectual pueden analizarse siguiendo el modelo propuesto por Bontis (1998), en el cual el concepto se puede descomponer en tres dimensiones principales (Arshad, et al., 2023), el capital humano, que engloba el conocimiento, habilidades, experiencia y capacidades de los empleados de una organización; el capital estructural, que se refiere a los sistemas, procesos, estructuras y cultura organizacional que permiten la creación, retención y transferencia de conocimiento; y el capital relacional, que abarca las relaciones que la organización mantiene con los grupos de interés externos, incluyendo clientes, proveedores y socios estratégicos (Ali, et al., 2023; Jordão & Novas, 2024). Por otro lado, el rendimiento competitivo sostenible se puede definir como la capacidad de una organización para mantener un desempeño superior al de sus competidores a lo largo del tiempo (Barney, 1991). Este concepto se encuentra relacionado con la noción de ventaja competitiva sostenible, que implica la creación de valor de forma única y que es difícil de imitar por los competidores (Waheed & Zhang, 2022). Los indicadores del rendimiento competitivo sostenible pueden incluir la rentabilidad a largo plazo, el crecimiento de la cuota de mercado, la innovación continua, la satisfacción y lealtad del cliente, la eficiencia operativa y la adaptabilidad a cambios en el entorno. En secuencia y con la finalidad de aproximarnos a la teoría que permite sustentar este estudio, se conoce que la teoría de los escalones superiores, propuesta por Hambrick y Mason (1984), explica que las características, experiencias y valores de los altos directivos influyen significativamente en las decisiones estratégicas y, por tanto, en el rendimiento organizacional (Ying, et al., 2019).

Capital intelectual, rendimiento competitivo sostenible y teoría de escalones superiores

La teoría de los escalones superiores propone que las características cognitivas y experienciales de los directivos moldean su interpretación del entorno y las subsecuentes decisiones estratégicas. De este modo, la relación entre el capital intelectual y el rendimiento competitivo sostenible es positiva (Ahmad, et al., 2023) y puede explicarse a través de varios mecanismos. Así, en la toma de decisiones estratégicas, los altos directivos, con su capital humano individual -conocimientos, experiencias, habilidades-, influyen directamente en la formulación e implementación de estrategias que pueden llevar a un rendimiento óptimo sostenible (Yaseen, et al., 2023). Luego, en la gestión del conocimiento, debido a que la capacidad de los líderes para gestionar eficazmente el capital estructural de la organización (sistemas y procesos) puede facilitar la creación, transferencia y aplicación del conocimiento, fomentando la innovación y la adaptabilidad (Rehman, et al., 2022). Y por último, en la cultura de aprendizaje, los líderes pueden fomentar una cultura organizacional que valora el aprendizaje continuo y la innovación, aspectos cruciales del capital intelectual que sustentan el rendimiento a largo plazo (Arshad, et al., 2023). Desde estos antecedentes, varios estudios han proporcionado evidencia empírica que respalda la relación positiva entre el capital intelectual y el rendimiento competitivo sostenible (Ahman, et al., 2023; Alvino et al., 2021), así como de la relevancia de la teoría de los escalones superiores, como, por ejemplo: Hsu y Wang (2012), quienes encontraron que el capital intelectual tiene un efecto positivo en el rendimiento organizacional, mediado por las capacidades dinámicas de la empresa. También, Kor (2003) demostró que la experiencia compartida del equipo de alta dirección en la industria y la empresa está relacionada positivamente con el crecimiento de la firma. Carmeli y Tishler (2004) expusieron que los elementos intangibles, incluido el capital intelectual, tienen un efecto significativo en el rendimiento organizacional en el sector público. De este modo, la evidencia sugiere que el capital intelectual, especialmente cuando es gestionado y aprovechado eficazmente por los altos directivos, puede ser un impulsor significativo del rendimiento sostenible (Bansal, et al., 2023). La combinación de estos hallazgos ofrece un cuadro teórico para entender cómo las organizaciones pueden crear y mantener ventajas competitivas en entornos dinámicos (Yaseen, et al., 2023).

La relación entre género y capital intelectual es compleja y multidisciplinaria. Según el estudio realizado por Khalique et al. (2015), el género juega un papel significativo en la acumulación y utilización del

capital intelectual. Los autores mostraron que las diferencias de género en la educación, las oportunidades de desarrollo profesional y los roles sociales pueden influir en la forma en que se despliega y se usa el capital intelectual en las organizaciones. Por otro lado, Rodrigues et al. (2021) argumentaron que la diversidad de género en los equipos de trabajo puede enriquecer el capital intelectual de una organización. Esta última investigación sugiere que los equipos con mayor diversidad de género tienden a mostrar una mayor capacidad de innovación y resolución de problemas, lo que contribuye de forma positiva al capital intelectual de la empresa. Sin embargo, Terjesen et al. (2019) señalaron que, aunque haya avances en la igualdad de género, las mujeres siguen estando en posiciones de liderazgo subordinadas, lo que puede reducir su contribución al capital intelectual organizacional. Este hallazgo expone la importancia de abordar las barreras estructurales y culturales que limitan la adecuada participación de las mujeres en la creación y gestión del capital intelectual.

En complemento, la relación entre género y rendimiento competitivo sostenible ha sido estudiada de forma significativa. El estudio seminal de Post y Byron (2015) encontró una relación positiva entre la diversidad de género en los consejos de administración y el rendimiento financiero de las empresas. Los autores concluyeron que la presencia de mujeres en los consejos de administración se encuentra asociada con un alto rendimiento financiero, especialmente en países con mayor protección de los accionistas. Complementando estos hallazgos, Kirsch (2018) argumentó que la diversidad de género en los equipos de liderazgo puede contribuir a un rendimiento competitivo sostenible. Su investigación sugirió que los equipos de liderazgo con mayor diversidad de género tienden a tomar decisiones equilibradas y a considerar una franja amplia de factores en la planificación estratégica, lo que puede llevar a un rendimiento sostenible a largo plazo. Sin embargo, es importante destacar que la relación entre género y rendimiento competitivo sostenible no es simple ni tampoco lineal. Por esto, Cook y Glass (2018) concluyeron que la sola presencia de mujeres en posiciones de liderazgo no garantiza un mejor rendimiento.

Adicionalmente, Inkinen (2015) en su revisión de literatura sobre capital intelectual, concluyó que existe una clara evidencia empírica que respalda la relación positiva entre el capital intelectual y el rendimiento de las empresas, la innovación y la creación de valor. Profundizando en esta relación, Bontis et al. (2018) examinaron el impacto del capital intelectual en el crecimiento económico a nivel nacional porque su

estudio reveló que las economías con mayores inversiones en capital humano, estructural y relacional pueden exponer tasas más altas de crecimiento económico y productividad. No obstante, es importante reconocer que la relación entre capital intelectual y actividad económica puede variar según el contexto. Cavicchi y Vagnoni (2018) señalaron que el impacto del capital intelectual en la actividad económica puede estar moderado por factores como el entorno institucional, la estructura de la industria y las políticas gubernamentales. Esta observación recalca la necesidad de un enfoque contextual en la gestión y desarrollo del capital intelectual. Así, Teece (2018) en su trabajo sobre capacidades dinámicas, mostró que, en un entorno económico caracterizado por el cambio rápido y la incertidumbre, la capacidad de una organización para adaptarse, innovar y reconfigurarse es importante para mantener un rendimiento competitivo sostenible. Esta perspectiva enfatiza la importancia de la agilidad organizacional y la innovación continua en la actividad económica contemporánea. Complementando esta visión, Kramer y Porter (2019) proponen el concepto de valor compartido como clave para un rendimiento competitivo sostenible porque las empresas que alinean su creación de valor económico con la generación de valor social pueden lograr una ventaja competitiva duradera y contribuir al desarrollo económico sostenible.

Sin embargo, es importante reconocer los desafíos inherentes a la búsqueda de un rendimiento competitivo sostenible, porque Schrettle et al. (2014) sugirieron que la presión por resultados a corto plazo puede entrar en conflicto con las inversiones necesarias para un rendimiento sostenible a largo plazo. Los hallazgos presentados manifestaron la importancia de considerar estos factores de manera integrada para comprender el desempeño económico, por lo cual el género puede enriquecer el capital intelectual y contribuir a un rendimiento sostenible. Además, la búsqueda de un rendimiento competitivo sostenible requiere un enfoque equilibrado que considere tanto los aspectos económicos como el sector de la actividad empresarial. Por esto, se requiere profundizar la investigación para conocer los mecanismos subyacentes y las contingencias que moldean esta relación en diferentes entornos, tratando de responder las siguientes preguntas de investigación:

RQ1: ¿Existen diferencias significativas en el capital intelectual de las MiPYMES según el género del empresario?

RQ2: ¿Existen diferencias significativas en el rendimiento competitivo sostenible de las MiPYMES según el género del empresario?

RQ3: ¿Existen diferencias significativas en el capital intelectual de las MiPYMES según la actividad económica de la empresa?

RQ4: ¿Existen diferencias significativas en el rendimiento competitivo sostenible de las MiPYMES según la actividad económica de la empresa?

RQ5: ¿Existe una relación significativa entre el capital intelectual y el rendimiento competitivo sostenible de las MiPYMES?

Métodos

Esta investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, caracterizado por la recolección de datos numéricos y el análisis estadístico para responder las preguntas de investigación y establecer patrones de comportamiento (Hernández et al., 2014). El estudio fue de tipo descriptivo, ya que buscó especificar propiedades, características y rasgos importantes de las variables analizadas (Bernal, 2010) capital intelectual (CI) y rendimiento competitivo sostenible (RCS). Se trató de un estudio de corte transversal, donde la recolección de datos se realizó en un solo momento temporal, proporcionando así una "imagen" de la situación en un tiempo específico (Kumar, 2011). La población objetivo del estudio estuvo constituida por empresarios de micro, pequeñas y medianas empresas (MiPYMES) en la zona de planificación 1 de Ecuador (provincias de Carchi, Imbabura, Esmeraldas y Sucumbíos). Se aplicó un muestreo aleatorio simple, lo que permitió que cada elemento de la población tenga la misma probabilidad de ser seleccionado para la muestra (Cochran, 1977). Este tipo de muestreo se eligió para garantizar la representatividad de la muestra y minimizar el sesgo de elección. Se obtuvieron 343 respuestas válidas de las 380 previstas en el cálculo inicial. Se utilizó un cuestionario estructurado como instrumento principal para la recolección de datos. El cuestionario se diseñó para ser autoadministrado en formato online, facilitando así su distribución y la recopilación de respuestas por medio de Microsoft Formularios. El cuestionario se compuso de dos secciones.

Se emplearon escalas de Likert para medir las variables de interés conforme a la tabla anterior. En este estudio, se utilizó una escala de 5 puntos, donde 1 representó totalmente en desacuerdo, 2= En desacuerdo, 3= Indiferente, 4= De acuerdo y 5= Totalmente de acuerdo. Previo a su aplicación, el cuestionario fue sometido a un proceso de validación que incluyó una prueba piloto con una muestra reducida de la población objetivo y una análisis de confiabilidad mediante el cálculo del alfa de Cronbach. La recolección de datos se llevó a cabo durante un período de 4 semanas, entre agosto y septiembre de 2024. Para maximizar la tasa de respuesta, se envió mensajes recordatorios por grupo de WhatsApp a través del apoyo de la Dirección zonal 1 del Ministerio de Producción Comercio Exterior Inversiones y Pesca del Ecuador. Los datos recopilados se sometieron a un proceso de limpieza y codificación, eliminando respuestas incompletas o inválidas, preparando la base de datos para el análisis estadístico. El análisis incluyó la parte descriptiva, por medio de tablas de frecuencias, para caracterizar la muestra; el análisis de fiabilidad, por medio de Alfa de Cronbach para evaluar la consistencia interna de las escalas (**Tabla 1**) con resultado favorable; el análisis de normalidad por medio de la prueba de Kolmogorov-Smirnov [(CI: estadístico= 0.112; Sig= 0.000), (RCS: estadístico= 0.119; Sig= 0.000)], que mostraron que los datos no evidencian una distribución normal. Con estos antecedentes, se utilizaron pruebas no paramétricas para analizar evidencia de diferencias significativas entre grupos, U de Mann-Whitney para dos grupos y H de Kruskal-Wallis para más de dos grupos. Al final se aplicó la prueba Rho de Spearman para analizar la relación entre las variables.

También, se implementaron medidas para garantizar la ética en la investigación, por medio del consentimiento informado de los participantes, confidencialidad y anonimato de las respuestas, y el uso de los datos exclusivamente para fines académicos y de investigación. Las pruebas estadísticas se realizaron por medio del programa estadístico JASP 0.19.1.0

Tabla 1. Estructura del cuestionario.

Secciones	Fuente	Alfa de Cronbach
Sección A Datos informativos	Autores	N/A
Sección B Variable: Capital Intelectual	Khan, S. et al. (2018); Anwar, M. et al. (2018); Ying, Q. et al. (2019)	0.88
Variable: Rendimiento Competitivo Sostenible	Degong, M. et al. (2019); Ying, Q. et al. (2019)	0.90

Fuente: Elaboración propia.

Resultados y discusión

En relación con los datos demográficos se encontró que la mayor parte de empresarios son mujeres (57%) y una menor proporción, hombres (43%). Las actividades económicas encontradas fueron representadas en mayor grado por el comercio.

Tabla 2. Actividad económica.

Actividad económica	Porcentaje
Agropecuaria	18,4%
Manufactura	32,7%
Comercio	42,9%
Servicios	6,1%
Total	100,0%

Fuente: Elaboración propia.

Esta participación de los negocios por sectores de actividades económicas es congruente con las principales empresas que se desarrollan en la zona de frontera desde la parte ecuatoriana, predominando el comercio en sus provincias.

Análisis de diferencias significativas

• Género y capital intelectual.

Para comparar el género con la variable capital intelectual en la MiPYME, se ha utilizado la prueba U de Mann-Whitney, que es una prueba no paramétrica utilizada para comparar dos grupos independientes. En este caso, los rangos promedio obtenidos fueron: masculino= 178,35 y femenino= 167,30, por lo cual el rango promedio más alto lo tiene el grupo masculino, lo que sugiere que tienden a mostrar valores más altos de capital intelectual, por lo que esta diferencia tuvo que ser evaluada estadísticamente. Así, los estadísticos de prueba aplicados dieron los siguientes resultados:

- U de Mann-Whitney= 13454,500;
- W de Wilcoxon= 32957,500 (suma de rangos del grupo con menor tamaño);
- Z= -1,023 y
- Significación asintótica (bilateral)= 0,306.

Debido a que el valor p es 0,306; mayor que el nivel de significación típico de 0,05 se muestra que no hay evidencia estadística suficiente para rechazar la hipótesis nula. Por tanto, no se puede concluir que exista una diferencia significativa en el Capital Intelectual

entre empresarios masculinos y femeninos. Las diferencias observadas en los rangos promedio podrían deberse al azar y no a una verdadera diferencia entre los grupos. Entonces, aunque los empresarios masculinos tienen un rango promedio ligeramente más alto en capital intelectual, esta diferencia no es estadísticamente significativa. En consecuencia, sobre la base de estos datos, no se puede afirmar que exista una diferencia real en el capital intelectual entre empresarios masculinos y femeninos.

• Género y rendimiento competitivo sostenible.

En este apartado, al comparar el rendimiento competitivo sostenible entre empresarios de género masculino y femenino los rangos promedio fueron de: masculino= 183,39 y femenino= 163,56. El grupo masculino tiene un rango promedio más alto, lo que sugiere una tendencia a valores más altos de rendimiento competitivo sostenible. Entonces, al igual que en el caso anterior se aplicaron estadísticos de prueba que expusieron lo siguiente:

- U de Mann-Whitney= 12718,500,
- W de Wilcoxon= 32221,500 (suma de rangos del grupo femenino),
- Z= -1,843 y
- Significación asintótica (bilateral)= 0,065.

El valor p 0,065, que es ligeramente superior al nivel de significación convencional (p=0,05), implicó que no hay evidencia estadística suficiente para rechazar la hipótesis nula al nivel de significación del 5% ($\alpha = 0,05$). Esto implica que puede existir una tendencia hacia una diferencia entre los grupos, pero no es lo suficientemente fuerte como para ser considerada estadísticamente significativa al nivel convencional. Esta tendencia hacia un mayor rendimiento competitivo sostenible en empresarios masculinos no es lo suficientemente fuerte como para ser concluyente al nivel de confianza del 95%, por lo cual puede ser interesante investigar más a fondo esta diferencia con una muestra más grande o considerando otros factores que puedan influir en el rendimiento competitivo sostenible.

• Actividad económica y capital intelectual.

En este análisis se presentan diferencias entre grupos, porque el valor p (Sig. asintótica) es 0.000, que es menor que 0.05. Esto indica que hay diferencias estadísticamente significativas en el capital intelectual entre al menos dos de los grupos de actividad económica. Basados en los rangos promedio, podemos ordenar los sectores de mayor a menor capital intelectual: (1) servicios, (2) comercio, (3) manufactura y (4) agropecuario. Así, el sector agropecuario tiene

el rango promedio más bajo (109.44), sugiriendo el menor nivel de capital intelectual; el sector servicios tiene el rango promedio más alto (222.83), indicando el mayor nivel de capital intelectual; y los sectores de manufactura y comercio tienen rangos promedio similares (181.60 y 184.24 respectivamente), sugiriendo niveles parecidos de capital intelectual. La diferencia más notable parece estar entre el sector agropecuario y los demás sectores, así como entre el sector servicios y los demás. De este modo, hay evidencia estadística sólida de que el capital intelectual difiere significativamente entre los sectores económicos. En resumen, el sector agropecuario parece tener el nivel más bajo de capital intelectual, mientras que el sector servicios parece tener el más alto y los sectores de manufactura y comercio parecen tener niveles intermedios y similares entre sí.

- **Actividad económica y rendimiento competitivo sostenible.**

Para este caso, los rangos promedio indican que, en general, las empresas del sector servicios tienden a revelar un rendimiento competitivo sostenible mayor en comparación con los demás sectores, mientras que las del sector agropecuario tienen el menor rendimiento competitivo sostenible en este análisis. La H de Kruskal-Wallis fue de 31,401 lo cual expone una medida de la diferencia entre los rangos de los distintos grupos. El valor de significancia asintótica fue de 0,000 lo que significa que esta diferencia es estadísticamente significativa a un nivel de significancia común ($\alpha = 0,05$). Debido a que el valor p es menor a 0,05 se rechaza la hipótesis nula de que no existen diferencias entre los grupos.

La prueba de Kruskal-Wallis reveló que hay diferencias significativas en el rendimiento competitivo sostenible entre los diferentes sectores económicos. Entonces, la actividad económica se relaciona de manera significativa con el rendimiento competitivo sostenible de las MiPYMES. Los sectores comercio y servicios parecen tener un rendimiento competitivo sostenible más alto en comparación con los sectores agropecuario y manufactura.

- **Relación entre capital intelectual y rendimiento competitivo sostenible.**

Por último, el análisis de correlación de Spearman revela una asociación positiva y significativa entre el capital intelectual y el rendimiento competitivo sostenible en las MiPYMES. En concreto, el coeficiente de correlación de Spearman fue de $\rho = 0,575$, lo cual indica una relación positiva moderada entre ambas variables. Este resultado sugiere que, a mayor desarrollo del capital intelectual en las MiPYMES, mayor es el rendimiento competitivo sostenible de estas

empresas. La significancia estadística del resultado ($p < 0,01$) implica que la probabilidad de que esta correlación ocurra por azar es muy baja, por lo que se puede afirmar con un alto grado de confianza que existe una relación real entre el capital intelectual y el rendimiento competitivo sostenible en el contexto de las MiPYMES analizadas. Estos resultados concuerdan con la literatura revisada, destacándose la importancia del capital intelectual como una cuestión estratégica que puede mejorar el desempeño competitivo sostenible de las organizaciones.

Considerando los resultados, se ofrece un marco de comparación importante en relación con la literatura existente y las implicaciones teóricas y prácticas que se derivan de ellos. En primer lugar, la relación positiva y significativa encontrada entre el capital intelectual y el rendimiento competitivo sostenible confirma y refuerza los hallazgos presentados en la revisión de literatura. Esta relación se alinea con los estudios previos de Hsu y Wang (2012), quienes encontraron un efecto positivo del capital intelectual en el rendimiento organizacional, y con las afirmaciones de Ahmad et al. (2023) sobre la relación positiva entre estos constructos. La correlación moderada sugiere que, si bien el capital intelectual es un factor importante para el rendimiento competitivo sostenible de las MiPYMES, no es el único determinante. Esto implica que las organizaciones deben considerar el desarrollo del capital intelectual como una estrategia clave, pero con un enfoque integral que incluya otros factores organizacionales y contextuales.

La correlación positiva encontrada plantea que las tres dimensiones del capital intelectual (Bontis, 1998), trabajan de manera sinérgica para promover el rendimiento competitivo sostenible. En cuanto a la relación entre género y capital intelectual, estos resultados no mostraron diferencias estadísticamente significativas entre empresarios masculinos y femeninos. Este hallazgo contrasta con algunas de las perspectivas presentadas en la introducción, como la de Khalique et al. (2015), quienes sugirieron que el género juega un papel significativo en la acumulación y utilización del capital intelectual. No obstante, estos resultados podrían interpretarse como un respaldo a la idea de que la diversidad de género en los equipos de trabajo puede enriquecer el capital intelectual de una organización, como los propusieron Rodrigues et al. (2021). La ausencia de diferencias significativas podría indicar que, en el contexto de las MiPYMES estudiadas, tanto hombres como mujeres están contribuyendo de manera equitativa al desarrollo del capital intelectual. No obstante, es importante considerar que este resultado podría estar afectado por factores contextuales específicos de la población en estudio y

no necesariamente puede reflejar la situación en todos los contextos empresariales.

La relación entre género y rendimiento competitivo sostenible mostró una tendencia interesante, aunque no fue estadísticamente significativa al nivel convencional. Este resultado, sugiere una ligera ventaja para los empresarios masculinos, por lo cual merece un análisis minucioso. Por un lado, parece contradecir parcialmente los hallazgos de Post y Byron (2015) sobre la relación positiva entre la diversidad de género en los consejos de administración y el rendimiento financiero. Y, por otro lado, como señalan Cook y Glass (2018), la presencia de mujeres en posiciones de liderazgo no garantiza automáticamente un mejor rendimiento. Estos resultados destacan la complejidad de la relación e indican la necesidad de investigar a fondo los factores que podrían estar influyendo en esta tendencia, como las barreras estructurales y culturales mencionadas por Terjesen et al. (2019).

El análisis de la relación entre la actividad económica y el capital intelectual reveló diferencias significativas entre los sectores, con el sector servicios mostrando los niveles más altos de capital intelectual, seguido por comercio y manufactura, y con el sector agropecuario presentando los niveles más bajos. Estos hallazgos respaldan la afirmación de Inkinen (2015) sobre la fuerte evidencia empírica que respalda la relación entre el capital intelectual y el rendimiento empresarial, pero añaden un matiz importante al mostrar cómo esta relación puede variar significativamente entre sectores económicos. Esta variación sectorial tiene implicaciones importantes para la gestión del capital intelectual y las políticas de desarrollo económico porque plantea que las estrategias para fomentar el capital intelectual deben ser adaptadas a las características específicas de cada sector, reconociendo las diferencias que cada uno presenta.

De igual forma, las diferencias significativas encontradas en el rendimiento competitivo sostenible entre los diferentes sectores económicos respaldan la idea de Teece (2018) sobre la importancia de la adaptabilidad y la innovación en entornos económicos cambiantes. El hecho de que los sectores de comercio y servicios muestren un rendimiento competitivo sostenible más alto que los sectores agropecuario y manufactura podría reflejar diferencias en la capacidad de estos sectores para adaptarse rápidamente a los cambios del mercado y aprovechar nuevas oportunidades. Este hallazgo tiene implicaciones importantes para las políticas de desarrollo económico y las estrategias de las MiPYMES, exponiendo la necesidad de fortalecer las capacidades de adaptación e innovación, especialmente en los sectores que muestran un menor rendimiento competitivo sostenible.

La integración de estos hallazgos con la teoría de los escalones superiores de Hambrick y Mason (1984) ofrece una postura destacada sobre cómo las características y experiencias de los altos directivos pueden influir en la relación entre el capital intelectual y el rendimiento competitivo sostenible. Aunque este estudio no examinó directamente las características de los directivos, la variación observada entre sectores y la tendencia (aunque no significativa) en las diferencias de género sugieren que factores a nivel de liderazgo podrían estar jugando un papel importante en cómo se desarrolla y se aprovecha el capital intelectual para lograr un rendimiento competitivo sostenible. Al final, el capital intelectual se manifiesta como una variable significativa que podría influir positivamente en la capacidad de las MiPYMES para mantener un rendimiento competitivo sostenible en el tiempo, presentando la transcendencia de las inversiones en conocimiento, habilidades y capacidades organizacionales para mejorar su competitividad.

Estos resultados tienen implicaciones importantes tanto para la teoría como para la práctica. Desde una perspectiva teórica, el estudio contribuye a una comprensión de cómo el capital intelectual se relaciona con el rendimiento organizacional, destacando la necesidad de considerar factores contextuales en el análisis de esta relación. Desde una perspectiva práctica, los hallazgos acentúan el valor de que las MiPYMES inviertan en el desarrollo de su capital intelectual como una estrategia válida para mejorar su competitividad sostenible, al tiempo que adaptan sus enfoques a las características específicas de su sector y contexto en el que operan. También las empresas deben adoptar un enfoque integral que constituya el desarrollo del capital humano, estructural y relacional como parte de una estrategia competitiva más amplia; entendiendo que los sectores agropecuario y manufacturero enfrentan desafíos particulares que requieren enfoques específicos para el desarrollo de activos intangibles. Para el caso de la academia, la variación sectorial en capital intelectual demanda programas educativos adaptados a las necesidades específicas de cada sector económico, fortaleciendo competencias en sectores tradicionalmente menos intensivos en conocimiento; evidenciándose la necesidad de investigación más profunda sobre los factores contextuales que afectan la relación capital intelectual-rendimiento en diferentes sectores, especialmente en economías emergentes. Para esto las MiPYMES pueden implementar sistemas de gestión integral, desarrollar estrategias sectoriales específicas e invertir en capacitación continua; de la mano de la academia por medio del fortalecimiento de la investigación aplicada y el desarrollo de programas de vinculación con la sociedad basados en alianzas público – privadas – universidad.

El estudio presenta limitaciones debido a su alcance, en este contexto la respuesta al domicilio de las MiPYMES fue opcional, por lo cual no se contó con respuestas suficientes para estimar diferencias entre provincia de origen y las variables categóricas. Por otro lado, los resultados obedecen a la realidad del región norte del Ecuador en general, por lo que no se pueden inferir a todo el país. Futuras investigaciones podrían profundizar en los mecanismos específicos a través de los cuales el capital intelectual influye en el rendimiento competitivo sostenible en diferentes contextos sectoriales y provinciales, así como explorar más a fondo las dinámicas de género en la gestión del capital intelectual y el logro de un rendimiento competitivo sostenible a nivel ecuatoriano y latinoamericano. Además, sería valioso examinar cómo las características específicas de los líderes de las MiPYMES, en línea con la teoría de los escalones superiores, moderan la relación entre el capital intelectual y el rendimiento competitivo sostenible. Tales investigaciones podrían proporcionar datos adicionales para la teoría y la práctica en el campo de la gestión estratégica de las MiPYMES.

Conclusiones

No se encontró evidencia estadística significativa que apoye diferencias en el capital intelectual entre empresarios masculinos y femeninos. Aunque los hombres mostraron un rango promedio más alto, esta diferencia no es concluyente, sugiriendo que el género no es un factor determinante en el capital intelectual en este contexto.

Similar al capital intelectual, el rendimiento competitivo sostenible también mostró una tendencia hacia mayores valores en empresarios masculinos, aunque no fue estadísticamente significativo al nivel convencional. Esto indica que, aunque hay una tendencia, se requiere más investigación para confirmar si realmente existe una diferencia significativa.

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas en el capital intelectual entre sectores económicos. El sector servicios presentó el mayor nivel de capital intelectual, mientras que el sector agropecuario tuvo el más bajo. Esto sugiere que la actividad económica influye notablemente en la capacidad de las organizaciones para desarrollar capital intelectual.

Los resultados también revelaron diferencias significativas en el rendimiento competitivo sostenible entre sectores. Las empresas del sector servicios mostraron un rendimiento superior en comparación con los sectores agropecuario y manufactura, indicando que la actividad económica tiene un impacto directo en la sostenibilidad competitiva.

Se observó una correlación positiva moderada entre capital intelectual y rendimiento competitivo sostenible. Este hallazgo sugiere que, a mayor desarrollo del capital intelectual, mejor es el rendimiento competitivo sostenible de las MiPYMES. La significancia estadística refuerza la idea de que el capital intelectual es un factor estratégico clave para mejorar la competitividad.

Agradecimientos

A la Dirección Zonal 1 del Ministerio de Producción, Comercio Exterior, Inversiones y Pesca por su apoyo en el levantamiento de encuestas.

Contribución de los autores

Viveros Almeida, redacción del artículo y análisis estadístico; Fernández Fernández, metodología; Realpe Cabrera, revisión de literatura.

Fuente de financiamiento

Esta investigación no recibió financiamiento externo.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses

Referencias

- Ahmad, M., Wu, Q., & Khattak, M. S. (2023). Intellectual capital, corporate social responsibility and sustainable competitive performance of small and medium-sized enterprises: mediating effects of organizational innovation. *Kybernetes*, 52(10), 4014-4040. doi: 10.1108/K-02-2022-0234
- Ali, M. A., Hussin, N., Flayyih, H. H., Haddad, H., Al-Ramahi, N. M., Almbaydeen, T. H., ... & Hasan Abunaila, A. S. (2023). A multidimensional view of intellectual capital and dynamic innovative performance. *Journal of Risk and Financial Management*, 16(3), 139.
- Alvino, F., Di Vaio, A., Hassan, R. and Palladino, R. (2021), Intellectual capital and sustainable development: a systematic literature review. *Journal of Intellectual Capital*, 22(1), 76-94. doi: 10.1108/JIC-11-2019-0259
- Anwar, M. (2018). Business model innovation and SMEs performance—does competitive advantage mediate?. *International Journal of Innovation Management*, 22(07), 1850057. doi: 10.1142/S1363919618500573
- Arshad, M. Z., Arshad, D., Lamsali, H., Alshuaibi, A. S. I., Alshuaibi, M. S. I., Albashar, G., ... & Chuah, L. F. (2023). Strategic resources alignment for sustainability: The impact of innovation capability and intellectual capital on SME's performance. Moderating role of external environment. *Journal of Cleaner Production*, 417, 137884. doi: 10.1016/j.jclepro.2023.137884
- Bansal, S., Garg, I., Jain, M. and Yadav, A. (2023). Improving the performance/competency of small and medium enterprises through intellectual capital. *Journal of Intellectual Capital*, 24(3), 830-853. doi: 10.1108/JIC-07-2021-0189
- Barney, J. (1991). Firm resources and sustained competitive advantage. *Journal of Management*, 17(1), 99-120. doi: 10.1177/014920639101700108

- Bernal, C. A. (2010). *Metodología de la investigación* (3ª ed.). Pearson Educación.
- Bontis, N. (1998). Intellectual capital: An exploratory study that develops measures and models. *Management Decision*, 36(2), 63-76. doi: 10.1108/00251749810204142
- Bontis, N., Ciambotti, M., Palazzi, F., & Sgro, F. (2018). Intellectual capital and financial performance in social cooperative enterprises. *Journal of Intellectual Capital*, 19(4), 712-731. doi: 10.1108/JIC-03-2017-0049
- Carmeli, A., & Tishler, A. (2004). The relationships between intangible organizational elements and organizational performance. *Strategic Management Journal*, 25(13), 1257-1278. doi: 10.1002/smj.428
- Cavicchi, C., & Vagnoni, E. (2018). Does intellectual capital promote the shift of healthcare organizations towards sustainable development? Evidence from Italy. *Journal of Cleaner Production*, 183, 1064-1072. doi: 10.1016/j.jclepro.2017.03.175
- Cochran, W. G. (1977). *Sampling Techniques* (3rd ed.). John Wiley & Sons.
- Cook, A., & Glass, C. (2018). Women on corporate boards: Do they advance corporate social responsibility? *Human Relations*, 71(7), 897-924. doi: 10.1177/0018726717729207
- Degong, M., Ullah, F., Khattak, M. S., & Anwar, M. (2018). Do international capabilities and resources configure firm's sustainable competitive performance? Research within Pakistani SMEs. *Sustainability*, 10(11), 4298. doi: 10.3390/su10114298
- Dwikat, S. Y., Arshad, D., & Mohd Shariff, M. N. (2023). Effect of competent human capital, strategic flexibility and turbulent environment on sustainable performance of SMEs in manufacturing industries in Palestine. *Sustainability*, 15(6), 4781. doi: 10.3390/su15064781
- Edvinsson, L., & Malone, M. S. (1997). *Intellectual Capital: Realizing Your Company's True Value by Finding Its Hidden Brainpower*. (No Title).
- Hambrick, D. C., & Mason, P. A. (1984). Upper echelons: The organization as a reflection of its top managers. *Academy of Management Review*, 9(2), 193-206. doi: 10.5465/amr.1984.4277628
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6ª ed.). McGraw-Hill Education.
- Hsu, L. C., & Wang, C. H. (2012). Clarifying the effect of intellectual capital on performance: The mediating role of dynamic capability. *British Journal of Management*, 23(2), 179-205. doi: 10.1111/j.1467-8551.2010.00718.x
- Inkinen, H. (2015). Review of empirical research on intellectual capital and firm performance. *Journal of Intellectual Capital*, 16(3), 518-565. doi: 10.1108/JIC-01-2015-0002
- Jordão, R.V.D., Novas, J.C. Information and Knowledge Management, Intellectual Capital, and Sustainable Growth in Networked Small and Medium Enterprises. *J Knowl Econ* 15, 563–595 (2024). doi: 10.1007/s13132-022-01043-5
- Khalique, M., Bontis, N., Bin Shaari, J. A. N., & Isa, A. H. M. (2015). Intellectual capital in small and medium enterprises in Pakistan. *Journal of Intellectual Capital*, 16(1), 224-238. doi: 10.1108/JIC-01-2014-0014
- Khan, S. Z., Yang, Q., & Waheed, A. (2019). Investment in intangible resources and capabilities spurs sustainable competitive advantage and firm performance. *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, 26(2), 285-295. doi: 10.1002/csr.1678
- Kirsch, A. (2018). The gender composition of corporate boards: A review and research agenda. *The Leadership Quarterly*, 29(2), 346-364. doi: 10.1016/j.leaqua.2017.06.001
- Kor, Y. Y. (2003). Experience-based top management team competence and sustained growth. *Organization Science*, 14(6), 707-719. doi: 10.1287/orsc.14.6.707.24867
- Kramer, M. R., & Porter, M. (2011). *Creating shared value* (Vol. 17). Boston, MA, USA: FSG.
- Kumar, R. (2011). *Research Methodology: A Step-by-Step Guide for Beginners* (3rd ed.). SAGE Publications.
- Likert, R. (1932). A technique for the measurement of attitudes. *Archives of Psychology*, 22(140), 1-55.
- Post, C., & Byron, K. (2015). Women on boards and firm financial performance: A meta-analysis. *Academy of Management Journal*, 58(5), 1546-1571. doi: 10.5465/amj.2013.0319
- Rehman, S.U., Bresciani, S., Ashfaq, K. and Alam, G.M. (2022). Intellectual capital, knowledge management and competitive advantage: a resource orchestration perspective. *Journal of Knowledge Management*, 26(7), 1705-1731. doi: 10.1108/JKM-06-2021-0453
- Rodrigues, L. L., Tejedó-Romero, F., & Craig, R. (2021). Corporate governance and intellectual capital reporting in a period of financial crisis: Evidence from Portugal. *International Journal of Disclosure and Governance*, 18(4), 342-360. doi: 10.1057/jdg.2015.20
- Schrettle, S., Hinz, A., Scherrer-Rathje, M., & Friedli, T. (2014). Turning sustainability into action: Explaining firms' sustainability efforts and their impact on firm performance. *International Journal of Production Economics*, 147, 73-84. doi: 10.1016/j.ijpe.2013.02.030
- Teece, D. J. (2018). Business models and dynamic capabilities. *Long Range Planning*, 51(1), 40-49. doi: 10.1016/j.lrp.2017.06.007
- Terjesen, S., Sealy, R., & Singh, V. (2019). Women directors on corporate boards: A review and research agenda. *Corporate Governance: An International Review*, 17(3), 320-337. doi: 10.1111/j.1467-8683.2009.00742.x
- Waheed, A., & Zhang, Q. (2022). Effect of CSR and ethical practices on sustainable competitive performance: A case of emerging markets from stakeholder theory perspective. *Journal of Business Ethics*, 175(4), 837-855. doi: 10.1007/s10551-020-04679-y
- Yaseen, S. G., Dajani, D., & Odeh, M. (2023, May). *Intellectual capital and sustainable competitive advantage: The mediating role of marketing knowledge management*. In *Conference on sustainability and cutting-edge business technologies* (pp. 237-251). Cham: Springer Nature Switzerland. doi: 10.1007/978-3-031-42463-2_22
- Ying, Q., Hassan, H., & Ahmad, H. (2019). The role of a manager's intangible capabilities in resource acquisition and sustainable competitive performance. *Sustainability*, 11(2), 527. doi: 10.3390/su11020527

Artículo de investigación

Cambio de uso de suelo en el manglar ecuatoriano: impacto de las camaroneras y la conservación a través de la propiedad comunal

Land-use change in Ecuadorian mangroves: impact of shrimp farms and conservation through communal ownership

Edison Vicente Gordillo Vargas

Máster en Economía del Desarrollo / Departamento de Economía, Ambiente y Territorio
Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales (Flacso) sede Ecuador / Quito

Fecha de recepción: 02/06/2025

Fecha de publicación: 30/06/2025

ResearchGate: Edison Gordillo* 

*Correspondencia: Edison Vicente Gordillo Vargas. edygordillo@gmail.com

Resumen

Esta investigación analiza la transformación del ecosistema de manglar en Ecuador entre el 2000 y el 2022, se busca identificar las causas de estos cambios a través de indicadores de presión. Además, explora cómo las prácticas comunitarias y la cohesión social han contribuido a su conservación en las comunidades 6 de Julio, Balao y Nuevo Porvenir, se toma como base el enfoque de Elinor Ostrom.

Se busca identificar la intersección entre la ecología y la economía, para lo cual se adoptan la Economía Ecológica y la Economía Institucional como marcos de análisis. En este punto de convergencia, el manglar se presenta como un elemento sustancial. Su deterioro es impulsado de manera principal por la actividad camaronera, que provoca un cambio de uso de suelo con impactos negativos en el ecosistema, especies que lo habitan y en las comunidades que dependen de él.

Respecto de la metodología es mixta, cuantitativa y cualitativa. Con respecto a la parte cuantitativa se pretende determinar cuál ha sido la afectación del manglar desde el año 2000 al 2022 respecto a hectáreas, para esto se utiliza cartografía junto con metodología **PER** (Presión, Estado y Respuestas) y análisis de teselado a partir de ortoimágenes. Los resultados muestran variaciones derivadas de las metodologías utilizadas, lo que resalta la importancia de considerar una variable como la acuicultura con un peso más prominente que las demás. Los cantones que mejor protegieron su manglar, según las diferentes metodologías, son Esmeraldas y San Vicente. Por otro lado, el cantón que enfrenta mayores presiones sobre su manglar es Guayaquil, donde se concentra la mayor parte de estos ecosistemas en Ecuador.

Los resultados de la parte cualitativa muestran concordancia en las comunidades de Balao, 6 de Julio y Nuevo Porvenir con la teoría de Elinor Ostrom, ya que han desarrollado redes sociales, prácticas de conservación y una cultura en torno al manglar. Además, generaciones han vivido de este ecosistema sin saturarlo, ellos alertan al Estado sobre su deterioro.

Las conclusiones evidencian un claro deterioro del manglar en comparación con sus registros del 2000. Asimismo, la principal causa de su pérdida es la conversión de estos suelos en piscinas camaroneras. Este panorama de devastación contrasta con la conservación del manglar a lo largo de generaciones mediante la propiedad comunal y el tejido social construido a través de la gestión comunitaria de este recurso. Esta investigación, centrada en estas tres comunidades y su relación con el manglar, refuta la teoría de la "tragedia de los comunes" de Garrett Hardin, ya que el manglar ha perdurado por varias generaciones gracias a una explotación racional y sustentable del recurso por parte de las comunidades, las cuales entienden que el manglar es parte de su hogar e identidad.

Palabras clave: Manglares. Conservación comunitaria. Propiedad Comunal. Economía ecológica. Tragedia de los comunes.

Abstract

This research analyzes the transformation of Ecuador's mangrove ecosystem between 2000 and 2022, aiming to identify the causes of these changes through pressure indicators. Additionally, it explores how community practices and social cohesion have contributed to its conservation in the communities of 6 de Julio, Balao, and Nuevo Porvenir, using Elinor Ostrom's approach as a foundation.

The study seeks to identify the intersection between ecology and economics, adopting Ecological Economics and Institutional Economics as analytical frameworks. At this point of convergence, mangrove emerges as a key element. Its deterioration is primarily driven by shrimp farming activities, which lead to land-use changes with negative impacts on the ecosystem, its species, and the communities that depend on it.

The methodology is mixed, incorporating both quantitative and qualitative approaches. The quantitative analysis aims to determine the extent of mangrove loss in hectares from 2000 to 2022, using cartography alongside the PER (Pressure, State, and Responses) methodology and tessellation analysis based on orthoimages. The results show variations depending on the methodologies used, highlighting the importance of considering aquaculture as a more influential variable than others. According to the different methodologies applied, the cantons that best protected their mangroves are Esmeraldas and San Vicente. In contrast, the canton facing the highest pressures on its mangroves is Guayaquil, where most of these ecosystems in Ecuador are concentrated.

The qualitative results align with Elinor Ostrom's theory, as the communities of Balao, 6 de Julio, and Nuevo Porvenir have developed social networks, conservation practices, and a cultural connection to the mangrove. Furthermore, generations have lived off this ecosystem without overexploiting it, actively warning the State about its deterioration.

The conclusions clearly demonstrate the deterioration of the mangrove compared to its 2000 records. Additionally, the primary cause of its loss is the conversion of these lands into shrimp farms. This scenario of devastation contrasts with the conservation of mangroves across generations through communal ownership and the social fabric built around the community-based management of this resource. This research, focused on these three communities and their relationship with the mangrove, refutes Garrett Hardin's "tragedy of the commons" theory, as mangrove has endured for generations thanks to the communities' rational and sustainable use of the resource. These communities recognize the mangrove as part of their home and identity.

Keywords: Mangroves. Community conservation. Common property. Ecological economics. Tragedy of the commons.

Introducción

Esta investigación tiene como objetivo comparar los cambios en el uso de suelo del manglar ecuatoriano, especialmente entre los periodos de 2000 y 2022, así como identificar las prácticas de conservación de las comunidades que dependen de este ecosistema para su supervivencia. Se basa en la teoría de Elinor Ostrom sobre la propiedad comunal, según la cual las comunidades actúan como guardianes de los recursos compartidos. En el caso del manglar, en la historia se han establecido reglas para su conservación (Ostrom, 1992, 2011, 2014; Ostrom & Ahn, 2003; Ostrom, Janssen, & Poteete, 2012). Bajo los estudios de Ostrom, la propiedad compartida o comunal tiene una relación directa con la conservación del manglar, ya que genera cohesión social, además de beneficios socioeconómicos para las comunidades. Actividades como el patrullaje comunitario, la recolección de concha, cangrejo rojo, la pesca artesanal fortalecen el tejido social, también representan medios de subsistencia. Este modelo de gestión comunal permite un uso racional del manglar, con esto se asegura su sostenibilidad a largo plazo.

Se intenta responder a dos preguntas fundamentales: ¿qué? y ¿cómo? Bajo el "qué", se analizan los cambios en la cobertura del manglar entre 2000 y 2022 y a qué se deben estos cambios. En particular, se analizan las presiones, sobre todo antropogénicas, a las que ha sido sometido el manglar, lo que ha generado

pérdida de superficie. Bajo el "cómo", además de identificar la causa más prominente de estos cambios, se requiere entender cómo detenerla. En este contexto, la propiedad comunal juega un papel vital, ya que, según Elinor Ostrom, la acción comunitaria detiene a la depredación. Por tanto, la respuesta al "cómo" se encuentra en las comunidades 6 de Julio, Balao y Nuevo Porvenir, las cuales cuentan con Acuerdos de Uso Sostenible y Comunitario del Manglar (AUSCM). Es importante mencionar que, hasta marzo de 2025, según la página del Ministerio del Ambiente de Ecuador, existen 85 AUSCM. Sin embargo, realizar una investigación sobre todos ellos sería inviable tanto por su cantidad como por la limitación de recursos. Por esta razón, se han seleccionado tres comunidades de la provincia del Guayas, donde se encuentra más del 80 % del manglar ecuatoriano.

Con el fin de responder a las preguntas planteadas, se utilizó una metodología mixta, se combina un enfoque cuantitativo con uno cualitativo. En la parte cuantitativa, se determinaron indicadores basados en el modelo PER (Presión-Estado-Respuesta), que, en conjunto con herramientas como ArcGIS y su modelo para teselado de ortoimágenes, permitieron identificar visualmente, a través de mapas, las zonas de presión sobre el manglar. De esta forma, también fue posible asignar puntajes de conservación o deterioro, se identificó las áreas mejor preservadas y viceversa.

Por otro lado, en la parte cualitativa, se realizaron entrevistas en profundidad con líderes comunitarios de las comunidades de Balao, 6 de Julio y Nuevo Porvenir. Aunque estas comunidades representan solo el 3 % de los Acuerdos de Uso Sostenible y Comunitario del Manglar (AUSCM), de un total de 85, su estudio permite comprender cómo se atribuye la conservación del manglar a nivel individual dentro de cada comunidad. Además, se llevaron a cabo visitas in situ y se documentaron fotográficamente las actividades cotidianas. Junto con las entrevistas, esto permitió recopilar información sobre el cuidado del manglar y las prácticas de conservación implementadas por estas comunidades.

El marco teórico utilizado para esta investigación combina la economía ecológica junto con la economía institucional, con el propósito de integrar las dimensiones ecológica, económica y social en el estudio de los manglares. La economía ecológica se centra en la biodiversidad, en los servicios ecosistémicos de estos entornos, trasciende el economicismo para abordar la pluralidad del valor¹. Por su parte, la economía institucional examina las estructuras normativas que influyen en la gestión y conservación de los manglares, se considera el papel de las comunidades en la toma de decisiones. Estos marcos teóricos se entrelazan con conceptos de justicia ambiental y ecología política, lo que permite comprender el impacto de factores externos, como las actividades industriales y las políticas gubernamentales, en la sostenibilidad de estos ecosistemas.

El manglar constituye un ecosistema único, adaptado a condiciones costeras tropicales y subtropicales (Carvajal et al. 2019, 280), ubicado en sistemas estuarinos en los que las aguas dulces de los ríos se combinan con las saladas del océano. Su singularidad radica en su capacidad para desarrollarse en terrenos inundables por aguas salobres, gracias a sus raíces aéreas. Este ecosistema tolera elevadas concentraciones de sal, que eliminan por medio de sus hojas. Estas mismas hojas sirven como alimento para diferentes especies. (Romero 2014).

Los manglares son considerados uno de los ecosistemas más productivos del planeta, que alberga a más de 80 especies de flora y 1.300 especies de fauna (Datta et al., 2010). Según investigaciones realizadas por Rivera y Casas (2005), los manglares

cumplen una función en la protección de las costas, la conservación de la biodiversidad y la captura de carbono. Asimismo, estabilizan la línea costera, previenen la erosión, favorecen la formación de nuevos suelos. Como bosque, funcionan como barrera contra el viento y resguardan las costas frente a huracanes, inundaciones, tormentas e inundaciones (Romero 2014).

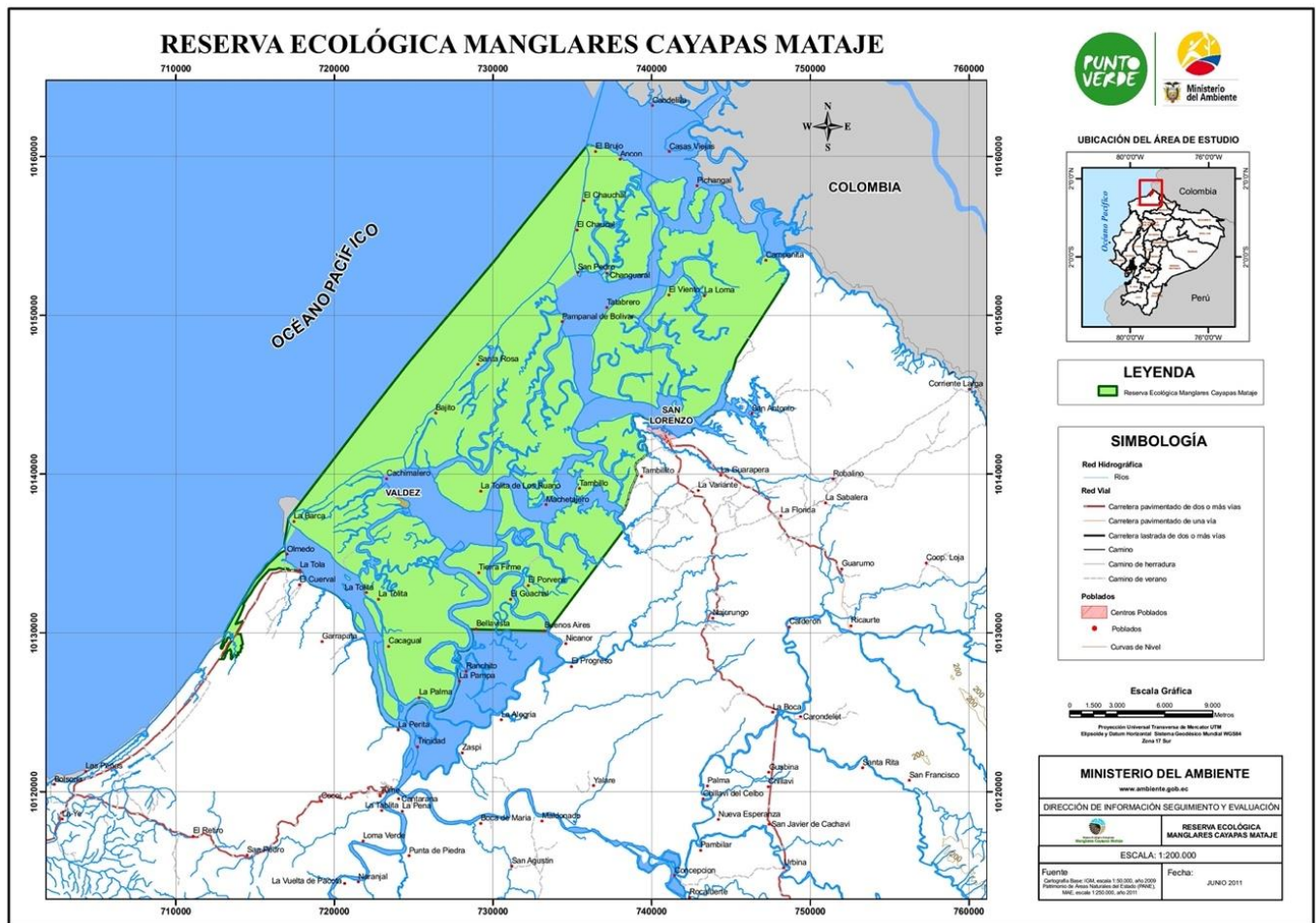
Son sustanciales como hábitat de reproducción marina, alberga zooplancton para la red alimenticia. Además de ser un "útero del mar", actúa como "gran riñón del planeta", filtran contaminantes, contribuyen a la regulación del clima al absorber dióxido de carbono. Según Pidgeon (2009), los manglares almacenan el 15% del carbono presente en los sedimentos oceánicos, y un área de 1 km² de manglar puede contener la misma cantidad de carbono que 50 km² de bosque tropical.

Desde tiempos ancestrales, los manglares han sido necesarios para preservar la biodiversidad y proteger las costas. Además, tienen un rol destacado en la economía de las poblaciones costeras. Estos ecosistemas son básicos para la vida de estas comunidades, ya que sirven como escenario para la recolección de moluscos, crustáceos y pesca artesanal, proporcionan madera para construcción y combustible. Los recursos primarios obtenidos de los manglares incluyen taninos, materiales de pesca, frutos, alcohol, vinagre, aceite de cocina, edulcorantes, condimentos, ceras, aceites y goma (Romero 2014). Además de su valor práctico, el manglar constituye la principal fuente de alimentación, sustento económico y base cultural para las comunidades circundantes. Según datos de Glaser et al. (2012), las poblaciones asociadas a los manglares suelen ser de escasos recursos económicos.

Los manglares en Ecuador se distribuyen desde el sur con la provincia de El Oro, al norte pasando por Guayas, Manabí, Esmeraldas, y las Islas Galápagos en la región insular. Los estuarios de varios ríos, como Santiago, Cayapas, Mataje, Muisne, Cojimíes, Chone, Guayas, Jubones, Santa Rosa, Arenillas, albergan formaciones considerables. El estuario de Santiago, Cayapas y Mataje es el hogar de los manglares mejor desarrollados del Pacífico (**Mapa 1**).

Aquí, se han documentado manglares que alcanzan una altura de hasta 60 metros, reconocidos como

1 Se refiere a la idea de que los bienes y servicios, especialmente los ecosistemas y recursos naturales, no pueden ser valorados únicamente en términos monetarios o de mercado.



Mapa 1. Manglares de Esmeraldas. Reserva Cayapas Mataje.
Fuente: Ministerio del Ambiente (2011).

los más altos del mundo². Se pueden encontrar seis especies de manglar en Ecuador: Mangle rojo (*Rhizophora mangle*), Mangle piñuelo (*Pelliciera rhizophorae*), Mangle blanco (*Laguncularia racemosa*), Mangle botón (*Conocarpus erectus*), Mangle negro (*Avicennia germinans*) y Mangle Concha (*Rizophora harrisonii*). El estuario más grande de la costa pacífica de América del Sur se ubica en el Golfo de Guayaquil, y en él se concentra el 83% de los manglares de Ecuador.

Para Ecuador, los manglares poseen una gran relevancia ecológica debido a la extraordinaria variedad de especies acuáticas que albergan. Entre ellas se encuentran peces como juveniles de anchoa, pinchagua y lisa, así como crustáceos como el camarón, cangrejo azul y cangrejo rojo. Además, en sus raíces habitan diversas especies de moluscos, incluyendo el piacuil, un caracol típico de las costas del Pacífico, la concha prieta y el ostión (Silva 2017).

A pesar de su trascendental relevancia, rica en biodiversidad y con beneficios para las comunidades, el ecosistema manglar ha enfrentado amenazas persistentes a lo largo de décadas, donde la expansión camaronera es la mayor amenaza (Romero 2014). La degradación de los manglares en Ecuador es un fenómeno complejo, influido por diversas causas antropogénicas, tales como: crecimiento poblacional, desarrollo de infraestructuras portuarias y urbanas, la extracción de recursos como petróleo, minerales, explotación de maderas, carbón, desarrollo turístico, así como la captación de agua dulce son algunos de los factores que han generado presión sobre los ecosistemas naturales, el drenaje de aguas servidas, la alteración del uso del suelo y la contaminación generada por diversas actividades industriales (Glaser et al., 2012). Además, las políticas débiles y la seguridad alimentaria y social precaria contribuyen a agravar la situación (Glaser et al., 2012). La tala indiscriminada

² MAE, Ministerio del Ambiente de Ecuador, Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Ecuador, disponible en <http://areasprotegidas.ambiente.gob.ec/areas-protegidas/reserva-ecol%C3%B3gica-manglares-cayapas-mataje>

de manglares implica impactos socioambientales, consecuencias socioculturales que impactan negativamente en la biodiversidad y vulneran los derechos de las comunidades cercanas. Estas comunidades o comunas participan en la recolección de cangrejo rojo, cangrejo azul, conchas, mejillones y camarones, además de involucrarse en la creación de artesanías y muebles. Un ejemplo destacado se trata del cantón Muisne, ubicado en el sur de la provincia de Esmeraldas, donde el manglar desempeña un papel central al sustentar cerca del 80% de su población (Pazmiño, 2023).

Si hay un momento determinante en la historia de la degradación del manglar, es la Revolución Azul de la década de 1970. Este acontecimiento marcó la expansión de la industria camaronera, convirtiéndose en la principal causa del deterioro de estos ecosistemas. El cambio en el uso del suelo derivado de esta actividad ha generado contaminación, pérdida de biodiversidad y un impacto significativo en los derechos de las comunidades que dependen del manglar para su sustento y cultura (Glaser et al., 2012; Romero, 2014).

Tanto la dimensión social como la cultural del manglar van más allá de su extensión territorial. Estos ecosistemas proporcionan recursos, además sostienen formas de vida ancestrales. Las comunidades que dependen del manglar han desarrollado prácticas como la recolección de cangrejo rojo, la extracción de conchas y la pesca artesanal, actividades que garantizan su seguridad alimentaria y fortalecen la cohesión social. Estas dinámicas, transmitidas de generación en generación, reflejan la estrecha relación entre las comunidades con el manglar, convirtiéndolo en un elemento de su identidad, de su supervivencia (Jácome, 2014).

La temporalidad para esta investigación entre 2000 y 2022 es relevante porque abarca un período de profunda transformación social y económica en Ecuador, marcado por la dolarización y el crecimiento de industrias que han ejercido una presión significativa sobre el manglar. Estos cambios han influido en la dinámica de uso del suelo, la explotación de recursos y la relación de las comunidades con este ecosistema, y generan impactos tanto en su conservación como en su deterioro.

La investigación sobre el manglar en Ecuador presenta vacíos en la comprensión de las relaciones complejas entre las causas de su degradación y las respuestas tanto institucionales como comunitarias para su conservación. Por un lado, se carece de un enfoque integral que vincule factores como

la expansión camaronera, la contaminación y el crecimiento poblacional con las políticas y acciones implementadas a nivel estatal y local. Además, no existen estudios desde la economía que analicen específicamente su deterioro y la relación con la propiedad comunal. Por otro lado, el papel de las comunidades en la toma de decisiones para el manejo sostenible del manglar ha sido poco estudiado, especialmente en lo que respecta a su impacto en la cohesión social y la viabilidad a largo plazo de estas iniciativas (Paredes, 2006).

Materiales y métodos

El área de estudio abarca 154.318,01 hectáreas, incluye los ecosistemas de manglar del Chocó Ecuatorial y del Jama Zapotillo. La información geográfica utilizada proviene de datos publicados por el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE) en 2013, los cuales se basan en imágenes satelitales captadas entre 2010 y 2012, verificaciones in situ y modelos biofísicos, con una escala de 1:100.000. Además, se emplearon insumos cartográficos proporcionados por el Ministerio del Ambiente (MAE) y el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG).

Esta investigación emplea una metodología mixta que combina un lado cuantitativo y otro cualitativo. Para el análisis cuantitativo, se aplica el método Presión-Estado-Respuesta (PER) junto con un Teselado de Ortoimágenes, se utiliza el software ArcGIS. Fue necesario establecer una base de estudio, por lo que se definieron indicadores de presión del manglar que se aplicaron tanto al método PER como al Teselado de Ortoimágenes, esto garantizó una evaluación estructurada de los cambios en el ecosistema. Para evaluar y comparar los distintos niveles de presión, las variables fueron estandarizadas mediante normalización lineal y jerarquizadas; posteriormente se utilizó el método de análisis jerárquico (AHP) de Saaty. Esto permite asignar pesos relativos a cada variable, que a su vez facilita la generación de mapas de presión en base a puntajes ponderados por unidad de análisis.

El componente cualitativo de esta investigación se fundamentó en entrevistas semiestructuradas a profundidad (Hennink et al., 2020), realizadas mediante un muestreo intencional teórico (Patton, 2015) a líderes comunitarios de tres asociaciones de manglar (*6 de Julio*, *Balao* y *Nuevo Porvenir*), cada una representa entre 70 y 80 familias. Es necesario mencionar que dada la homogeneidad en las prácticas de conservación entre comunidades con AUSCM

(López, 2020), y los recursos limitados, se priorizó profundidad sobre amplitud. La selección de participantes se basó en tres criterios:

1. Experiencia demostrada (mínimo 5 años en gestión del manglar),
2. Roles formales dentro de la estructura organizativa (presidentes, secretarios, vocales), incluyendo un líder con 20 años de trayectoria en *6 de Julio*, y
3. Reconocimiento comunitario como actores legítimos en la toma de decisiones (Berkes, 2009).

Estas entrevistas, con una duración promedio de 60-90 minutos, buscaron comprender cómo las prácticas institucionales locales (Ostrom, 2009) —como sistemas de monitoreo, sanciones colectivas y normas consuetudinarias— influyen en la sostenibilidad del ecosistema. Para garantizar la validez, se implementó una triangulación de métodos (Denzin, 2017), contrastando los testimonios con:

- Datos cuantitativos (mapas de deforestación del modelo PER),
- Observaciones de campo (registros etnográficos), y
- Documentos históricos (actas de asambleas 2010-2022).

Adicionalmente, se aplicó validación por participantes (*member checking*; Lincoln & Guba, 1985), donde los entrevistados revisaron las interpretaciones para asegurar su fidelidad a las realidades locales.

Indicadores

La región de estudio, que abarca un total de 154,318 hectáreas, fue dividida en unidades de análisis con forma hexagonal, cada una con una extensión de 50 hectáreas. A partir de esta segmentación, se obtuvieron 7,012 hexágonos en toda el área de investigación. Para la caracterización del paisaje, se generó una capa de vegetación remanente basada en la combinación de tres categorías de cobertura del suelo: bosque nativo, vegetación arbustiva y vegetación herbácea, se toma como referencia los mapas de cobertura terrestre del MAE correspondientes a los años 2000 y 2022. El estudio se centró en identificar y analizar zonas con fragmentos de vegetación extensos y relativamente continuos, se selecciona únicamente aquellos hexágonos en los que al menos 25 hectáreas, equivalentes al 50% de su superficie, estuvieran cubiertas por vegetación remanente.

La selección de hexágonos con al menos un 50% de cobertura de vegetación remanente permite centrar el análisis en áreas mejor preservadas, que reflejan

con mayor precisión las dinámicas ecológicas y presentan menor grado de fragmentación. Este criterio optimiza la gestión de datos al reducir la cantidad de unidades analizadas, también garantiza la coherencia en las métricas utilizadas para la identificación de patrones ecológicos. Asimismo, resalta zonas con una funcionalidad ecológica superior, fundamentales para la biodiversidad, el almacenamiento de carbono y la resiliencia de los ecosistemas, facilita así la implementación de estrategias de conservación. Como resultado, el área efectiva de estudio comprende 85,152.9 hectáreas distribuidas en 2,006 hexágonos, sobre los cuales se calcularon las variables de presión y estado, conforme a los parámetros establecidos en la **Tabla 1**. Dado que se trata de un estudio observacional de tipo espacial, no se utilizaron réplicas experimentales en el sentido tradicional. En su lugar, el uso de 2,006 unidades hexagonales de 50 hectáreas funcionó como una forma de muestreo sistemático, esto permite capturar patrones espaciales de presión y conservación a lo largo del ecosistema de manglar de manera uniforme y replicable.

Toda la información recopilada fue procesada y organizada a nivel de los hexágonos de análisis, conforme a lo descrito en la **Tabla 1**. Para las variables categóricas, como la cobertura de vegetación natural y las áreas deforestadas, se cuantificó la extensión de cada categoría dentro de cada hexágono. En el caso de variables relacionadas con entidades discretas, como la infraestructura camaronera, la expansión urbana y la expansión agrícola, se documentó su presencia o ausencia en cada unidad de análisis (**Tabla 1**).

Metodología PER

Los indicadores de estado, presión y respuesta facilitan la evaluación de la condición ecológica de los manglares y los factores que inciden en su transformación. Los indicadores de estado, fundamentados en el Mapa Nacional de Cobertura de la Tierra (2000-2022) del MAE, permiten identificar la vegetación remanente, que en el año 2000 superaba las 157,000 hectáreas. Por otro lado, los indicadores de presión, como la deforestación y la expansión de actividades camaroneras, agrícolas y urbanas, cuantifican las amenazas antrópicas sobre el ecosistema. Finalmente, los indicadores de respuesta, representados por la presencia de áreas protegidas dentro del SNAP, evidencian las estrategias implementadas para su conservación. La combinación de estos indicadores posibilita un análisis de las amenazas, la efectividad de las políticas y el diseño de estrategias orientadas a la sostenibilidad de los manglares (**Tabla 2**).

Tabla 1. Indicadores de estado, presión y respuesta.

Indicador	Indicador	Fuente	Unidades	Umbral
Estado	Vegetación natural	Mapa de cobertura de la tierra 2000 MAE	Área (ha)	áreas de bosque, vegetación arbustiva y herbácea = > 25 ha
Indicador	Variable	Fuente	Unidades	Umbral
Presión	Deforestación bruta 2000 -2022.	MAE	Área (ha)	intersección con hexágonos
	Infraestructura camaronera	MAGAP, 2016	Área (ha)	intersección con hexágonos
	Expansión agrícola	MAGAP, 2017	Área (ha)	intersección con hexágonos
	Expansión urbana	MAGAP, 2016	Área (ha)	intersección con hexágonos
Indicador	Variable	Fuente	Unidades	Umbral
Respuesta	Sistema Nacional de Áreas Protegidas	MAE, 2016	Área (ha)	Presencia por Hexágono

Tabla 2. Áreas de estudio. En hectáreas.

Provincia	Canton	ESTADO	PRESIÓN	PRESIÓN	PRESIÓN	PRESIÓN	ESTADO	RESPUESTA
		Cobertura Vegetal (ha) 2000	Deforestación	Expansion urbana (ha)	Expansion agrícola (ha)	Camaroneras (ha)	Cobertura Vegetal (ha) 2022	SNAP
EL ORO	MACHALA	1252,67	136,81	0,00	0,00	39,24	1115,85	NO
EL ORO	ARENILLAS	872,19	89,67	0,00	0,00	19,02	782,52	SI
EL ORO	EL GUABO	596,41	52,55	0,00	0,00	19,30	543,86	NO
EL ORO	HUAQUILLAS	643,08	11,70	0,00	0,00	0,80	631,39	SI
EL ORO	SANTA ROSA	2291,33	226,42	0,00	0,00	68,91	2064,91	NO
ESMERALDAS	ESMERALDAS	29,00	0,00	0,00	0,00	0,00	29,00	SI
ESMERALDAS	ELOY ALFARO	78907,09	3781,54	31,67	77,03	1242,26	75125,55	SI
ESMERALDAS	MUISNE	534,99	11,32	0,66	0,00	8,03	523,67	SI
ESMERALDAS	SAN LORENZO	5350,85	263,29	10,14	77,00	34,22	5087,56	SI
GUAYAS	GUAYAQUIL	48397,53	2525,89	13,44	0,00	955,87	45871,64	SI
GUAYAS	BALAO	166,07	23,78	0,00	0,00	3,97	142,30	NO
GUAYAS	NARANJAL	18398,81	445,13	7,43	0,00	90,29	17953,68	SI
MANABI	SUCRE	186,13	0,34	0,00	0,00	0,34	185,79	SI
MANABI	TOSAGUA	101,62	0,56	0,00	0,00	0,51	101,06	NO
MANABI	SAN VICENTE	85,48	0,00	0,00	0,00	0,00	85,48	SI
Total		157813,25	7568,99	63,34	154,04	2482,76	150244,26	

Elaboración: El autor.

Para la normalización de los indicadores ambientales dentro del modelo PER, se asignan valores en una escala de 0 a 100, donde 0 indica la ausencia de degradación y 100 representa el nivel máximo de

afectación. La normalización se realiza mediante una fórmula que relaciona la superficie impactada (Vcal) con el valor máximo registrado en el área de estudio (Vmax), lo que permite calcular proporciones

Tabla 3. Índices de Presión.

Provincia	Canton	Deforestación	Expansión urbana (ha)	Expansión agrícola (ha)	Camaroneras (ha)	IPm
		PRESION	PRESIÓN	PRESIÓN	PRESIÓN	
ESMERALDAS	SAN LORENZO	34,37	100,00	100,00	19,76	63,53
GUAYAS	BALAO	100,00	0,00	0,00	73,90	43,47
EL ORO	MACHALA	76,29	0,00	0,00	96,82	43,28
EL ORO	SANTA ROSA	69,02	0,00	0,00	92,95	40,49
EL ORO	EL GUABO	61,54	0,00	0,00	100,00	40,39
EL ORO	ARENILLAS	71,81	0,00	0,00	67,40	34,80
ESMERALDAS	MUISNE	14,78	64,65	0,00	46,40	31,46
GUAYAS	GUAYAQUIL	36,45	14,65	0,00	61,04	28,04
ESMERALDAS	ELOY ALFARO	33,47	21,17	6,78	48,66	27,52
GUAYAS	NARANJAL	16,90	21,31	0,00	15,17	13,34
MANABI	TOSAGUA	3,83	0,00	0,00	15,51	4,84
EL ORO	HUAQUILLAS	12,70	0,00	0,00	3,86	4,14
MANABI	SUCRE	1,27	0,00	0,00	5,63	1,73
ESMERALDAS	ESMERALDAS	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MANABI	SAN VICENTE	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Elaboración: El autor.

estandarizadas. Este procedimiento facilita la comparación y evaluación de los indicadores de presión, estado y respuesta en los manglares. Posteriormente, el índice de presión (IPm) se obtiene a partir del promedio de los valores normalizados de los distintos indicadores, proporcionando una medida del nivel de impacto sobre el ecosistema. Finalmente, la **Tabla 3** presenta los índices de presión del manglar organizados en orden descendente, donde un valor de "0" indica que no existe afectación en la zona analizada.

Metodología teselado de ortoimágenes y jerarquización de indicadores

El teselado es una técnica cartográfica que permite procesar y analizar la información proporcionada por el Ministerio del Ambiente y Agua (MAE) y el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) mediante mapas. Este método consiste en la segmentación del área de estudio en hexágonos, donde cada unidad contiene datos asociados a los indicadores de presión, estado y respuesta. Además, en función del tipo de cobertura presente, como camaroneeras, expansión urbana, agricultura o deforestación, se asignan pesos específicos a los indicadores de presión para evaluar el nivel de impacto sobre el

manglar. El principio fundamental de este enfoque es que una mayor concentración de indicadores de presión se traduce en un mayor grado de afectación del ecosistema.

La malla hexagonal generada tiene múltiples aplicaciones, la estratificación de inventarios forestales, la división de rodales en planes de manejo forestal, incluyendo la actualización de cartografía temática. En el **Gráfico 1**, se presenta una representación del teselado aplicado al manglar Esmeraldeño.

Una de las principales ventajas de esta metodología es que, al establecer una plantilla inicial basada en hectáreas, el proceso de delimitación de las áreas de interés se simplifica considerablemente. En lugar de digitalizar manualmente los límites, solo es necesario eliminar los arcos correspondientes a las hectáreas que no cumplen con los criterios establecidos. Además, la malla generada permite exportar los datos en formatos ráster, para la clasificación por cantones, y vectorial, para la representación de límites políticos, líneas costeras o zonas de interés específicas, lo que facilita su aplicación en distintos tipos de análisis.

Para evaluar el impacto sobre el manglar, los datos obtenidos del teselado fueron exportados a

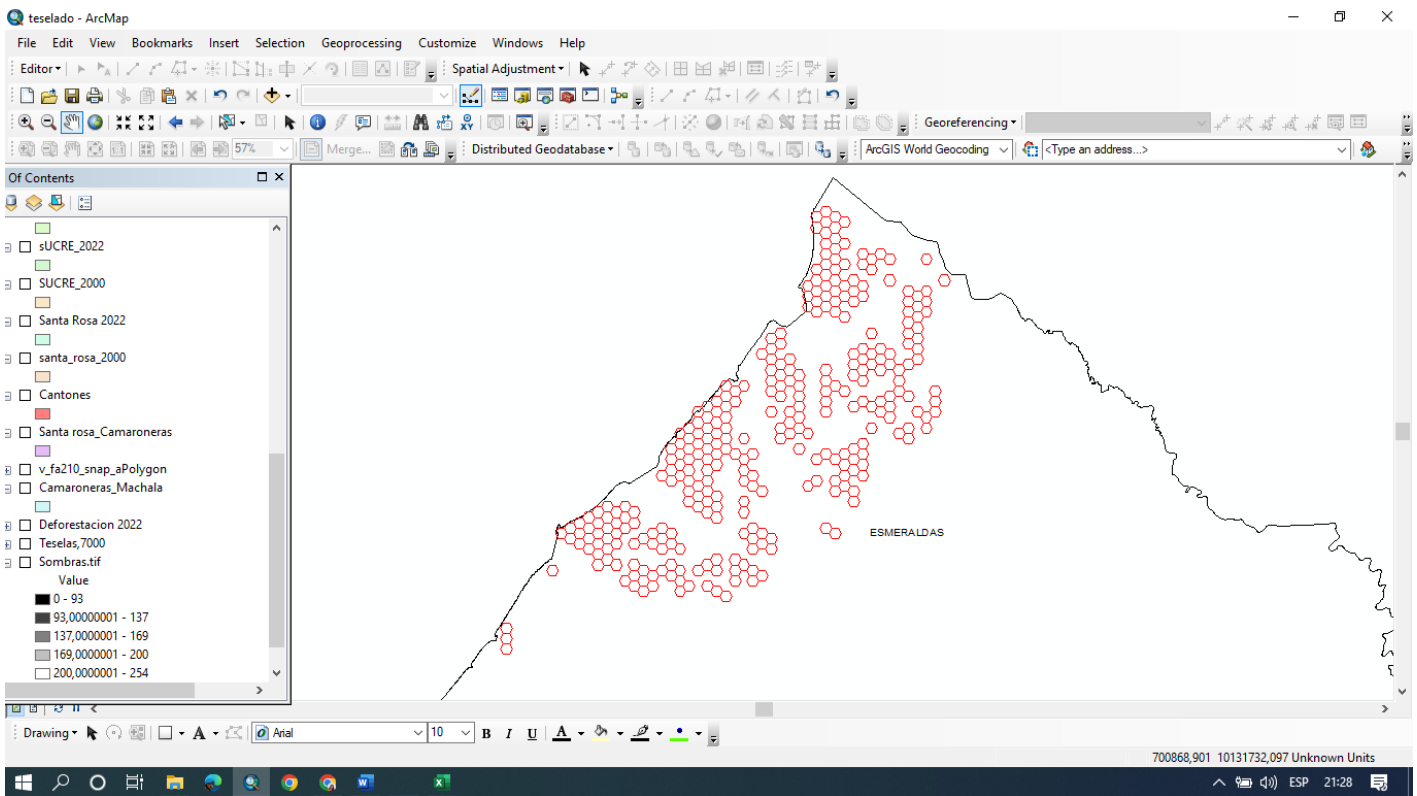


Gráfico 1. Teselado sobre provincia de Esmeraldas.

Elaboración: El autor.

una hoja de cálculo, donde se construyó una matriz inicial que refleja las áreas afectadas. Posteriormente, se aplicó el método de análisis jerárquico de Saaty³ para priorizar las variables antropogénicas que inciden en la degradación del ecosistema. A través de esta técnica, se asignaron pesos a cada criterio en función de su importancia relativa, se considera factores como la infraestructura camaronera, la expansión urbana y agrícola, la deforestación y la presencia de áreas protegidas (SNAP). La evaluación de la consistencia de la matriz arrojó un valor del 8%, considerado aceptable.

Los pesos derivados del análisis jerárquico fueron incorporados en ArcGIS para identificar distintos niveles de afectación en el manglar. Por ejemplo, en el cantón Balao, donde la deforestación es la única variable presente, el impacto es menor en comparación con el cantón Guayaquil, que registra la presencia simultánea de múltiples factores de presión, como la infraestructura camaronera y la expansión urbana y agrícola. Este contraste evidencia cómo la

superposición de diversas actividades antrópicas incrementa la presión sobre el ecosistema.

Luego de procesar los datos en formato ráster, estos fueron organizados en una hoja de cálculo, esto facilitó la elaboración de un ranking de conservación a nivel cantonal. Este procedimiento permitió comparar y jerarquizar las áreas según su estado de conservación, proporciona una herramienta para la toma de decisiones en materia de gestión ambiental.

Validación estadística

Consistencia del Proceso Analítico-Hierárquico (AHP)

La jerarquización de variables mediante AHP (Saaty, 1980) incluyó una validación rigurosa de consistencia:

- **Matriz de comparaciones pareadas:** Se evaluaron 5 criterios (SNAP, deforestación, expansión urbana/agrícola, infraestructura camaronera) usando una escala de 1-9 (**Tabla 4**).

Tabla 4. Escalas.

Escala numérica	Escala verbal	Descripción
1	Igual importancia.	Los dos elementos contribuyen igual a la propiedad o criterio.
3	El elemento es más importante de forma moderada respecto al otro.	El juicio y la experiencia previa favorecen a un elemento frente al otro.
5	El elemento es mucho más importante respecto al otro	El juicio y la experiencia previa favorecen a un elemento frente al otro.
7	La importancia del elemento es muy fuerte respecto al otro.	Un elemento domina con más fuerza que el otro
9	La importancia del elemento es extrema respecto al otro.	Un elemento domina al otro con el mayor orden de magnitud posible.
2,4, 6, 8	Valores intermedios entre dos juicios adyacentes.	
Incrementos 0,1	Valores intermedios entre incrementos (utilice esta escala si cree que su valoración necesita un alto grado de precisión).	
Inversos 1/2, 1/3, 1/4, 1/5, 1/6, 1/7, 1/8, 1/9	Se utiliza cuando el segundo elemento es mayor en el criterio a comparar	

- **Cálculo de consistencia:**

- Índice de Inconsistencia (II) = 0.0928
- Razón de Inconsistencia (RI) = 8% (<10% umbral de Saaty) (Tabla 5)
- Coeficiente Aleatorio = 1.12 (para n=5 criterios)

Tabla 5. Tabla de Inconsistencia.

Índice de inconsistencia	0,0928
Coeficiente aleatorio	1,12
Razón de inconsistencia	8%
	—————> Es consistente

Tabla 6. Relevancia relativa de cada variable.

	SNAP	Deforestación	Expansión Urbana	Expansión Agrícola	Infraestructura Camaronera	PESO
SNAP	0,0435	0,0164	0,0186	0,0186	0,0769	0,0348
Deforestación	0,1304	0,0492	0,0186	0,0186	0,0769	0,0588
Expansión Urbana	0,2174	0,2459	0,0932	0,0311	0,0769	0,1329
Expansión Agrícola	0,2174	0,2459	0,0311	0,0932	0,0769	0,1329
Infraestructura Camaronera	0,3913	0,4426	0,8385	0,8385	0,6923	0,6407

Elaborado por el autor en base a MAE (2000, 2016); MAGAP (2016, 2017).

- **Interpretación:** La matriz mostró **consistencia aceptable** (RI=8%), validando los pesos asignados (ej. 64.07% para camaroneras, **Tabla 6**).

Validación del Modelo PER

La normalización de indicadores (**Tabla 7**) y cálculo del Índice de Presión (IFm) se complementaron con:

Tabla 7. Áreas de estudio. En hectáreas.

Provincia	Canton	ESTADO	PRESIÓN	PRESIÓN	PRESIÓN	PRESIÓN	ESTADO	RESPUESTA
		Cobertura Vegetal (ha) 2000	Deforestación	Expansión urbana (ha)	Expansión agrícola (ha)	Camaroneras (ha)	Cobertura Vegetal (ha) 2022	SNAP
EL ORO	MACHALA	1252,67	136,81	0,00	0,00	39,24	1115,85	NO
EL ORO	ARENILLAS	872,19	89,67	0,00	0,00	19,02	782,52	SI
EL ORO	EL GUABO	596,41	52,55	0,00	0,00	19,30	543,86	NO
EL ORO	HUAQUILLAS	643,08	11,70	0,00	0,00	0,80	631,39	SI
EL ORO	SANTA ROSA	2291,33	226,42	0,00	0,00	68,91	2064,91	NO
ESMERALDAS	ESMERALDAS	29,00	0,00	0,00	0,00	0,00	29,00	SI
ESMERALDAS	ELOY ALFARO	78907,09	3781,54	31,67	77,03	1242,26	75125,55	SI
ESMERALDAS	MUISNE	534,99	11,32	0,66	0,00	8,03	523,67	SI
ESMERALDAS	SAN LORENZO	5350,85	263,29	10,14	77,00	34,22	5087,56	SI
GUAYAS	GUAYAQUIL	48397,53	2525,89	13,44	0,00	955,87	45871,64	SI
GUAYAS	BALAO	166,07	23,78	0,00	0,00	3,97	142,30	NO
GUAYAS	NARANJAL	18398,81	445,13	7,43	0,00	90,29	17953,68	SI
MANABI	SUCRE	186,13	0,34	0,00	0,00	0,34	185,79	SI
MANABI	TOSAGUA	101,62	0,56	0,00	0,00	0,51	101,06	NO
MANABI	SAN VICENTE	85,48	0,00	0,00	0,00	0,00	85,48	SI
Total		157813,25	7568,99	63,34	154,04	2482,76	150244,26	

Elaborado por el autor en base a MAE (2000, 2016); MAGAP (2016, 2017).

• Pruebas de correlación:

- Se aplicó **Pearson** entre variables normalizadas (Vn) y pérdida de manglar (2000-2022).
- Resultados:

Variable	r	p-valor
Infraestructura camaronera	0.72	<0.01
Expansión urbana	0.54	<0.05
SNAP	-0.38	0.02 (Efecto protector)

• Sensibilidad espacial:

- El teselado en ArcGIS permitió:
- Identificar hexágonos con **superposición de presiones** (ej. Guayaquil: 453.94 puntos vs. Esmeraldas: 0.03). (Tabla 9).
 - Validar visualmente la correlación mediante **mapas de calor** de pesos AHP.

Limitaciones y robustez

• Fortalezas:

- Triangulación PER-AHP-teselado.
- Consistencia estadística (RI=8%) y significancia (p<0.05).

• Limitaciones:

- Escala de análisis (50 ha/hexágono) puede omitir micro-presiones.
- Datos históricos limitados para validación retrospectiva.

Entrevistas a profundidad

Se llevaron a cabo entrevistas semiestructuradas con los líderes comunitarios de las asociaciones 6 de Julio, Balao y Nuevo Porvenir, seleccionados mediante un muestreo intencional que consideró tres criterios: (1) una trayectoria mínima de 5 años en la gestión del ecosistema de manglar, (2) cargos directivos formales dentro de la estructura organizativa de cada asociación (presidentes, secretarios y vocales), y (3) reconocimiento comunitario como actores en la toma de decisiones ambientales. Cada una de estas

asociaciones representa entre 70 y 80 familias cuyos medios de vida dependen directamente del manglar, lo que garantizó que los testimonios recogidos reflejaran realidades colectivas y no meras percepciones individuales.

Procesamiento y análisis de entrevistas

Los datos cualitativos se analizaron mediante codificación temática inductiva (Braun & Clarke, 2006) y triangulación metodológica (Denzin, 2017), siguiendo este protocolo:

1. **Transcripción y familiarización:**

- Las entrevistas fueron grabadas y transcritas literalmente, verificando su precisión contra los audios.
- Se realizaron tres lecturas inmersivas para identificar patrones preliminares vinculados a los objetivos del estudio.

2. **Codificación y categorización:**

- Se utilizó análisis manual en Excel para codificar segmentos de texto en categorías emergentes (ej. “Patrullajes comunitarios”, “Contaminación por camarónicas”, “Trueque como cohesión social”).
- Ejemplo de codificación aplicada:

“Vamos diario al manglar, ya vamos viendo lo que sucede” → Código: “Monitoreo comunitario”.

- Las categorías se consolidaron en 5 ejes temáticos (**Tabla 8**), alineados con el marco teórico de Ostrom:
 1. Conservación del manglar
 2. Conflictos y problemas
 3. Usos económicos y culturales
 4. Cohesión social
 5. Perspectivas y creencias

3. **Triangulación:**

Para garantizar validez, los hallazgos se contrastaron con:

- Observaciones de campo: Registros etnográficos de patrullajes y mingas.
- Documentos históricos: Actas de asambleas comunitarias (2010–2022).
- Datos espaciales: Mapas de deforestación del modelo PER.

4. **Control de calidad:**

- Validación por participantes (member checking): Los entrevistados revisaron las interpretaciones para confirmar su fidelidad a los contextos locales.

Tabla 8. Ejemplo de matriz de codificación temática.

Cita textual	Código asignado	Tema	Comunidad
“El manglar es vida”	Valor identitario	Perspectivas	Nuevo Porvenir
“Hacemos trueque con camarón”	Economía solidaria	Cohesión social	Balao

Elaboración: El autor.

5. **Limitaciones**

La muestra de 3 comunidades (3.5% de los AUSCM) priorizó profundidad sobre amplitud, alcanzando saturación temática en los ejes analizados (no surgieron temas nuevos en las últimas entrevistas). Sin embargo, se recomienda cautela al generalizar los resultados a otros contextos.

Resultados

Los hallazgos de esta investigación pueden organizarse en tres ejes principales: el análisis basado en el método PER, la aplicación del Teselado de Ortoimágenes y los resultados obtenidos a partir de las entrevistas a profundidad.

En relación con el método PER, el cantón San Lorenzo (Esmeraldas) presenta el índice de presión más alto sobre el manglar, con un valor de 63.53 puntos, atribuible a la expansión urbana y agrícola, así como a una significativa deforestación, factores que representan las principales amenazas para el ecosistema. Balao (Guayas) ocupa el segundo lugar con 43.47 puntos, donde la infraestructura camaronesa y la deforestación las presiones más relevantes, situación que fue corroborada a través de entrevistas con la comunidad local. En contraste, los cantones San Vicente (Manabí) y la ciudad de Esmeraldas registran un índice de presión de 0 puntos. Sin embargo, este resultado no implica necesariamente la conservación del ecosistema, sino que resalta la necesidad de incorporar indicadores adicionales para evaluar con mayor precisión el estado del manglar.

Tabla 9. Índices de presión.

	El oro	Esmeraldas	Guayas	Manabí	Total general
Guayaquil			453.9356		453.9356
Naranjal			85.9028		85.9028
Santa rosa	46.2846				46.2846
Eloy Alfaro		38.6099			38.6099
Machala	20.5207				20.5207
San lorenzo		16.2806			16.2806
Arenillas	12.5108				12.5108
Muisne		11.9906			11.9906
El guabo	9.3287				9.3287
Huaquillas	5.9453				5.9453
Balao			3.6739		3.6739
Sucre				2.3181	2.3181
Chone				1.4578	1.4578
Tosagua				1.4578	1.4578
San Vicente				0.8735	0.8735
Esmeraldas		0.0348			0.0348
Total general	94.5901	66.9159	543.5123	6.1072	711.1255

Elaboración: El autor.

El análisis de teselado realizado con ArcGIS permitió identificar las áreas con mayor presión sobre el manglar en distintos cantones. Guayaquil presenta el nivel más alto de deterioro, con un índice de 453.94 puntos, debido a la superposición de múltiples factores de presión en sus unidades de análisis. En contraste, Esmeraldas muestra la mejor conservación, con un índice de 0.03 puntos (**Tabla 9**). Este resultado está alineado con la distribución espacial del ecosistema, ya que el Golfo de Guayaquil alberga aproximadamente el 85% del manglar ecuatoriano, lo que lo convierte en una de las regiones más relevantes para su conservación.

Como se mencionó previamente, ArcGIS facilita la obtención de datos tanto en formato ráster como vectorial. A partir de estos formatos, se generaron mapas que, en función de los pesos asignados en la matriz de Saaty, identifican las áreas con mayor afectación o presión antropogénica sobre el manglar. Estos mapas permiten visualizar de manera detallada la distribución espacial de los impactos, proporcionan una herramienta para la toma de decisiones en la gestión y conservación del ecosistema.

Los resultados se organizan en 5 ejes temáticos derivados del análisis inductivo (**Tabla 4**), ilustrados con citas representativas y respaldados por triangulación. Esta estructura permite contrastar las prácticas de conservación, conflictos y valores culturales entre las comunidades estudiadas (6 de Julio, Balao, Nuevo Porvenir). Se identificó que las estrategias de conservación del manglar varían en función de la organización comunitaria. En las comunidades de 6 de Julio y Balao, los patrullajes desempeñan un papel relevante en la protección del ecosistema, mientras que en Nuevo Porvenir, la aplicación de vedas es menos estricta, lo que aumenta la vulnerabilidad del manglar ante amenazas externas, como la tala indiscriminada.

Asimismo, se evidenciaron conflictos relacionados con la contaminación, la inseguridad y el uso de productos químicos por parte de la industria camaronesa, los cuales afectan la calidad del agua y la salud del ecosistema. En términos de cohesión social, el manglar es un espacio para la comunidad, ya que fomenta la interacción social a través de prácticas de trueque, festividades y actividades colectivas. Sin embargo, la

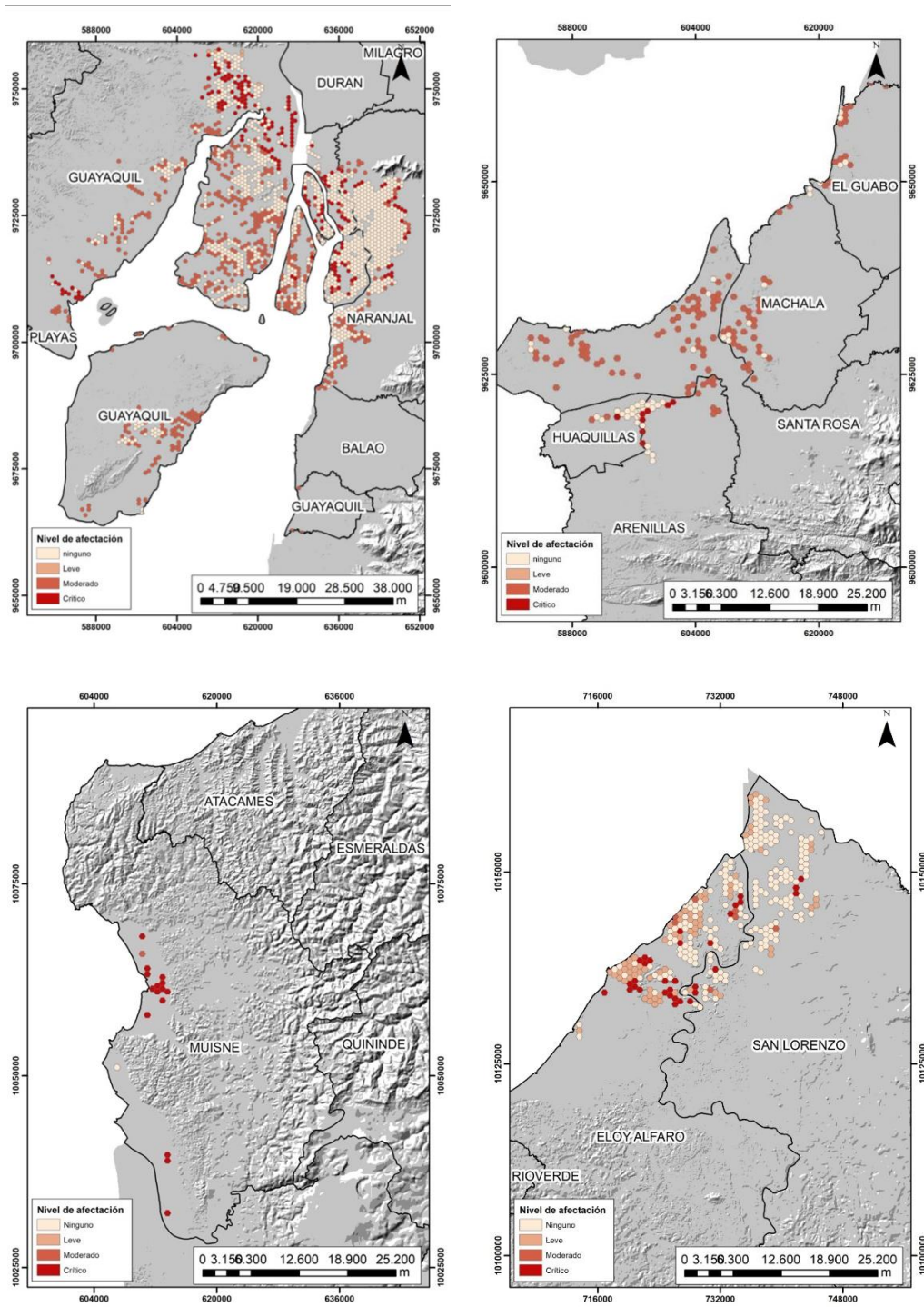


Gráfico 2. Resultados de teselación.
Elaboración: El autor.

relación con las camaroneras es ambivalente, fluctua entre la cooperación y la confrontación, depende del contexto junto con los intereses de cada actor.

Las percepciones de los entrevistados resaltan al manglar como un recurso vital, de profundo valor cultural, que proporciona protección costera, biodiversidad, sustento económico, además, se percibe como un legado para las futuras generaciones, se confirma su relevancia en la identidad y el bienestar de las comunidades locales.

Los testimonios de las comunidades revelan un patrón histórico de gestión sostenible del manglar a lo largo de tres generaciones, incluso antes de la formalización de los AUSCM. En 6 de Julio, Evaristo Plusas –cangrejero y líder comunitario– relata: *“Mi abuelo pescaba en estos mismos canales donde hoy recojo cangrejos. Nos enseñó que si respetamos la veda y no sacamos hembras y respetamos los tamaño de 8.5, el manglar nunca se acaba. Ahora mi hijo sigue la misma regla”* (Entrevista, 2024).

Este conocimiento ecológico tradicional se repite en las tres comunidades estudiadas: en Balao, los recolectores usan técnicas ancestrales como el “gancho”, adaptándolas a los cambios en el ecosistema; en Nuevo Porvenir, aunque con menor organización, reconocen que “antes (sin AUSCM) los ancianos cerraban zonas cuando el cangrejo escaseaba” (Clemente de la Cruz, 2024); y en 6 de Julio, mantienen registros mentales de zonas de rotación para evitar la sobreexplotación. Este patrón de manejo ancestral evidencia un sistema de gobernanza informal que precedió y fundamentó los actuales AUSCM.

Discusión

A pesar del creciente interés académico por los manglares en Ecuador, persisten vacíos importantes en la literatura. Primero, falta un análisis que conecte integralmente las causas de la pérdida de manglares con las respuestas estatales y comunitarias (Muyulema et al., 2019; López, 2020). Segundo, la participación comunitaria en la toma de decisiones aún es poco explorada, sobre todo desde enfoques de gobernanza y economía ecológica (Zavala, 2020; Rueda, 2019). Estudios como el de Vanegas y Peñafiel (2019) abordan percepciones sobre servicios ecosistémicos, mientras que Paredes (2006) y López (2020) analizan la gestión de los Acuerdos de Uso Sustentable del Manglar desde perspectivas de economía ambiental y contabilidad social. Otros trabajos se centran en impactos ecológicos (Muyulema et al., 2019), enfoques turísticos (Jácome et al., 2018; Carvache, 2011) o revisiones bibliográficas generales (Carvajal et al., 2019), sin abordar la articulación entre propiedad comunal, cohesión social y conservación. Esta investigación busca contribuir a ese vacío, conectando los factores de degradación ecológica con la gobernanza comunitaria, analiza cómo las dinámicas de propiedad comunal influyen en la sostenibilidad del manglar desde una perspectiva institucional y de economía ecológica.

Los hallazgos obtenidos evidencian diferencias entre las metodologías aplicadas, destacándose ciertas limitaciones del modelo Presión-Estado-Respuesta (PER) en la representación de dinámicas ecológicas complejas con la identificación de relaciones no lineales entre las actividades humanas y el entorno natural. En contraste, la metodología de teselación permite un análisis espacial más detallado, al asignar pesos diferenciados a las variables de presión y visualizarlas con mayor precisión. Si bien ambas metodologías coinciden en señalar a Esmeraldas, San Vicente como los cantones con mejor estado de conservación, la técnica de teselado aporta una

representación más clara de las presiones antropogénicas presentes en el territorio.

Por otro lado, en cantones como Guayaquil, donde se observan altos niveles de degradación ambiental, la expansión de camaroneras junto con el crecimiento urbano emerge como los principales factores de presión. Esto sugiere que la existencia de protecciones legales, como las áreas bajo el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP), no siempre se traduce en una conservación real del manglar. Además, la eliminación de la Subsecretaría de Gestión Marino Costera y la reducción del personal del Ministerio del Ambiente en 2020 han afectado negativamente la capacidad operativa para monitorear y proteger estos ecosistemas.

A nivel comunitario, las estrategias de conservación implementadas en 6 de Julio, Nuevo Porvenir y Balao reflejan arreglos institucionales que se alinean con los principios de gobernanza de recursos comunes propuestos por Elinor Ostrom. Medidas como vedas estacionales, restricciones en la pesca, recolección de recursos, junto con un fuerte sentido de cohesión social y autoorganización, refuerzan el vínculo de estas comunidades con su entorno. No obstante, persisten desafíos como la contaminación química, la inseguridad y la falta de apoyo estatal, lo que subraya la necesidad de fortalecer las políticas de conservación desde un enfoque integral.

Contrariando la “tragedia de los comunes” de Hardin (1968), las comunidades mangleras desarrollaron por décadas un sofisticado sistema de autorregulación basado en (1) límites espaciales no escritos, (2) sanciones sociales a infractores, y (3) adaptación constante de herramientas como el “gancho”. Estos mecanismos, que anticiparon los principios de Ostrom (1990) sobre monitoreo local y legitimidad comunitaria, muestran su eficacia al contrastar con áreas de gestión industrial: el PER revela que Guayaquil (sin gestión comunal predominante) tiene presiones 10 veces mayores que Balao (**Tabla 4**), desmintiendo el fatalismo de Hardin.

Las percepciones comunitarias sobre el manglar destacan su rol como recurso ecológico y pilar fundamental para la vida, protección costera, cuya importancia se hace aún más evidente en momentos de crisis, como durante la pandemia. Estos resultados enfatizan la urgencia de incorporar tanto las dimensiones sociales como ecológicas en la gestión sostenible del manglar, se considera su valor como recurso económico, también como un elemento para el equilibrio del ecosistema y la resiliencia comunitaria.

Conclusiones

Esta investigación reafirma la importancia del manglar como un ecosistema para la sostenibilidad del litoral ecuatoriano, se destaca su vulnerabilidad ante diversas presiones antropogénicas. En términos cuantitativos, el análisis a través del modelo Presión-Estado-Respuesta (PER) permitió identificar los principales factores que amenazan la cobertura del manglar, entre ellos la expansión agrícola, el crecimiento urbano y la proliferación de camarónicas. Estas actividades han reducido su extensión, también han afectado sus funciones ecológicas, como la captura de carbono, la protección costera y la regulación hídrica. Además, herramientas como el teselado y la jerarquización de variables evidenciaron que cantones como Guayaquil, Balao y Naranjal enfrentan una mayor presión ambiental, lo que resalta la necesidad de implementar estrategias de manejo específicas y normativas más estrictas para su conservación.

Desde un enfoque cualitativo, los resultados señalan el papel de las comunidades locales en la protección del manglar. A partir de entrevistas semiestructuradas, se constató que comunidades como 6 de Julio, Balao y Nuevo Porvenir han desarrollado estrategias de conservación basadas en principios de gobernanza de recursos comunes según el marco teórico de Elinor Ostrom. Entre estas prácticas sobresalen las vedas estacionales, patrullajes comunitarios y acuerdos de uso sostenible, los cuales han fortalecido la cohesión social y mejorado la gestión local del ecosistema. No obstante, el estudio también evidencia problemas persistentes, tales como la escasa regulación sobre actores externos, la disminución de la capacidad operativa del Estado y la falta de sanciones para infracciones ambientales, lo que compromete la efectividad de estos esfuerzos comunitarios.

Desde una perspectiva interdisciplinaria, la investigación resalta la necesidad de integrar enfoques como la Economía Ecológica y la Economía Institucional para comprender las interacciones entre los valores ecológicos del manglar y las dinámicas socioeconómicas asociadas a su manejo. Además, se reconoce el papel del capital social de las comunidades como un factor sustancial en la implementación de estrategias de conservación y en la generación de resiliencia ante amenazas externas. Sin embargo, se enfatiza la urgencia de fortalecer la coordinación entre actores locales, estatales y privados, se promueve una gobernanza más inclusiva y efectiva para garantizar la sostenibilidad del manglar a largo plazo.

Este estudio demuestra que el manglar ecuatoriano no es víctima de una “tragedia de los comunes”, sino un ejemplo de gobernanza policéntrica ancestral. Por

tres generaciones, las comunidades implementaron sistemas de manejo que, aunque no estaban formalizados en AUSCM, cumplieron los principios de sostenibilidad: límites claros, monitoreo local y adaptación cultural. La formalización posterior (vía AUSCM) fortaleció —no creó— estos mecanismos. Así, la conservación del manglar depende de reconocer y apoyar estas instituciones locales, no de reemplazarlas con modelos externos.

Finalmente, este estudio abre nuevas líneas de investigación que podrían ampliar la comprensión sobre el manglar y su papel en el bienestar humano. Se sugiere explorar la relación entre biodiversidad y salud pública, así como realizar evaluaciones detalladas sobre la calidad del aire, el agua y la capacidad del manglar para mitigar el cambio climático. Estas investigaciones complementarían los hallazgos actuales y aportarían insumos para la formulación de políticas públicas más integrales, se reconoce al manglar como un elemento estratégico en el desarrollo sostenible del Ecuador.

Referencias

- Berkes, F. (2009). *Sacred ecology* (2ª ed.). Routledge.
- Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*, 3(2), 77-101. <https://doi.org/10.1191/1478088706qp0630a>
- Carvache, F. (2011). *Evaluación del uso turístico y recreativo del Refugio de Vida Silvestre Manglares El Morro* [Tesis de maestría, Universidad de Guayaquil].
- Carvajal, C., Herrera, J., Valdéz, M., & Campos, L. (2019). Los manglares y los servicios ecosistémicos: una revisión bibliográfica 2009-2020. *Revista Científica Agroecosistemas*, 7(2), 13-23.
- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2018). *Research design* (5ª ed.). Sage.
- Denzin, N. K. (2017). *The research act* (4ª ed.). Routledge.
- Glaser, M., Krause, G., Oliveira, R., & Fontalvo-Herazo, M. (2012). Mangrove ecosystem services and valuation. *Coastal Ecosystems Series*.
- Hennink, M., Hutter, I., & Bailey, A. (2020). *Qualitative research methods*. Sage.
- Jácome, C., Salinas, M., Durán, M., & Maldonado, K. (2018). Participación comunitaria y conservación del manglar en la Isla Costa Rica, Ecuador. *Revista de Ciencias Ambientales*, 52(1), 77-90.
- Jácome, F. (2014). *Identidad cultural y territorio*. FLACSO Ecuador.
- Lincoln, Y. S., & Guba, E. G. (1985). *Naturalistic inquiry*. Sage.
- López, G. (2020). *Problemática de los Acuerdos de Uso Sustentable y Custodia del Manglar en la provincia de El Oro, Ecuador* [Tesis doctoral, Universidad de Barcelona].
- Muyulema, D., Revelo, C., Jiménez, R., & Vaca, M. (2019). Evaluación de la contaminación por metales pesados en suelos de manglar en la Reserva Ecológica Cayapas-Mataje. *Revista Ciencia y Ambiente*, 39(2), 45-58.
- Ostrom, E. (1992). Diseño de instituciones para sistemas de riego autogestionarios (A. M. Tejada y M. Ureña, trads.). *Institute for Contemporary Studies*. https://edge.edx.org/c4x/IDBx/IDB3.0x/asset/Ostrom_DISEnO_DE_

INSTITUCIONES_PARA_SISTEMAS_DE_RIEGO_AUTO_GESTIONARIOS.pdf

- Ostrom, E. (2009). *Understanding institutional diversity*. Princeton University Press.
- Ostrom, E. (2011). *El gobierno de los bienes comunes: La evolución de las instituciones de acción colectiva*. Fondo de Cultura Económica.
- Ostrom, E. (2014). Más allá de los mercados y los Estados: Gobernanza policéntrica de sistemas económicos complejos. *Revista Mexicana de Sociología*, 76(número especial), 7-32. <https://doi.org/10.2307/43494872>
- Ostrom, E., & Ahn, T. K. (2003). Una perspectiva del capital social desde las ciencias sociales: capital social y acción colectiva. *Revista Mexicana de Sociología*, 65(1), 155-233. <http://www.scielo.org.mx/pdf/rms/v65n1/v65n1a5.pdf>
- Ostrom, E., Janssen, M., & Poteete, A. (2012). *Trabajar juntos: Acción colectiva, bienes comunes y múltiples métodos en la práctica*. <http://132.248.82.60/jspui/bitstream/IIS/4415/1/Trabajar%20juntos.%20Accion%20colectiva%20bienes%20comunes.pdf>
- Paredes, C. (2006). *El ecosistema del manglar y su relación con la camaronicultura en Ecuador: Análisis multicriterio social*. Abya-Yala.
- Paredes, M. (2006). *Economía ecológica del manglar: conflicto entre camaronicultura e intereses comunitarios en Palmar*. Abya Yala.
- Patton, M. Q. (2015). *Qualitative research & evaluation methods* (4ª ed.). Sage.
- Pidgeon, E. (2009). Carbon sequestration by coastal ecosystems. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(51), 20620–20625. <https://doi.org/10.1073/pnas.0913805106>
- Rivera, J., & Casas, F. (2005). Mangrove ecosystems and coastal protection. *Journal of Environmental Management*, 77(2), 144-157. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2005.04.008>
- Rodríguez, I., & Morales, P. (2019). La cohesión social y la protección de los manglares desde una perspectiva jurídica: estudio de caso en la comunidad de Verdum. *Revista de Derecho Ambiental*, 11(1), 55–70.
- Robbins, P. (2012). *Political ecology* (2ª ed.). Wiley-Blackwell.
- Romero, N. (2014). *La revolución azul y sus impactos en los manglares*. Ministerio del Ambiente del Ecuador (MAE).
- Rueda, J. (2019). *Gestión comunitaria del manglar en El Oro a través de los Acuerdos de Uso Sustentable y Custodia del Manglar: Un análisis comparado regional* [Trabajo de titulación, Universidad Técnica de Machala].
- Saldaña, J. (2016). *The coding manual for qualitative researchers* (3ª ed.). Sage.
- Vanegas, C., & Peñafiel, M. (2019). Percepciones comunitarias sobre los beneficios del manglar en Puerto El Morro y la Isla Costa Rica. *Revista de Investigación Social y Ambiental*, 5(2), 20–33.
- Zavala, C. (2020). Evaluación de los Acuerdos de Uso Sustentable y Custodia de Manglar en Jambelí: Retos y oportunidades para la sostenibilidad comunitaria. *Revista Gestión Ambiental*, 14(1), 30–48.

ANEXO 1

Guion completo de entrevistas

Estas serán las preguntas que guiarán la entrevista:

1. ¿Dependen sus ingresos del manglar?
2. ¿Cómo se relaciona su comunidad con el cuidado del manglar?
3. ¿Qué medidas toman para garantizar la conservación del manglar?
4. ¿Cómo promueven el cumplimiento de las reglas, como la prohibición de la extracción durante la veda del cangrejo?
5. ¿Han experimentado conflictos con las camaroneras en la zona?
6. ¿Observan algún tipo de explotación dentro de la comunidad en relación con el manglar?
7. ¿Cómo está organizada la comunidad en términos de gestión del manglar?
8. ¿Cuáles son los mecanismos de explotación de los recursos naturales del manglar en su comunidad?
9. ¿Qué construcciones simbólicas existen en torno al uso y protección del manglar en su comunidad?
10. ¿Qué significado atribuyen las comunidades a la conservación del manglar?
11. ¿Existen usos y saberes tradicionales, como leyendas, relacionados con el manglar en su comunidad?
12. ¿Cómo influye el manglar en la identidad cultural de su comunidad?
13. ¿Existen prácticas culturales tradicionales relacionadas con el manglar en su comunidad?
14. ¿Cómo se transmiten los conocimientos y valores culturales relacionados con el manglar de generación en generación?
15. ¿Qué papel juega el manglar en las festividades o celebraciones de su comunidad?
16. ¿Cómo perciben los miembros de la comunidad la relación entre la conservación del manglar y la preservación de su identidad cultural?
17. ¿Cuál es la dieta de las personas que viven del manglar?

ID	Cita textual	Código	Subcategoría	Categoría	Comunidad	Relación con Ostrom
1	<i>"Vamos diario al manglar, ya vamos viendo lo que sucede... Hacemos doce grupos"</i>	Monitoreo comunitario	Patrullajes organizados	Conservación	6 de Julio	Monitoreo local (Principio 4)
2	<i>"En las vedas, las camaroneras hacen desbroces... no nos organizamos"</i>	Ausencia de vigilancia	Debilidad institucional	Conflictos	Nuevo Porvenir	Falta de sanciones graduales (Principio 5)
3	<i>"Usamos gancho porque el cangrejo está arisco"</i>	Adaptación técnica	Cambio en prácticas extractivas	Usos	Balao	Ajuste a condiciones locales (Principio 2)
4	<i>"Denunciamos al Ministerio... tomamos fotos del daño"</i>	Denuncia formal	Mecanismos de control	Conservación	6 de Julio	Sanciones a infractores (Principio 5)
5	<i>"Los camaroneros tenían la custodia... por dos años"</i>	Conflicto de tenencia	Presión externa	Conflictos	6 de Julio	Límites claros no respetados (Principio 1)
6	<i>"El manglar es vida"</i>	Valor identitario	Significado cultural	Perspectivas	Nuevo Porvenir	Valor intrínseco del recurso

...continuación tabla

7	<i>"Hacemos trueque: camarón por cangrejos"</i>	Economía solidaria	Redes de reciprocidad	Cohesión	Balao	Arreglos colectivos (Principio 3)
8	<i>"Los químicos de las camaroneras contaminan el canal"</i>	Contaminación industrial	Impacto ambiental	Conflictos	Nuevo Porvenir	Externalidades no reguladas
9	<i>"El manglar es un muro de protección"</i>	Servicio ecosistémico	Percepción de beneficios	Perspectivas	6 de Julio	Interdependencia sistema-comunidad
10	<i>"Mi hijo trabaja en el manglar... todo lo ha hecho con su esfuerzo"</i>	Transmisión intergeneracional	Educación informal	Cohesión	6 de Julio	Capital social (Principio 7)

Matriz de codificación cualitativa

(Ejemplo parcial con 10 citas representativas)

Fotos de Campo



Llegada de cangrejeros y concheros a Puerto de Nuevo Porvenir.



Pesaje de cangrejos y conchas dispuestos para la compra de cangrejo en la Asociación de Mansur del Manglar.



Extracción de cangrejo rojo y concha por parte del investigador Edison Gordillo.



Visita a los perímetros del manglar de Balao.



Mansur del manglar, comunidad Balao.



Entrevista en Nuevo Porvenir con líder comunitario y vocal de asociación.

Artículo de investigación

Impacto de las intervenciones antrópicas en la calidad del agua de la microcuenca El Carmen: un estudio de bioindicadores como herramienta de evaluación ecológica

Impact of anthropic interventions on water quality in the El Carmen micro-watershed: A bioindicator-based ecological assessment

Alonso Cartuche-Paqui¹ , Santiago García-Matailo² , Raquel Hernández-Ocampo² , Guillermo Chuncho-Morocho³ , Iván Burneo-Saavedra² , Roberth Yaguana-Neira⁴ , Samantha Chuncho-Salas² 

¹Centro de Investigaciones Tropicales del Ambiente y Biodiversidad "CITIAB", carrera de Ingeniería Ambiental, Universidad Nacional de Loja

²Carrera de Ingeniería Ambiental- Universidad Nacional de Loja

³Grupo de Investigación en Medio Ambiente y Recursos Naturales, Universidad Nacional de Loja

⁴Centro de Investigaciones Tropicales del Ambiente y Biodiversidad "CITIAB", Universidad Nacional de Loja

Fecha de recepción: 02/05/2025

Fecha de aceptación: 02/06/2025

Fecha de publicación: 30/06/2025

*Correspondencia: Alonso Cartuche-Paqui. cartuchea@gmail.com

Resumen

El estudio analizó el impacto de las actividades antropogénicas en la calidad del agua de la microcuenca El Carmen, que abastece al 60% de la población de Loja, Ecuador. El objetivo fue evaluar la calidad del agua mediante el estudio de comunidades de diatomeas epilíticas y parámetros fisicoquímicos, relacionados con tres gradientes de uso de suelo: área conservada (zona alta), actividades agropecuarias (zona media) y asentamientos humanos (zona baja). Se utilizó un diseño observacional, con muestreos en tres zonas definidas, donde se recolectaron muestras de comunidades de diatomeas y en *situ* se tomaron lecturas de pH, conductividad eléctrica, temperatura y en el laboratorio se midió la turbidez. Se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) de las variables temperatura (zona alta con la media y la baja), turbidez y conductividad (zona alta y baja). Se evaluó la calidad del agua mediante el Índice Diatómico General (IDG) el cual considera la variabilidad y sensibilidad de géneros de diatomeas a la contaminación del agua. En la zona alta, predominó el género *Hannaea*, asociado a una buena calidad de agua (IDG > 4.5) y parámetros fisicoquímicos óptimos: pH de 6.75 y baja turbidez (0.85 NTU). En las zonas media y baja, *Gomphonema* fue el género dominante, reflejando una mayor alteración ambiental, con valores de IDG < 3.5 y conductividad eléctrica elevada (41.60–51.60 $\mu\text{S}/\text{cm}$). En conclusión, el estudio evidenció que las actividades humanas afectan la calidad del agua, alterando las comunidades de diatomeas. La integración de indicadores biológicos y fisicoquímicos proporciona una herramienta efectiva para la gestión sostenible del recurso hídrico.

Palabras clave: Bioindicadores. Calidad del agua. Diatomeas. Índice diatómico general. Impacto antropogénico.

Abstract

The study analyzed the impact of anthropogenic activities on the water quality of the El Carmen micro-watershed, which supplies 60% of the population of Loja, Ecuador. The objective was to assess water quality through the study of epilithic diatom communities and physicochemical parameters, related to three land-use gradients: conserved area (upper zone), agricultural activities (middle zone), and human settlements (lower zone). An observational design was used, with sampling conducted in three defined zones. Diatom

community samples were collected, and in situ readings of pH, electrical conductivity, and temperature were taken, while turbidity was measured in the laboratory. Statistically significant differences ($p < 0.05$) were found in temperature (between the upper zone and the middle and lower zones), turbidity, and conductivity (between the upper and lower zones). Water quality was assessed using the General Diatom Index (IDG), which considers the variability and sensitivity of diatom genera to water pollution. In the upper zone, the genus *Hannaea* predominated, associated with good water quality ($IDG > 4.5$) and optimal physicochemical parameters: pH of 6.75 and low turbidity (0.85 NTU). In the middle and lower zones, *Gomphonema* was the dominant genus, reflecting greater environmental alteration, with IDG values < 3.5 and high electrical conductivity (41.60–51.60 $\mu\text{S}/\text{cm}$). In conclusion, the study demonstrated that human activities affect water quality, altering diatom communities. The integration of biological and physicochemical indicators provides an effective tool for the sustainable management of water resources.

Keywords: Bioindicators. Water quality. Diatoms. General diatom index. Anthropogenic impact.

Introducción

Los recursos hídricos enfrentan fuertes amenazas debido a la acumulación de desechos orgánicos, el uso de productos químicos en la agricultura y la ganadería, y el vertido de metales pesados y patógenos que han puesto en riesgo la calidad del agua para sus distintos usos (Mateo-Sagasta et al., 2018). Frente a esta problemática, se ha incrementado el interés científico por comprender y conservar los ecosistemas acuáticos (Norris y Hawkins, 2000). En este contexto, se destaca la importancia de la evaluación de la calidad del agua. En la actualidad la evaluación se basa en el estudio de parámetros fisicoquímicos, mismos que ofrecen una visión general de la situación de la calidad del agua, sin embargo, no permiten identificar los impactos ambientales a largo plazo (Piccardo, 2020). En este sentido, la evaluación de la calidad de agua mediante bioindicadores como el fitoplancton y macroinvertebrados se ha presentado como una alternativa complementaria a la evaluación fisicoquímica, debido a que estos organismos son sensibles a los cambios ambientales a causa de la contaminación del agua (Rice et al., 2012).

Las evaluaciones biológicas que emplean fitoplancton como bioindicadores, muestran cómo los cambios en su composición pueden relacionarse con variables fisicoquímicas y las interacciones ecológicas (Vázquez et al., 2006). Las algas, como las diatomeas, juegan un papel importante en el proceso de transferencia de la energía por medio de las cadenas tróficas, y bajo la perspectiva ecológica, el estudio de su composición y estructura sirve como bioindicador de la calidad del agua y de procesos de contaminación que afectan a ecosistemas acuáticos (Montoya-Moreno y Aguirre, 2013). Las diatomeas son bioindicadores de la calidad del agua debido a su rápida respuesta a factores tales como la temperatura, la luz, la conductividad eléctrica, los nutrientes (fosfato y nitratos), la velocidad de la corriente, la contaminación orgánica e inorgánica y la acidificación (Estrada-Hidalgo et al., 2018).

En Ecuador, las comunidades de diatomeas se han usado para evaluar la calidad del agua y establecer

relaciones ambientales entre las actividades antrópicas y su influencia en la calidad del agua, investigaciones como la de Yaguana y Cartuche (2022) en el río Malacatos de la ciudad de Loja determinaron que las variaciones de comunidades de diatomeas dependían del estado de conservación de la vegetación ribereña, donde la zona de vegetación nativa tuvo una composición distinta de diatomeas en comparación a zonas semiconservadas y sin vegetación ribereña. En el río Jimbitono de la provincia de Morona Santiago, se analizaron las comunidades de diatomeas para establecer relaciones entre las actividades antrópicas y la calidad del agua, reportando que la calidad del agua tiende a disminuir conforme el torrente comienza a descender (Heredia et al., 2024).

La microcuenca El Carmen, que provee el 60 % del agua de consumo para la ciudad de Loja, enfrenta una amenaza significativa a la calidad de su recurso hídrico, principalmente por la contaminación generada por actividades agrícolas y ganaderas (Macas, 2017; Artega et al. 2016; Arce y Leiva, 2009). Frente a este panorama se subraya la necesidad de adoptar enfoques más holísticos y biológicos para la evaluación y gestión de la calidad del agua que prioricen la conservación de los ecosistemas acuáticos para asegurar el acceso a agua limpia y segura. Por lo tanto, esta investigación, pretende conocer la situación actual de la microcuenca El Carmen, lo que permitirá, en un futuro, tomar medidas adecuadas para administrar de manera efectiva su recurso, asegurando así, el bienestar de las futuras generaciones. Además, al contar con un suministro de agua adecuado para sus actividades diarias, se busca garantizar el desarrollo social de este sector.

El propósito de este trabajo es evaluar la calidad del agua y el impacto de las actividades antropogénicas en la microcuenca El Carmen. Para el efecto se plantea identificar las comunidades de diatomeas epilíticas y las condiciones físicas y químicas presentes en la microcuenca, y, a su vez, los vínculos con tres gradientes de uso de suelo a lo largo de las riberas (áreas urbanas, agrícolas y zonas de conservación); y posteriormente, evaluar la calidad del agua en la microcuenca mediante el Índice Diatómico General.

Métodos

El estudio adoptó un diseño observacional y descriptivo no experimental, con un enfoque predominante cuantitativo. Ante los propósitos del proyecto, orientados a determinar la calidad de agua en diferentes gradientes de uso del suelo y cobertura vegetal, el estudio definió el criterio del estado de conservación de las zonas de ribera a lo largo de tres zonas de la microcuenca El Carmen. Este enfoque permitió medir las variables físicas, químicas y biológicas del agua de manera detallada para evaluar la calidad del agua en distintos puntos de la microcuenca.

Área de estudio

La microcuenca El Carmen (**Figura 1**) se encuentra ubicada en el sector sur oriental de la ciudad de Loja, y constituyendo un afluente importante del río

Zamora Huayco, extendiéndose sobre una superficie de 1117.08 hectáreas. Su altitud varía entre los 2200 y los 3400 metros sobre el nivel del mar. Esta área representa aproximadamente el 20% del total de las microcuencas que proveen agua a la ciudad de Loja. La mayor parte del territorio está dominada por coberturas de tipo antrópicas, mientras que las zonas de cobertura natural, incluidos bosques y páramos, conforman cerca del 50% de la cuenca (Arteaga et al., 2016).

Delimitación de las zonas de estudio

Se delimitaron tres zonas de estudio, aplicando herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG) que permitieron cartografiar tanto el uso del suelo como el de cobertura vegetal a lo largo de la microcuenca. La información cartográfica permitió definir tres zonas (**Figura 2**).

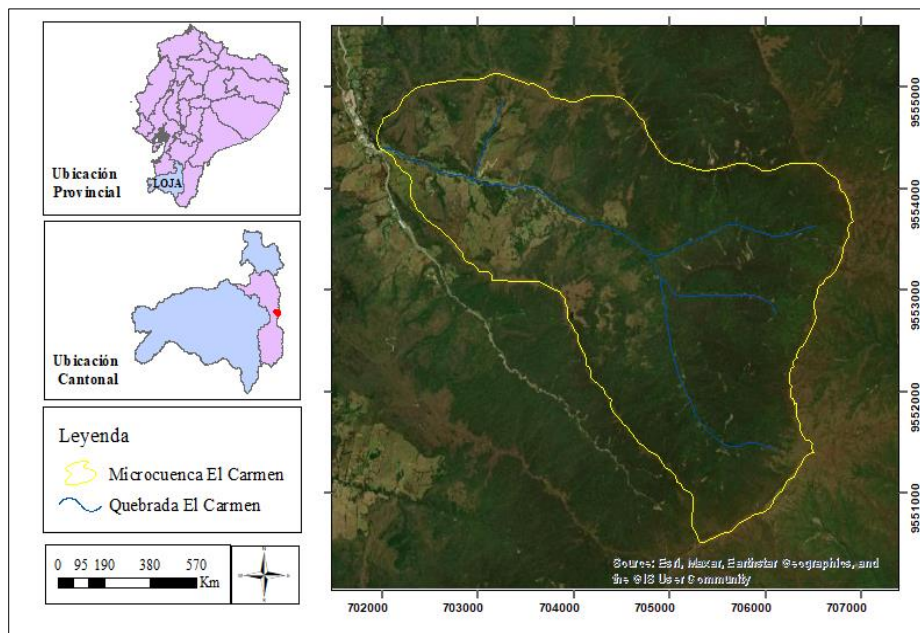


Figura 1. Ubicación de la microcuenca El Carmen.

Fuente. Elaboración propia.

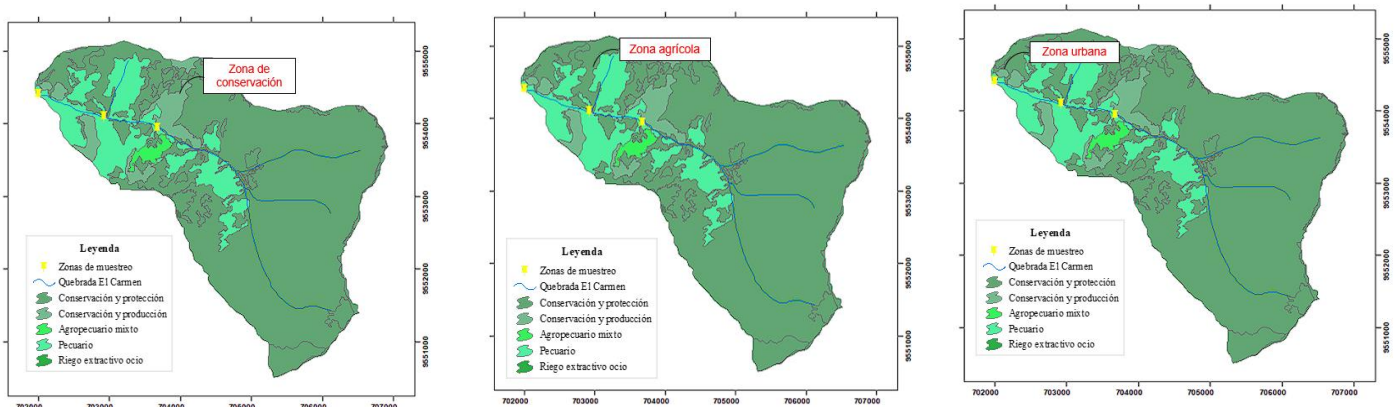


Figura 2. Zona Alta, media y baja de la microcuenca El Carmen.

Fuente. Elaboración propia.

Zona 1: Corresponde a la parte alta de la microcuenca, caracterizada por un uso del suelo enfocado en la conservación y protección. Es de gran relevancia por ser la zona de captación de agua para abastecimiento de la ciudad de Loja (zona de conservación).

Zona 2: Ubicada en la zona media de la microcuenca, donde la conservación se entrelaza con áreas de producción que han sido parcialmente intervenidas con fines agrícolas y ganaderos (zona agropecuaria).

Zona 3: Representa la zona baja, la cual ha sido afectada por actividades humanas significativas, principalmente de carácter pecuario y de urbanización, lo que refleja una mayor intervención en el uso del suelo (zona urbana).

Muestreo de comunidades de diatomeas

En cada una de las zonas definidas, se delimitó un transecto longitudinal de 80 metros a lo largo del cauce del río. Aquí, se definieron puntos de muestreo cada 20 metros, resultando en un total de cinco réplicas por zona de muestreo (Cartuche et al. 2019). El proceso de muestreo se llevó a cabo en una única jornada de monitoreo, específicamente en el mes de marzo de 2024. Esta metodología está diseñada para garantizar una cobertura amplia y representativa de cada zona de estudio, permitiendo una evaluación detallada de la calidad del agua y la ecología de las comunidades de diatomeas en diferentes partes de la microcuenca.

La recolección de diatomeas se realizó seleccionando 5 sustratos naturales, específicamente rocas pequeñas, distribuidas a lo largo de un eje perpendicular al curso del río y en áreas expuestas a la luz solar directa. La recolección de material se efectuó mediante el raspado de la superficie de las rocas utilizando un cepillo, este material se enjuagó con 20 ml de agua del río, sumando un total de 100 ml por muestra (Samanez et al., 2014). Cada muestra recolectada se codificó y etiquetó, y finalmente se transportó en un cooler con hielo para minimizar cualquier cambio que pudo alterar los resultados del análisis (Fetscher et al., 2009).

Para la conservación de las muestras, se adoptó el protocolo sugerido por Lemly y Dimmick (1982), el cual consiste en agregar 1 ml de solución de Lugol por cada 100 ml de muestra recolectada, manteniendo una concentración del 0.99%. Este método asegura la preservación adecuada de las algas (fitobentos) durante su transporte y almacenamiento hasta su posterior análisis.

Medición de variables fisicoquímicas y análisis estadísticos

Para cada punto de muestreo establecido dentro de las tres zonas definidas, se llevaron a cabo mediciones *in situ* de las siguientes variables fisicoquímicas: pH, temperatura y conductividad eléctrica, las cuales fueron determinadas utilizando un equipo multiparámetro de la marca Hanna. La turbidez del agua se midió empleando un turbidímetro de marca Hach. Todos los equipos necesarios para estas mediciones estuvieron disponibles en el Laboratorio Ambiental de la Universidad Nacional de Loja. Para determinar diferencias estadísticas ($p < 0.05$) entre las diferentes zonas de estudio, se llevó a cabo un análisis de varianza para las variables fisicoquímicas y biológicas (IDG). Este análisis se realizó mediante el software estadístico RStudio.

Preparación de muestras para el análisis de comunidades de diatomeas

Las muestras recolectadas fueron transportadas al Laboratorio Ecología acuática del Centro de Investigación y Servicio de Análisis Químico (CISAQ) de la Universidad Nacional de Loja. Para la preparación de las muestras, se adoptó la metodología de Mayama (2012). Este proceso comenzó con la selección de 50 ml de contenido homogeneizado de cada muestra, el cual se decantó por 24 horas en un tubo Falcón. Posteriormente, se descartó la mayor parte del agua, conservando el sedimento. A este material, se le añadió hipoclorito a una concentración del 5 % para disolver la materia orgánica, seguido por una centrifugación a 3000 rpm durante 3 minutos. Este paso se repitió, eliminando el hipoclorito y agregando 20 ml de agua destilada para una nueva centrifugación. Después de repetir el lavado 3 veces con agua destilada, se conservó 5 ml de la mezcla, que posteriormente fue homogenizada.

Identificación y cuantificación de comunidades de diatomeas

Para la identificación de los taxones de diatomeas, se prepararon placas en donde una alícuota de la muestra preparada se colocó en un porta objetos el mismo que fue colocado en una plancha de calentamiento para evaporar el agua contenida. Este mismo proceso se realizó para las cinco muestras recolectadas *in situ* para cada una de las zonas. La observación se realizó usando el microscopio Axiolab 5, con axio-cam 208 color y lente de 40x. Las imágenes capturadas se analizaron mediante el software TopView.

Para los taxones de menor tamaño se utilizó un lente de 100X en el mismo microscopio.

La identificación taxonómica, se realizó en base de las características morfométricas de las células. Se desarrolló una identificación preliminar por medio de claves morfométricas de Steinitz-Kannan y Cooper (2007) y estudios taxonómicos de Céspedes (2014), así como por parte del director de este trabajo de investigación. Las identificaciones fueron validadas por la Dra. Miriam Kannan de la Univeridad de Northern Kentuchy University.

La cuantificación celular, se efectuó delimitando transectos horizontales a lo largo del porta objetos y se contó cada célula de diatomea incluida en el campo de visión correspondiente (Gómez et al., 2009). Se realizó el conteo de mínimo 400 individuos, que de acuerdo con Blanco (2010), este es un valor estadísticamente fiable y preciso, además de que los índices diatomológicos a nivel mundial se basan en esa

cantidad. Así mismo, según expone Karthick et al. (2010), contar 400 individuos es satisfactorio para el cálculo de la abundancia relativa de especies de diatomeas ya que no se encontraron diferencias significativas entre contar 200 y 800 individuos.

Determinación de la calidad del agua mediante el Índice Diatómico General (IDG)

Para determinar la calidad del agua se aplicó el Índice Diatómico General (IDG) (Ecuación 1), que considera la variabilidad y sensibilidad de géneros de diatomeas, mismas que responden a cambios de la calidad del agua (Rumeau y Coste, 1988). Los resultados del índice fueron comparados de acuerdo a los niveles de calidad de la **Tabla 1**.

$$Índice = \frac{\sum_{j=1}^j A_j * S_j * V_j}{\sum_{j=1}^n A_j * S_j} \text{ (Ecuación 1)}$$

Donde:

Aj: abundancia relativa, es decir la cantidad de géneros en relación a la muestra.

Vj: variabilidad del género o amplitud ecológica, donde: 1 (ubicua) a 3 (característica).

Sj: sensibilidad a la contaminación, donde: 1 (resistente) a 5 (sensible).

Los valores de la variabilidad (Vj) se encuentra en un rango de 1 a 3. El menor valor hace referencia a los taxones que son capaces de desarrollarse en diversos ambientes. Un mayor valor hace referencia a taxones que se desarrollan en condiciones más específicas (**Tabla 2**).

Los valores de sensibilidad (Sj) se encuentran en un rango de 1 al 5. El menor valor indica una mejor resistencia a condiciones ecológicas adversas, y el mayor valor muestra una alta sensibilidad a las condiciones ecológicas (**Tabla 3**).

Tabla 1. Categorías de calidad de agua para el índice diatómico general.

Valor	Significado
IDG>4.5	Calidad biológica óptima
4<IDG<4.5	Calidad normal-polución débil
3.5<IDG<4	Polución moderada-eutrofización
3<IDG<3.5	Polución media-eutrofización acentuada
2<IDG<3	Desaparición de especies sensibles-polución fuerte
1<IDG<2	Polución muy fuerte
IDG=0	Polución tóxica-por debajo de 10 individuos por mm ²

Fuente. Rumeau y Coste, (1988).

Tabla 2. Valores de variabilidad de géneros de diatomeas.

Variabilidad	Taxón (especie)
1	<i>Achnantes sp.</i> , <i>Asterionella sp.</i> , <i>Cocconeis sp.</i> , <i>Cyclotella sp.</i> , <i>Cymbella sp.</i> , <i>Diatoma sp.</i> , <i>Diploneis sp.</i> , <i>Eunotia sp.</i> , <i>Fragilaria sp.</i> , <i>Melosira sp.</i> , <i>Meridion sp.</i> , <i>Navicula sp.</i> , <i>Nitzschia sp.</i> , <i>Rhoiscophenia sp.</i> , <i>Rhopalodia sp.</i> , <i>Stephanodiscus sp.</i> , <i>Synedra sp.</i> , <i>Tabellaria sp.</i>
2	<i>Amphora sp.</i> , <i>Anomoeoneis sp.</i> , <i>Caloneis sp.</i> , <i>Campylodiscus sp.</i> , <i>Ceratoneis sp.</i> (<i>Hannaea</i>), <i>Cymatopleura sp.</i> , <i>Encyonema sp.</i> , <i>Epithemia sp.</i> , <i>Frustulia sp.</i> , <i>Gomphoneis sp.</i> , <i>Gomphonema sp.</i> , <i>Stauroneis sp.</i>
3	<i>Amphipleura sp.</i> , <i>Attheya sp.</i> , <i>Craticula sp.</i> , <i>Denticula sp.</i> , <i>Gyrosigma sp.</i> , <i>Hantzschia sp.</i> , <i>Neidium sp.</i> , <i>Pinnularia sp.</i> , <i>Rhizosoenia sp.</i> , <i>Stenopterobia sp.</i> , <i>Surirella sp.</i> , <i>Tetracyclus sp.</i> , <i>Thalassiosira sp.</i>

Fuente. Rumeau y Coste, (1988).

Tabla 3. Valores de sensibilidad de géneros de diatomeas.

Sensibilidad	Taxón (especie)
1	<i>Hantzschia sp.</i> , <i>Nitzschia (otras)</i> .
2	<i>Attheya sp.</i> , <i>Craticula sp.</i> , <i>Rhizosoenia sp.</i> , <i>Stephanodiscus sp.</i> , <i>Thalassiosira sp.</i>
3	<i>Amphora sp.</i> , <i>Cyclotella sp.</i> , <i>Gomphonema sp.</i> , <i>Melosira sp.</i> , <i>Navicula (otras)</i> , <i>Surirella.</i> , <i>Synedra sp.</i>
4	<i>Asterionella sp.</i> , <i>Caloneis sp.</i> , <i>Cocconeis sp.</i> , <i>Cymatopleura sp.</i> , <i>Diatoma sp.</i> , <i>Fragilaria sp.</i> , <i>Gomphoneis sp.</i> , <i>Gyrosigma sp.</i> , <i>Neidium sp.</i> , <i>Pinnularia.</i> <i>Rhopalodia.</i>
5	<i>Achnantes sp.</i> , <i>Amphipleura sp.</i> , <i>Anomoeoneis sp.</i> , <i>Campylodiscus sp.</i> , <i>Ceratoneis sp. (Hannaea)</i> , <i>Cymbella sp.</i> , <i>Denticula sp.</i> , <i>Diploneis sp.</i> , <i>Encyonema</i> , <i>Epithemia sp.</i> , <i>Eutonia sp.</i> , <i>Frustulia sp.</i> , <i>Meridion sp.</i> , <i>Stauroneis sp.</i> , <i>Stenopterobia sp.</i> , <i>Tabellaria sp.</i> , <i>Tetracyclus sp.</i>

Fuente. Rumeau y Coste, (1988).

Tabla 4. Promedios de parámetros fisicoquímicos medidos en la parte microcuenca El Carmen.

Zonas	pH	Desv. Est. (pH)	Conductividad (µS/cm)	Desv. Est. Conductividad	Temperatura (°C)	Desv. Est. Temperatura	Turbidez (NTU)	Desv. Est. (Turbidez)
Zona Alta	6.75	0.29	29.80	0.45	14.01	0.05	0.85	0.15
Zona Media	7.26	0.36	41.60	0.89	15.68	0.12	1.30	0.28
Zona Baja	7.37	0.41	51.60	0.55	17.44	0.09	1.82	0.26

Desv. Est.: desviación estándar.

Fuente. Elaboración propia.

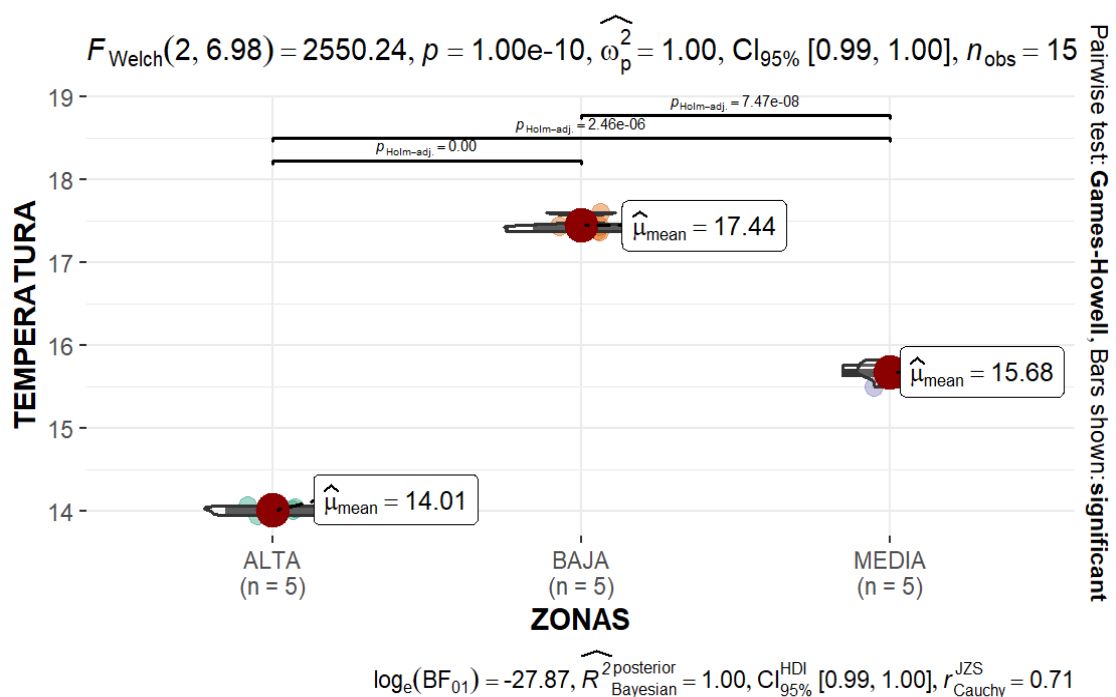


Figura 3. ANOVA paramétrico de la temperatura de las zonas de estudio Microcuenca El Carmen.

Resultados y discusión

Condiciones fisicoquímicas

En la **Tabla 4** se presentan los promedios y la desviación estándar de los valores de las variables fisicoquímicas obtenidas en esta investigación.

El análisis de las variables fisicoquímicas demostró que, el promedio de temperatura en la zona baja fue de 17.44 °C, mientras que en la zona media fue de 15.68 °C y en la zona alta de 14.01 °C, mostrando una variación de aproximadamente 2°C entre cada zona. Un ANOVA paramétrico (**Figura 3**) de la temperatura evidenció diferencias estadísticamente significativas de las medias entre las zonas de estudio ($p < 0.05$). Por lo tanto, la temperatura es diferente en las tres zonas. Estudios realizados por Pham, (2017), reflejaron el aumento de los valores de temperatura se debe a las descargas de aguas residuales provenientes de efluentes domésticos e industriales, lo que explicaría las elevadas temperaturas registradas en la zona baja. Acosta et al., (2009) menciona que, existe una relación inversa entre la vegetación ribereña y la temperatura, señalando que en ríos que no cuentan con vegetación ribereña se registran temperaturas altas en comparación con aquellos que tienen cobertura ribereña. Este resultado explicaría por que la zona alta presenta temperaturas más bajas, ya que a medida que se desciende por la microcuenca la vegetación ribereña disminuye aumentando la temperatura, lo cual se evidencia en las zonas media y bajas de la microcuenca El Carmen.

Con respecto a la turbidez, el promedio más bajo se encontró en la zona alta con 0.85 NTU, la zona media registró un valor de 1.30 NTU y el valor más alto fue de 1.82 NTU en la zona baja. Un ANOVA paramétrico (**Figura 4**) presentó diferencias estadísticamente significativas entre las zonas ($p < 0.05$). Por tanto, la turbidez es distinta en las tres zonas de estudio. Para Calizaya et al., (2013) la concentración de parámetros ambientales aumenta conforme al descenso de la cuenca, en este caso, el aumento de la turbidez puede ser el resultado del material suspendido proveniente del mismo terreno y el material orgánico producto de las actividades agrícolas de la zona media, pero principalmente por la descarga de aguas residuales domiciliarias sin tratamiento de la zona baja la cual presenta asentamientos humanos.

En cuanto a los valores de pH, en la zona alta se determinó un valor promedio de 6.75, mientras que en la zona media se presentó un valor de 7.26, finalmente en la zona baja se registró un valor de 7.37. Un análisis de varianza paramétrico del pH determinó que no existen diferencias estadísticas significativas entre las medias de las zonas de estudio ($p > 0.05$). Por tanto, el pH es similar en las tres zonas (**Figura 5**). Sin embargo, en el contexto de los usos de suelo en la microcuenca, donde tanto la parte media y baja existen actividades agrícolas y ganaderas, los desechos de estas actividades estarían influyendo en la variación del pH, que podría explicar su carácter alcalino en las zonas baja y media, el cual también se

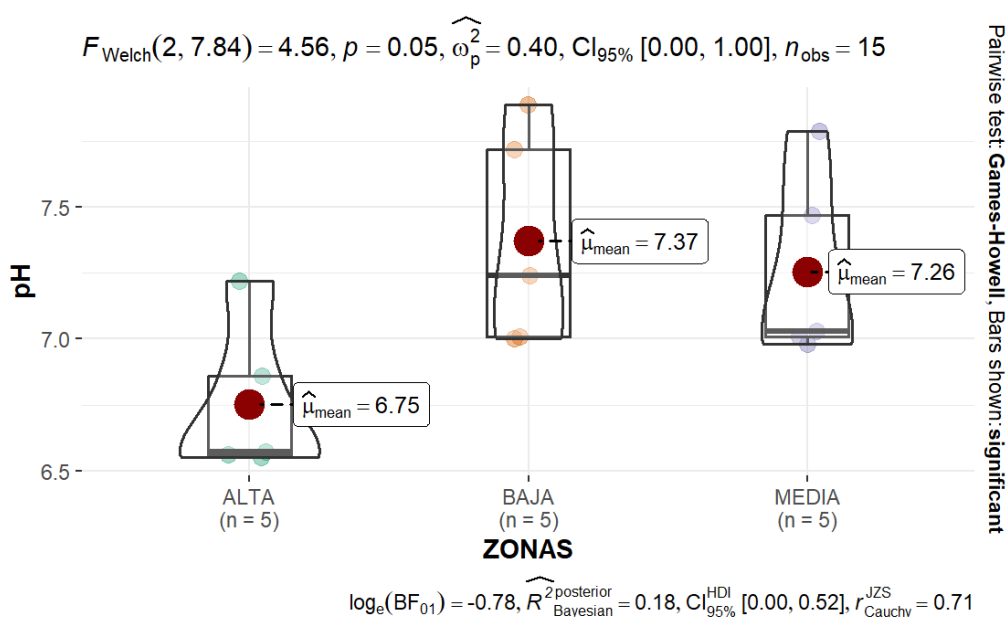


Figura 4. ANOVA paramétrico de la turbidez de las zonas de estudio Microcuenca El Carmen.

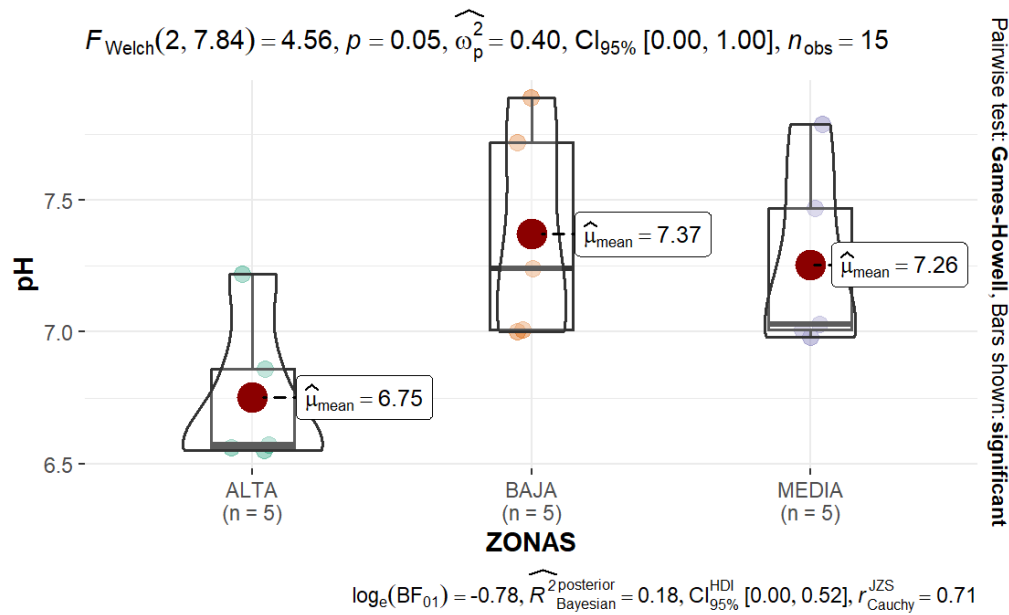


Figura 5. ANOVA paramétrico del pH de las zonas de estudio en la microcuenca El Carmen.

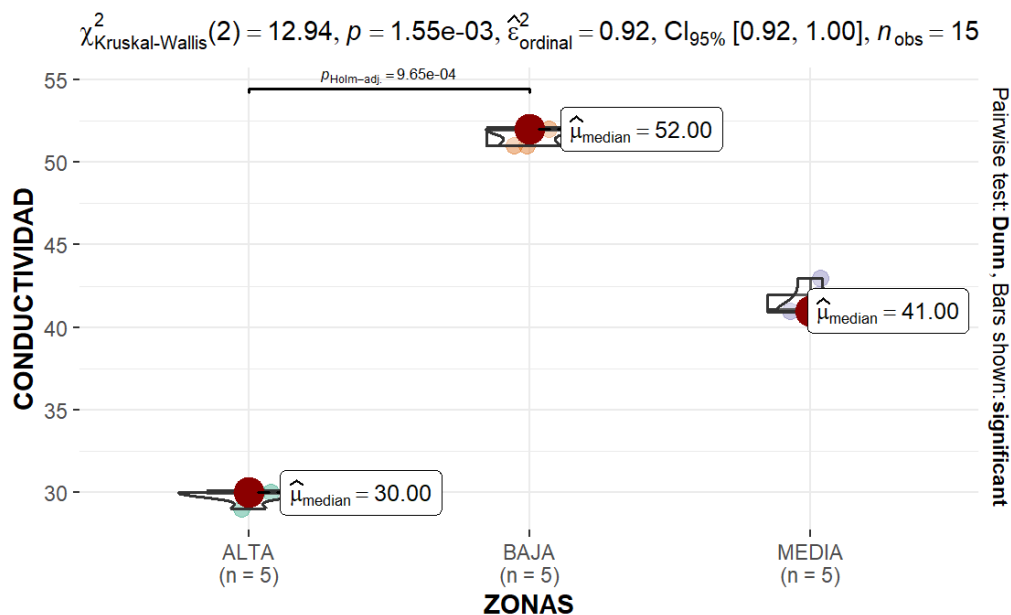


Figura 6. ANOVA no paramétrico de conductividad de las zonas de estudio Microcuenca El Carmen.

ve influenciado por el contenido de carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos provenientes de las aguas residuales de asentamientos humanos y residuos agrícolas (Espinosa-Paz y Rodríguez, 2016). En estudios realizados en la microcuenca San Francisco en Cuenca, se obtuvieron valores similares del pH, atribuidos al aumento de zonas agrícolas y a terrenos despejados que permiten el arrastre de sólidos (Escandón y Cáceres, 2022).

Con respecto a la conductividad, sus valores fueron disminuyendo a lo largo de la gradiente de las zonas de estudio. El valor promedio más alto de

conductividad se registró en la zona baja con 51.60 $\mu\text{S}/\text{cm}$, mientras que, en la zona media se registró un valor de 41.60 $\mu\text{S}/\text{cm}$, y la menor conductividad se registró en la zona alta con un valor de 29.80 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Un análisis de varianza no paramétrico (Kruskal Wallis) presentó diferencias estadísticamente significativas principalmente entre las medianas de las zonas alta y baja ($p < 0.05$). Por tal razón, el nivel de conductividad es diferente en las tres zonas del estudio (**Figura 6**). La conductividad aumenta en comparación con la zona alta, lo cual puede estar relacionado con actividades agrícolas y ganaderas en la zona. Estos valores son comparables con hallazgos en cuencas

agrícolas de condiciones similares, donde se ha observado un aumento en la conductividad debido a la escorrentía agrícola (Campos y René, 2022). En estudios realizados en el Río Cachaco en Quito, se observó un aumento similar en la conductividad, lo que se atribuyó a la influencia de prácticas agrícolas (Calderón, 2017). En la zona baja, el aumento en la conductividad puede ser el resultado del aumento de las actividades urbanas e industriales. Estos resultados coinciden con estudios en cuencas urbanas afectadas por actividades antropogénicas intensas

(Jones et al., 2017), donde se observa un aumento de la conductividad debido a la contaminación urbana. En la cuenca baja del río Jubones, cerca de Loja, se encontraron resultados similares con una mayor conductividad atribuidos a la influencia urbana (Jervez et al., 2022).

Comunidades de diatomeas epilíticas

En la zona alta se registró 11 taxones. Los géneros con mayor abundancia fueron: *Hannaea* con 1170

Tabla 5. Abundancia de comunidades de diatomeas en la parte alta, microcuenca El Carmen.

Orden	Familia	Género	Abundancia	Abundancia relativa (%)
Fragilariales	<i>Fragilariaceae</i>	<i>Hannaea</i>	1170	58.50
Naviculales	<i>Naviculaceae</i>	<i>Navicula</i>	201	10.05
Bacillariales	<i>Bacillariaceae</i>	<i>Nitzschia</i>	164	8.20
Achnanthes	<i>Achnantheaceae</i>	<i>Psammothidium</i>	163	8.15
Cymbellales	<i>Gomphonemataceae</i>	<i>Gomphonema</i>	133	6.65
Achnanthes	<i>Achnanthidiaceae</i>	<i>Achnantheidium</i>	92	4.60
Achnanthes	<i>Achnanthidiaceae</i>	<i>Planothidium</i>	32	1.60
Naviculales	<i>Pinnulariaceae</i>	<i>Pinnularia</i>	23	1.15
Naviculales	<i>Brachysiraceae</i>	<i>Brachysira</i>	8	0.40
Rhopalodiales	<i>Rhopalodiaceae</i>	<i>Rhopalodia</i>	2	0.10
Cymbellales	<i>Cymbellaceae</i>	<i>Cymbella</i>	2	0.10

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 6. Abundancia de comunidades de diatomeas en la parte media, microcuenca El Carmen.

Orden	Familia	Género	Abundancia	Abundancia relativa (%)
Cymbellales	<i>Gomphonemataceae</i>	<i>Gomphonema</i>	1511	75.55
Fragilariales	<i>Fragilariaceae</i>	<i>Hannaea</i>	259	12.95
Achnanthes	<i>Achnanthidiaceae</i>	<i>Planothidium</i>	135	6.75
Cymbellales	<i>Cymbellaceae</i>	<i>Cymbopleura</i>	36	1.80
Achnanthes	<i>Achnanthidiaceae</i>	<i>Achnantheidium</i>	20	1.00
Bacillariales	<i>Bacillariaceae</i>	<i>Nitzschia</i>	17	0.85
Naviculales	<i>Naviculales</i>	<i>Navicula</i>	10	0.50
Naviculales	<i>Pinnulariaceae</i>	<i>Pinnularia</i>	6	0.30
Naviculales	<i>Diadesmidaceae</i>	<i>Luticula</i>	5	0.25
Fragilariales	<i>Fragilariaceae</i>	<i>Ulnaria</i>	1	0.05

Fuente. Elaboración propia.

individuos registrados, seguido de *Navicula*, *Nitzschia* y *Psammothidium* con 201, 164 y 163 individuos, respectivamente. La menor abundancia la registró *Cymbella* y *Rhopalodia* con 2 individuos cada una (**Tabla 5**). El género *Hannaea* presentó la mayor abundancia relativa. Este resultado es similar a un estudio realizado en el Río Illuchi, en Latacunga, donde *Hannaea* obtuvo la mayor abundancia correspondiente a una zona protegida, por lo tanto, su presencia fue un indicador de una buena calidad de agua (Gallegos y Vilela, 2021; Prygiel y Coste, 2000). Además, la presencia de géneros como *Rhopalodia* y *Cymbella*, es un bioindicador de una buena calidad de agua (Coste y Ayphassorho, 1991).

Con respecto a la zona media, se registró 10 géneros, siendo el más abundante *Gomphonema* con 1511 individuos, seguido de *Hannaea* y *Planothidium* con 259 y 135 individuos, respectivamente. Los géneros con las abundancias más bajas registradas fueron *Pinnularia*, *Luticula* y *Ulnaria* con 6, 5 y 1 individuos registrados, respectivamente (**Tabla 6**). La abundancia del género *Gomphonema* es similar con otros estudios en cuencas agrícolas donde es dominante, debido a la influencia de nutrientes provenientes de la actividad agrícola (Morales y Salazar, 2012), tal es el caso, en la cuenca del río Malacatos, de la ciudad de Loja, donde se reportó una dominancia similar de *Gomphonema* en áreas agrícolas, lo que se atribuyó a la alta carga de nutrientes de la escorrentía agrícola (Yaguana, y Cartuche, 2022).

En la zona baja el género *Gomphonema* registró la abundancia más alta fue de 1875 individuos, seguido de *Hannaea* con 62 individuos. Los géneros con menor abundancia fueron *Frustulia* y *Navicula* con 1

individuo cada uno (**Tabla 7**). En la zona baja, *Gomphonema* domina al igual que en la zona media, lo cual puede indicar condiciones de estrés ambiental o cambios en la calidad del agua. La menor presencia de *Hannaea* y la aparición de géneros como *Navicula* y *Nitzschia*, que pueden persistir en ambientes contaminados (Lange-Bertalot, 1979), refuerzan esta observación. En un estudio realizado en la microcuenca Yantzaza, se observó una dominancia de *Gomphonema* en zonas afectadas por actividades humanas intensas como agricultura y ganadería, indicando una respuesta de las comunidades de diatomeas a las condiciones de estrés ambiental (Villalta, 2024).

Evaluación de la calidad del agua mediante el Índice Diatómico General (IDG)

El promedio calculado para el IDG en la zona baja es de 3.08, lo que indica una polución media y una eutrofización acentuada. En la zona media, se obtuvo un valor promedio de 3.29, reflejando características similares de polución media y eutrofización acentuada. Por otro lado, en la zona alta, el promedio registrado fue de 4.45, lo cual evidencia una calidad normal y una polución débil. Cabe destacar que en los puntos 2, 3 y 5 de la zona alta se registraron valores superiores a 4.5, lo que implica una calidad biológica óptima del agua (**Figura 7**). Los resultados del IDG y la alta abundancia de géneros sensibles a la contaminación en la zona alta sugieren una buena calidad del agua, mientras que la abundancia de géneros resistentes y altas concentraciones de parámetros fisicoquímicos en las zonas media y baja indican un impacto antropogénico más significativo. En la zona media y baja, el aumento de la conductividad

Tabla 7. Abundancia de comunidades de diatomeas en la parte baja, microcuenca El Carmen.

Orden	Familia	Género	Abundancia	Abundancia relativa (%)
Cymbellales	Gomphonemataceae	Gomphonema	1875	93.75
Fragilariales	Fragilariaceae	Hannaea	62	3.1
Naviculales	Pinnulariaceae	Pinnularia	27	1.35
Achnanthes	Achnanthidiaceae	Planothidium	12	0.6
Achnanthes	Achnanthaceae	Psammothidium	11	0.55
Bacillariales	Bacillariaceae	Nitzschia	6	0.3
Eunotiales	Eunotiaceae	Eunotia	3	0.15
Fragilariales	Fragilariaceae	Ulnaria	2	0.1
Naviculales	Amphipleuraceae	Frustulia	1	0.05
Naviculales	Naviculaceae	Navicula	1	0.05

Fuente. Elaboración propia.

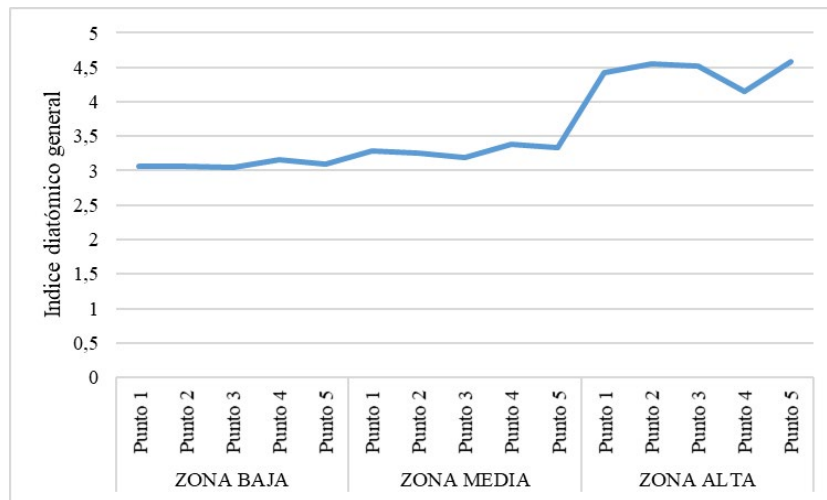


Figura 7. Valores de IDG calculados en la microcuenca El Carmen.
Fuente. Elaboración propia.

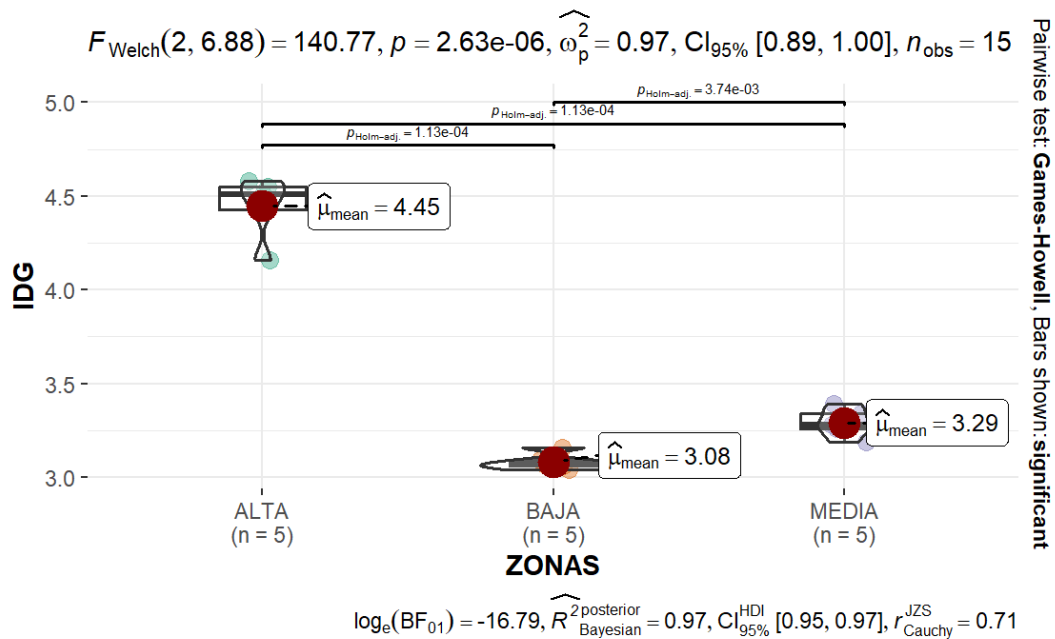


Figura 8. ANOVA paramétrico del IDG en la microcuenca El Carmen.

y sólidos totales, junto con una disminución en el oxígeno disuelto, sugiere una mayor influencia de actividades agropecuarias, urbanas e industriales, lo cual se ha observado en estudios de cuencas urbanas similares, como la del río Jubones en Ecuador (Jervez et al., 2022).

Según los reportes del análisis de varianza paramétrico, el Índice Diatómico General (IDG) (Figura 8) fue diferente en los cuerpos de agua estudiados ($p < 0.05$), la zona alta reflejó un mayor nivel de IDG seguido por la zona media y baja. El análisis de los parámetros

fisicoquímicos y el estudio de las comunidades de diatomeas en la microcuenca El Carmen revelan variaciones significativas en la calidad del agua entre las zonas alta, media y baja. Los resultados del IDG y la alta abundancia de géneros sensibles a la contaminación en la zona alta sugieren una buena calidad del agua, por ejemplo, el género *Hannaea*, el más abundante en la zona alta es considerado un bioindicador de muy buena calidad del agua (Penalza-Rodríguez y López-Rodríguez, 2007), lo cual podría haber influenciado en un valor alto del IDG en esta zona en comparación con las demás. Por otro lado, Passy (2007), a

través de un análisis de gremios ecológicos considera que el género *Gomphonema* es abundante en zonas con altas cargas de nutrientes, lo cual deteriora la calidad del agua, esto explicaría los bajos valores del IDG en las zonas media y baja en relación a la zona alta.

Conclusiones

Este estudio demuestra que las actividades antropogénicas, como la agricultura, la ganadería y los procesos de urbanización, tienen un impacto muy significativo en la calidad del agua de la microcuenca El Carmen, no solo en términos de sus parámetros fisicoquímicos, sino también en la estructura de la comunidad de diatomeas epilíticas. En la zona alta, la calidad del recurso hídrico fue la mejor, con valores altos del Índice Diatómico General (IDG > 4.5) y parámetros fisicoquímicos como la baja turbidez. En contraste, las zonas media y baja, afectadas por prácticas agrícolas y urbanas, mostraron un deterioro significativo, evidenciado por valores bajos del IDG (< 3.5), alta conductividad eléctrica y temperatura.

La identificación de géneros como *Hannaea* en las zonas altas y *Gomphonema* en las zonas medias y bajas confirma aún más que las diatomeas son bioindicadores sensibles y precisos de la calidad ecológica de los cuerpos de agua. Estos resultados resaltan la necesidad de evaluaciones integradas que combinen bioindicadores y análisis fisicoquímicos para promover la gestión sostenible de los recursos hídricos.

En resumen, el estudio resalta la necesidad urgente de políticas y estrategias de conservación que prioricen la protección de las áreas de captación y minimicen los impactos negativos en las zonas más intervenidas. Así, se podrá garantizar la calidad del agua y la sostenibilidad de los ecosistemas acuáticos, asegurando el bienestar de las comunidades que dependen en gran medida de este recurso para satisfacer sus necesidades básicas.

Agradecimientos

Extendemos nuestro agradecimiento a la Dirección de Investigación de la Universidad Nacional de Loja por el apoyo técnico, logístico y financiero. Así mismo al Centro de Investigación y Servicio de Análisis Químico (CISAQ), estamentos universitarios que aportaron significativamente en el desarrollo de este estudio.

Contribución de los autores

Conceptualización, supervisión, metodología, limpieza, curación y análisis de datos: Cartuche-Paqui; Supervisión de trabajo de campo y análisis datos: García-Matailo; Supervisión de muestreo de campo

y metodología: Hernández-Ocampo; Supervisión de toma de datos de campo, curación y análisis de datos: Chunchu-Morocho; Supervisión de campo y análisis de datos: Burneo-Saavedra; análisis de datos físico químicos, microscopía y conteo celular: Yaguana-Neira. Muestreo a nivel de campo, conteo y microscopía celular: Chunchu-Salas.

Fuente de financiamiento

Esta investigación recibió financiamiento de la Universidad Nacional de Loja a través de la Dirección de investigación.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses

Referencias

- Acosta, R., Ríos, B., Rieradevall, M., y Prat, N. (2009). Propuesta de un protocolo de evaluación de la calidad ecológica de ríos andinos (CERA) y su aplicación a dos cuencas en Ecuador y Perú. *Limnetica*, 28(1), 35–64. <https://doi.org/10.23818/limn.28.04>
- Arteaga, J., Ayala, G., Briceño, J., Gonzáles, J., Granda, A., Luzuriaga, R., y Vasquez, C. (2016). Microcuencas Abastecedoras de Agua para la Ciudad de Loja. Recuperado de <https://www.academia.edu/10910728>
- Arce, M. F., y Leiva, M. A. (2009). Determinación de la calidad de agua de los ríos de la Ciudad de Loja y diseño de líneas generales de acción para su recuperación y manejo. Universidad Técnica Particular de Loja
- Blanco, S. (2010). Generador de números aleatorios para recuentos en microscopía óptica.
- Calderón, R. (2017). Propuesta de gestión ambiental del río Cachaco. Escuela Politécnica Nacional
- Campos, M., & René, M. (2022). Determinación del índice de calidad de agua mediante el monitoreo de macroinvertebrados, parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en el río Sinincay, Cuenca—Ecuador
- Escandón, C., y Cáceres, M. (2022). Análisis de la calidad del agua mediante parámetros físicos químicos y macroinvertebrados bentónicos, presentes en la microcuenca del río San Francisco-Gualaceo. In Universidad Politécnica Salesiana, Sede Cuenca. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/21649/1/UPS-CT009509.pdf>
- Espinosa-Paz, T. M., y Rodríguez, C. (2016). Tech note: Determination of water quality index (WQI) of Morón river and Patanemo river of Carabobo state in Venezuela. *Revista Ingeniería UC*, 23(2), 204–215.
- Estrada-Hidalgo, N., Obregon Jimenez, I., Catillo Adame, I., Jordan Romero, J., y Castro Mejía, J. (2018). Evaluación de la calidad de agua a través del índice pampeano de diatomeas (IDP) en tres diferentes localidades del río Actopan, Veracruz. *Revista Digital del Departamento El Hombre y su Ambiente*, 1(15), 2. <https://www.researchgate.net/publication/329428126>
- Calizaya, J., Avendaño, M., y Delgado, I. (2013). Evaluación de la calidad del agua fluvial con diatomeas (Bacillariophyceae), una experiencia en Tacna, Perú. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 30(1), 58–63. <https://scielosp.org/pdf/rpmesp/2013.v30n1/58-63/es>

- Cartuche, A., Guan, Z., Ibelings, B. W., y Venail, P. (2019). Phytoplankton Diversity Relates Negatively with Productivity in Tropical High-Altitude Lakes from Southern Ecuador. *Sustainability*, 11(19), Article 19. <https://doi.org/10.3390/su11195235>.
- Céspedes, E. (2014). Análisis taxonómico de las principales especies de diatomeas (Bacillariophyceae) en seis sitios en la cuenca del río Sarapiquí, Heredia, Costa Rica.
- Coste, M., y Aypassorho, H. (1991). Étude de la qualité des eaux du bassin Artois-Picardie à l'aide des communautés de diatomées benthiques: Application des indices diatomiques.
- Fetscher, A. E., Busse, L., y Ode, P. R. (2009). Standard operating procedures for collecting stream algae samples and associated physical habitat and chemical data for ambient bioassessments in California. *California State Water Resources Control Board Surface Water Ambient Monitoring Program (SWAMP) Bioassessment SOP*, 2. Recuperado de <https://www.researchgate.net/publication/271078928>
- Gallegos, D. C., y Vilela, C. J. (2021). Identificación de diatomeas epilíticas asociadas a la calidad de agua del río Illuchi, cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi, período octubre 2020-marzo 2021. [B.S. thesis, Universidad Técnica de Cotopaxi]. Recuperado de <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/10617>
- Gómez, N., Charles, J., Adonis, G., Guasch, H., Mateo, P., y Sabater, S. (2009). Conceptos y técnicas en ecología fluvial. La biota de los ríos: los microorganismos autótrofos. Fundación BBVA
- Heredia, B., Méndez, P., y Osorio, M. (2024). Epilithic Diatoms as Bioindicators of Water Quality in the Jimbitono River, Morona Santiago, Ecuador. *ESPOCH Congresses: The Ecuadorian Journal of S.T.E.A.M.*, 3(2), 21–38. <https://doi.org/10.18502/epoch.v4i1.15797>
- Jervez, K. A. E., Guerrero, W. O. P., Espinosa, V. X. M., y Cortez, J. L. S. (2022). Situación actual del Río Jubones en el Ecuador, un análisis de los metales traza, calidad y parámetros fisicoquímicos del agua. *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS*, 4(2), 292-307.
- Karthick, B., Taylor, J. C., Mahesh, M., y Ramachandra, T. (2010). Protocols for collection, preservation and enumeration of diatoms from aquatic habitats for water quality monitoring in India. *IUP Journal of Soil & Water Sciences*, 3(1)
- Lange-Bertalot, H. (1979). Pollution tolerance of diatoms as a criterion for water quality estimation. *Nova Hedwigia Beiheft*, 64, 285-304
- Macas, G. (2017). Indicadores de uso sustentable del agua en la ciudad de Loja, 2015. Universidad Técnica Particular de Loja
- Mayama, S. (2012). *Diatom Project: International Project for Science, Environmental Education, and Communication*. Tokyo Gakugei University.
- Mateo-Sagasta, J., Zadeh, S. M., y Turrall, H. (2018). More people, more food, worse water?: A global review of water pollution from agriculture
- Montoya-Moreno, Y., Sala, S., Vouilloud, A., Aguirre, N., y Plata-Díaz, Y. (2013). Lista de las diatomeas de ambientes continentales de Colombia. *Biota Colombiana*, 14(2)
- Morales, S., y Salazar, M. (2012). Diatomeas perifíticas de lagos con diferente estado trófico en el departamento del Cauca (Colombia). *Luna Azul*, 35, 10-27
- Murga-Orrillo, H., Coronado Jorge, M. F., Abanto-Rodríguez, C., y Lobo, F. D. A. (2021). Gradiente altitudinal y su influencia en las características edafoclimáticas de los bosques tropicales. *Madera y Bosques*, 27(3), e2732271. <https://doi.org/10.21829/myb.2021.2732271>
- Pham, T. (2017). Comparison between Water Quality Index (WQI) and biological indices, based on planktonic diatom for water quality assessment in the Dong Nai River, Vietnam. *Pollution*, 3(2), 311–323. https://jpoll.ut.ac.ir/article_60380_b74dfaf2099e0f500f5266b16366d1b6.pdf
- Norris, R. H., & Hawkins, C. P. (2000). Monitoring river health. *Hydrobiologia*, 435, 5-17
- Passy, S. (2007). Diatom ecological guilds display distinct and predictable behavior along nutrient and disturbance gradients in running waters. *Aquatic Botany*, 86, 171–178. <https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2006.09.018>
- Penalta-Rodríguez, M., y López-Rodríguez, M. C. (2007). Diatomeas y calidad del agua de los ríos del Macizo Central Gallego (Ourense, N.O. España) mediante la aplicación de índices diatomológicos. *Limnetica*, 26(2), 351–358. <https://doi.org/10.23818/limn.26.30>
- Piccardo, A. (2020). Diatomeas bentónicas como indicadores de gradientes ambientales asociados a actividades antrópicas en arroyos de la cuenca del Río Negro
- Prygiel, J., y Coste, M. (2000). Guide méthodologique pour la mise en oeuvre de l'Indice Biologique Diatomées. Agences de l'Eau, Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, Direction de l'Eau & CEMAGREF, Paris, France
- Rice, E. W., Bridgewater, L., y American Public Health Association. (2012). Standard methods for the examination of water and wastewater (Vol. 10). American Public Health Association, Washington, DC
- Samanez, I., Rimarachín, V., Palma, C., Arana, J., Ortega, H., Correa, V., y Hidalgo Del Águila, M. (2014). Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: Plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú. Ministerio del Ambiente
- Steinitz-Kannan, M., y Cooper, J. (2007). The diatoms (Bacillariophyta). *New Survey of Clare Island*, 6, 115-139,200,217-232.
- Vázquez, G., Castro, G., González, I., Pérez, R., y Castro, T. (2006). Bioindicadores como herramientas para determinar la calidad del agua. *ContactoS*, 60(4), 41-48
- Villalta, S. (2024). Evaluación de la calidad del agua aplicando el Índice Diatómico General (IDG) en microcuencas abastecedoras de agua de consumo, en la zona urbana del cantón Yantzaza [Universidad Nacional de Loja]. Recuperado de <https://dspace.unl.edu.ec>
- Yaguana, R., y Cartuche, V. (2022). Variación de diatomeas (Bacillariophyta) en un gradiente del estado de conservación de ribera del río Malacatos, Loja-Ecuador. *CEDAMAZ*, 12(2).

Evaluación de la calidad del agua en los ríos urbanos de Loja para la gestión sostenible de vertidos

Water quality assessment of Loja's urban rivers for sustainable wastewater management

Christian Fernando León Celi¹ , Jackelinne Andrea Castillo Villalta¹ 

¹Grupo de Investigación de Medio Ambiente y Recursos Naturales y carrera de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Nacional de Loja

Fecha de recepción: 02/05/2025

Fecha de aceptación: 02/06/2025

Fecha de publicación: 30/06/2025

Resumen

Este estudio evaluó la calidad del agua en los ríos Malacatos, Zamora Huayco y Zamora, en la ciudad de Loja, Ecuador, con el objetivo de identificar las principales fuentes de contaminación y su impacto. Durante tres campañas de muestreo realizadas entre diciembre de 2022 y enero de 2023, se analizaron parámetros fisicoquímicos como oxígeno disuelto (OD), materia orgánica (DBO₅ y DQO), nitrógeno amoniacal (NH₄⁺), caudal, temperatura, conductividad y pH en 69 puntos entre vertidos y quebradas tributarias. En el tramo Malacatos-Zamora se identificaron 56 puntos de descarga, con las quebradas Cater, Alumbre, Viveros, San Cayetano y Las Pavas como principales fuentes contaminantes. En este tramo, las concentraciones máximas alcanzaron 117,87 mg/L para DBO₅ y 16,50 mg/L para NH₄⁺, superando ampliamente los límites establecidos por el TULSMA, lo que redujo el OD a un mínimo de 4.02 mg/L. Respecto al tramo Zamora Huayco, con 13 puntos de descarga, destacaron las quebradas Minas y vertidos directos, presentando DBO₅ de 48.56 mg/L y NH₄⁺ de 3.35 mg/L, lo que compromete la calidad del agua. Para evaluar la respuesta del sistema fluvial ante estas cargas, se desarrolló un modelo matemático propio, formulado mediante ecuaciones diferenciales de transporte y reacción, e implementado en Python. El modelo fue calibrado con datos de campo y mostró un ajuste satisfactorio, con errores cuadráticos medios (MSE) de 0.62 mg²/L² para OD, 235.74 mg²/L² para DBO₅ y 2.96 mg²/L² para NH₄⁺ en Malacatos-Zamora, y valores menores en Zamora Huayco. Estos resultados subrayan la necesidad urgente de implementar medidas como la expansión del sistema de alcantarillado, el fortalecimiento de la infraestructura de tratamiento de aguas residuales y el control de vertidos directos. Este enfoque no solo caracteriza el impacto de las descargas actuales, sino que también establece una base metodológica para desarrollar estrategias sostenibles de gestión hídrica en sistemas fluviales urbanos.

Palabras clave: Calidad del agua. Contaminación hídrica. Ríos urbanos. Modelación matemática. Gestión hídrica. Ecuador.

Abstract

This study assessed the water quality of the Malacatos, Zamora Huayco, and Zamora rivers in the city of Loja, Ecuador, with the aim of identifying the main pollution sources and their environmental impact. During three sampling campaigns conducted between December 2022 and January 2023, key physicochemical parameters were analyzed, including dissolved oxygen (DO), organic matter (BOD₅ and COD), ammoniacal nitrogen (NH₄⁺), flow rate, temperature, conductivity, and pH, at 69 locations encompassing effluents and tributary streams. In the Malacatos-Zamora reach, 56 discharge points were identified, with the Cater, Alumbre, Viveros, San Cayetano, and Las Pavas streams being the primary pollution sources. In this section, maximum concentrations reached 117.87 mg/L for BOD₅ and 16.50 mg/L for NH₄⁺, significantly exceeding the thresholds established by the TULSMA, thereby reducing DO to a minimum of 4.02 mg/L. In the Zamora Huayco reach, with 13 discharge points, the Minas stream and direct discharges were the main contributors, presenting BOD₅ levels of 48.56 mg/L and NH₄⁺ levels of 3.35 mg/L, compromising water quality. To evaluate the fluvial system's response to these

pollutant loads, a custom mathematical model was developed, based on transport and reaction differential equations and implemented in Python. The model was calibrated using field data and demonstrated satisfactory performance, with mean squared errors (MSE) of 0.62 mg²/L² for DO, 235.74 mg²/L² for BOD₅, and 2.96 mg²/L² for NH₄⁺ in the Malacatos-Zamora section, with lower values in Zamora Huayco. These findings highlight the urgent need to implement measures such as expanding the sewerage network, enhancing wastewater treatment infrastructure, and controlling direct discharges. This approach not only characterizes the impact of current discharges but also provides a methodological basis for developing sustainable water management strategies in urban river systems.

Keywords: Water quality. Water pollution. Urban rivers. Mathematical modeling. Water management. Ecuador.

Introducción

La calidad del agua en los ríos urbanos es uno de los mayores desafíos para la salud pública y los ecosistemas acuáticos a nivel global. Se estima que para 2050, más del 80% de la población mundial podría vivir en cuencas hidrográficas afectadas por múltiples fuentes de contaminación (Strokal et al., 2021). Este fenómeno, conocido como el “síndrome del arroyo urbano”, se caracteriza por un aumento de contaminantes, la pérdida de biodiversidad y la alteración de los flujos hídricos, debido a la descarga de aguas residuales y pluviales no tratadas (Marques & Cunico, 2023; Ellis et al., 2006; Sheldon et al., 2018).

En regiones como Europa, el sudeste asiático y América del Norte, los ríos urbanos enfrentan desafíos graves relacionados con la expansión urbana y la insuficiencia del tratamiento de aguas residuales (Strokal et al., 2021). En Estados Unidos, la Agencia de Protección Ambiental (USEPA) ha informado que más del 50% de los ríos y arroyos evaluados presentan deterioro debido a la acumulación de sedimentos, nutrientes y patógenos (Parajuli & Ouyang, 2013). En Asia, particularmente en la India, el 70% de los recursos hídricos están contaminados por aguas residuales no tratadas y desechos industriales (Sharma, 2021), mientras que en China, la escorrentía agrícola y la contaminación por metales pesados en ríos como el Weihe y el Songhua plantean riesgos significativos para la salud humana y los ecosistemas (Liu et al., 2018; Ke-we, 2014).

En América Latina, factores socioeconómicos y marcos regulatorios débiles exacerbaban la contaminación de ríos urbanos, donde cerca del 70% de las aguas residuales se vierten sin tratamiento (WWAP, 2017). La canalización de cauces y gestión inadecuada de aguas pluviales degradan la biodiversidad (Walteros & Ramírez, 2020), requiriendo estrategias integradas con tecnologías avanzadas y enfoques socioculturales para su recuperación (Pinto et al., 2023; Shahady, 2021).

En Ecuador, los ríos andinos como el Tarqui, Yanuncay, Machángara y Tomebamba han mostrado una pérdida en la calidad del agua debido a las descargas de aguas residuales y la escorrentía (Campaña

et al., 2017; Pauta-Calle et al., 2019). De manera similar, en los ríos amazónicos de los cantones Joya de los Sachas y Francisco de Orellana, se han registrado niveles elevados de nitratos que exceden los límites permisibles, principalmente debido a la escorrentía agrícola, lo que plantea riesgos para la salud pública (Vargas-Tierras et al., 2024; Burbano 2 Salas et al., 2024). Además, en diversas provincias del país se han identificado compuestos tóxicos y patógenos como *Escherichia coli* y *Salmonella spp.*, lo que pone de manifiesto el grave problema de salud pública que afecta a los ríos ecuatorianos (Vinueza Rivera, 2016).

Los ríos urbanos de Loja (Zamora y Malacatos) presentan una degradación significativa de la calidad del agua, con presencia de *E. coli*, metales pesados y otros patógenos que amenazan la biodiversidad y salud humana (Vinueza et al., 2021; Alvarado-Arias, 2022). Esta contaminación ha reducido la percepción comunitaria sobre su valor ecosistémico, limitando su uso recreativo (Estudio de valores sociales, 2022).

Aunque estos estudios han documentado la presencia de contaminantes, la falta de información precisa sobre las fuentes específicas de contaminación impide una intervención efectiva. Este vacío en la investigación hace necesario este estudio centrado en evaluar la calidad del agua de los ríos Malacatos, Zamora Huayco y Zamora, mediante la identificación de todas las fuentes de contaminación (vertidos y descargas de tributarios) y la evaluación de su impacto en parámetros críticos como el oxígeno disuelto, la materia orgánica y el nitrógeno amoniacal. Este estudio tiene como objetivo proporcionar datos clave para la toma de decisiones en la gestión sostenible del agua en Loja.

La presente investigación combina una caracterización fisicoquímica de las descargas con la construcción de un modelo matemático en Python, lo que permite predecir los impactos de diferentes fuentes de contaminación. Este enfoque no solo busca caracterizar la situación actual, sino también proporcionar herramientas útiles para que actores locales, como el Municipio de Loja, puedan priorizar la construcción de infraestructura adecuada, como colectores de alcantarillado en los sectores más afectados.

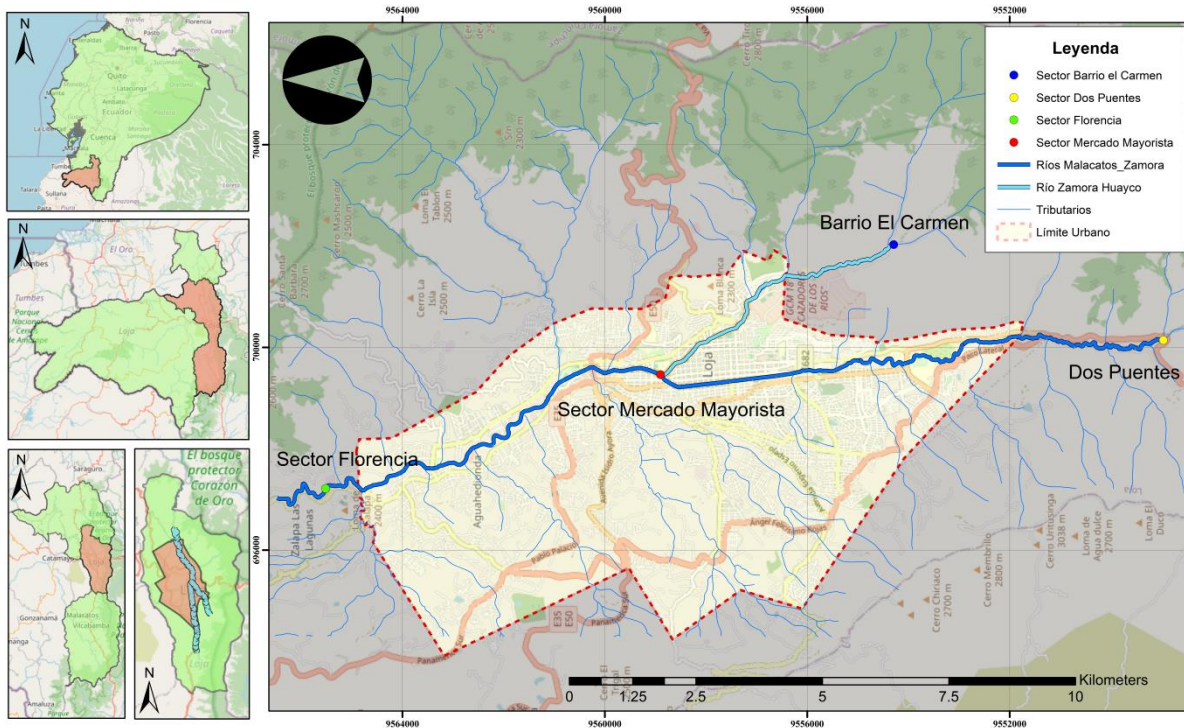


Figura 1. Área de estudio, ríos urbanos de la ciudad de Loja.
Fuente. Autoría propia.

Métodos

Área de estudio y puntos de monitoreo

La presente investigación se desarrolló en los ríos urbanos de la ciudad de Loja, Ecuador, los cuales atraviesan de sur a norte las zonas urbanas y actúan como cuerpos receptores de múltiples descargas de aguas residuales domésticas y afluentes tributarios (Gonzaga, 2024). El área de estudio se delimitó geográficamente desde el sector El Carmen (en el río Zamora Huayco) y Dos Puentes (en el río Malacatos), hasta su confluencia, donde se forma el río Zamora. Este último se extendió al norte hasta el sector Florencia, como se muestra en la **Figura 1**.

Con el fin de identificar y caracterizar los puntos de descarga, se realizó un recorrido sistemático de campo a lo largo de ambos ríos. Cada punto de vertimiento fue georreferenciado utilizando herramientas de posicionamiento satelital, y se documentaron características hidrológicas y ambientales clave. Asimismo, se definieron 16 puntos de control distribuidos longitudinalmente, utilizados para monitorear la evolución de la calidad del agua y calibrar el modelo matemático. Su ubicación consideró principalmente la uniformidad del cauce (segmentos rectos >40 m), así como la accesibilidad, signos visibles de contaminación y la dinámica hidráulica local (Ji, 2022).

Recolección de datos

Con el fin de identificar condiciones representativas de alta carga contaminante, la investigación se realizó en época de estiaje, mediante tres campañas de muestreo efectuadas entre diciembre de 2022 y enero de 2023 en los ríos Zamora Huayco y Malacatos-Zamora. En campo, se registraron parámetros fisicoquímicos como oxígeno disuelto (OD), pH, conductividad eléctrica y temperatura, utilizando un sensor multiparamétrico previamente calibrado.

Las muestras de agua superficial se recolectaron en recipientes esterilizados y se conservaron conforme a la norma NTE INEN 2169:2013 para su análisis en el Laboratorio de Ingeniería Ambiental de la UNL. La materia orgánica se caracterizó mediante Demanda Química de Oxígeno (DQO), usando el método del reactor de digestión, y Demanda Bioquímica de Oxígeno a cinco días (DBO₅), por incubación. El nitrógeno amoniacal (N-NH₄⁺) se cuantificó con el método de Nessler, aplicando diluciones cuando fue necesario para garantizar precisión.

Los parámetros se analizaron mediante estadística descriptiva (mínimo, máximo, media, desviación estándar) para caracterizar la calidad del agua por tramo fluvial (Abbasi & Abbasi, 2021; Bărbulescu & Barbeș, 2021). Esta técnica, estándar en estudios ambientales (Uddin et al., 2021; Shrestha & Kazama,

2022), permitió comparar los valores con los límites normativos del TULSMA y evaluar riesgos ecosistémicos (Varol, 2020; Uddin et al., 2023).

El caudal se estimó mediante tres métodos complementarios: aforos volumétricos, con molinete hidrométrico y aforos químicos, estos últimos usando sal (NaCl) como trazador y monitoreo en tiempo real de la conductividad eléctrica para calcular su variación antes y después de la inyección.

Modelo matemático

El modelo matemático desarrollado en Python empleó un enfoque mecanicista de transporte y reacción, formulado a partir del principio de conservación de masa, para simular el impacto de fuentes contaminantes puntuales. A diferencia de modelos complejos como QUAL2K (Chapra et al., 2021), se optó por una estructura simplificada adaptada a condiciones locales y objetivos específicos del estudio.

$$[O_2]_j = [O_2]_{j-1} + \frac{\Delta X}{v \cdot 86400} \cdot \left[k_2 \cdot ([O_{2sat}] - [O_2]_{j-1}) - k_1 \cdot L_{j-1} \cdot \frac{[O_2]_{j-1}}{k_s + [O_2]_{j-1}} - 4.57 \cdot k_{nit} \cdot [NH_4^+]_{j-1} \cdot \frac{[O_2]_{j-1}}{k_{NH_4^+} + [O_2]_{j-1}} \right] \quad (1)$$

$$L_j = L_{j-1} + \frac{\Delta X}{v \cdot 86400} \cdot \left(-k_1 \cdot L_{j-1} \cdot \frac{[O_2]_{j-1}}{k_s + [O_2]_{j-1}} \right) \quad (2)$$

$$[NH_4^+]_j = [NH_4^+]_{j-1} + \frac{\Delta X}{v \cdot 86400} \cdot \left(-k_{nit} \cdot [NH_4^+]_{j-1} \cdot \frac{[O_2]_{j-1}}{k_{NH} + [O_2]_{j-1}} \right) \quad (3)$$

El modelo fue implementado y analizado en Python, donde se optimizaron parámetros clave como las constantes de biodegradación, reaeración y nitrificación. La modelación se realizó bajo condiciones de estado estacionario, considerando mezcla completa en sentido lateral y vertical, y descartando procesos de difusión y dispersión longitudinal. Se resolvieron ecuaciones diferenciales para oxígeno disuelto (OD), materia orgánica (DBO₅) y nitrógeno amoniacal (NH₄⁺), aplicando el método numérico de Euler.

Donde:

- [O₂]_j: Concentración de oxígeno disuelto en el subtramo j (mg/L).
- [O₂]_{j-1}: Concentración de oxígeno disuelto en el subtramo anterior j - 1 (mg/L).
- ΔX: Longitud del subtramo (m).
- v: Velocidad del flujo en el tramo (m/s).
- 86400: Factor de conversión de segundos a días (1 día = 86400 s).
- k₂: Constante de recreación (d⁻¹).
- [O_{2sat}]: Concentración de oxígeno en saturación, ajustada por temperatura y altitud (mg/L).
- k₁: Constante de degradación de la DBO (d⁻¹).
- L_j: Concentración de demanda bioquímica de oxígeno en el subtramo j (mg/L).
- L_{j-1}: Concentración de demanda bioquímica de oxígeno en el subtramo anterior j - 1 (mg/L).
- k_s: Constante de semisaturación para la DBO (mg/L).
- 4.57: Factor de ajuste para el proceso de nitrificación.
- k_{nit}: Constante de nitrificación para el amoníaco (d⁻¹).
- [NH₄⁺]_j: Concentración de nitrógeno amoniacal en el subtramo j (mg/L).
- [NH₄⁺]_{j-1}: Concentración de nitrógeno amoniacal en el subtramo anterior j - 1 (mg/L).
- k_{NH₄⁺}: Constante de semisaturación para el amoníaco (mg/L).

Las constantes de reaeración, biodegradación, y de nitrificación se ajustaron para las condiciones de temperatura reales de los ríos, para lo cual se utilizó la ecuación de Arrhenius (Chapra, 1997). El oxígeno de saturación del agua se calculó en función de la

temperatura y altitud (APHA, 1992). En el punto cero de cada segmento de río las condiciones de contorno se determinaron mediante balances de masas. Finalmente, ante la presencia de azudes, se determinó la relación entre el déficit de oxígeno aguas arriba y aguas abajo mediante el uso de una función lineal (Chapra, 1997).

Optimización

La optimización de los parámetros del modelo se realizó mediante una combinación de algoritmos globales y locales: Basinhopping con refinamiento por L-BFGS-B, y el Algoritmo Evolutivo Diferencial (DE), también complementado con L-BFGS-B.

Estos algoritmos son particularmente adecuados para problemas multidimensionales, no lineales, con restricciones y sin una forma conocida o derivable de la función objetivo, características comunes en la

calibración de modelos de calidad del agua (Khera, 2023; Bezerra et al., 2015). Basinhopping permite una exploración global del espacio de soluciones al saltar entre regiones y evitar mínimos locales, siendo útil en problemas con múltiples óptimos (Wales & Doye, 1997). El DE, por su parte, es un algoritmo evolutivo que explora eficazmente espacios de búsqueda complejos mediante mutación, recombinación y selección (Storn & Price, 1997). Finalmente, L-BFGS-B actúa como método local eficiente, refinando las soluciones dentro de regiones acotadas, especialmente útil cuando los parámetros deben respetar límites físicos o ambientales (Byrd et al., 1995)

Confiabilidad y validez de resultados

Para optimizar los parámetros del modelo, se utilizó una función de error basada en el Error Cuadrático Medio (MSE), que mide la discrepancia entre los valores

$$[O_2]_{error} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n ([O_2]_{modelado,i} - [O_2]_{observado,i})^2 \quad (5)$$

$$L_{error} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (L_{modelado,i} - L_{observado,i})^2 \quad (6)$$

$$[NH_4^+]_{error} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n ([NH_4^+]_{modelado,i} - [NH_4^+]_{observado,i})^2 \quad (7)$$

observados y los valores simulados de las variables de interés: oxígeno disuelto ($[O_2]$), materia orgánica (L) y nitrógeno amoniacal ($[NH_4^+]$). La función de error total se define como la suma de los errores individuales para cada variable, de la siguiente manera:

$$MSE = [O_2]_{error} + L_{error} + [NH_4^+]_{error} \quad (4)$$

Cada componente se calcula mediante la fórmula del error cuadrático medio:

Donde:

- n: Número de observaciones en los puntos de control.
- $[O_2]_{modelado,i}$, $L_{modelado,i}$, $[NH_4^+]_{modelado,i}$: Valores simulados en el punto i.
- $[O_2]_{observado,i}$, $L_{observado,i}$, $[NH_4^+]_{observado,i}$: Valores observados en el punto i.

El proceso de optimización consistió en ajustar los parámetros del modelo para minimizar el valor de MSE, mejorando así la precisión en la representación del sistema fluvial. Esta métrica permite validar el modelo cuantificando la diferencia entre predicciones y

observaciones (Li et al., 2023). Además, la comparación del MSE obtenido mediante diferentes algoritmos de optimización brinda mayor confiabilidad al proceso de calibración (Zhang et al., 2022).

Resultados y discusión

La inspección del río Malacatos-Zamora (19.8 km) identificó 56 puntos de descarga, incluyendo afluentes (Zamora Huayco, Jipiro), 22 quebradas tributarias, y 32 vertidos directos no conectados al alcantarillado (**Figura 2**). Situación similar se observó en el Zamora Huayco (5.87 km), con 13 descargas (5 quebradas, 8 vertidos directos). Esta prevalencia de descargas no tratadas, documentada previamente en ríos andinos (Campaña et al., 2017) y Latinoamérica (WWAP, 2017, 2019), evidencia la necesidad urgente de mejorar la infraestructura de tratamiento y cobertura de alcantarillado en Loja.

La **Tabla 1** resume los parámetros de los vertidos en ambos tramos. Los valores de pH (6.70-8.27) se mantienen dentro del rango permitido (TULSMA, 2015), mostrando condiciones entre neutras y ligeramente alcalinas. La conductividad fue mayor en Malacatos-Zamora (473.27 μ S/cm) que en Zamora

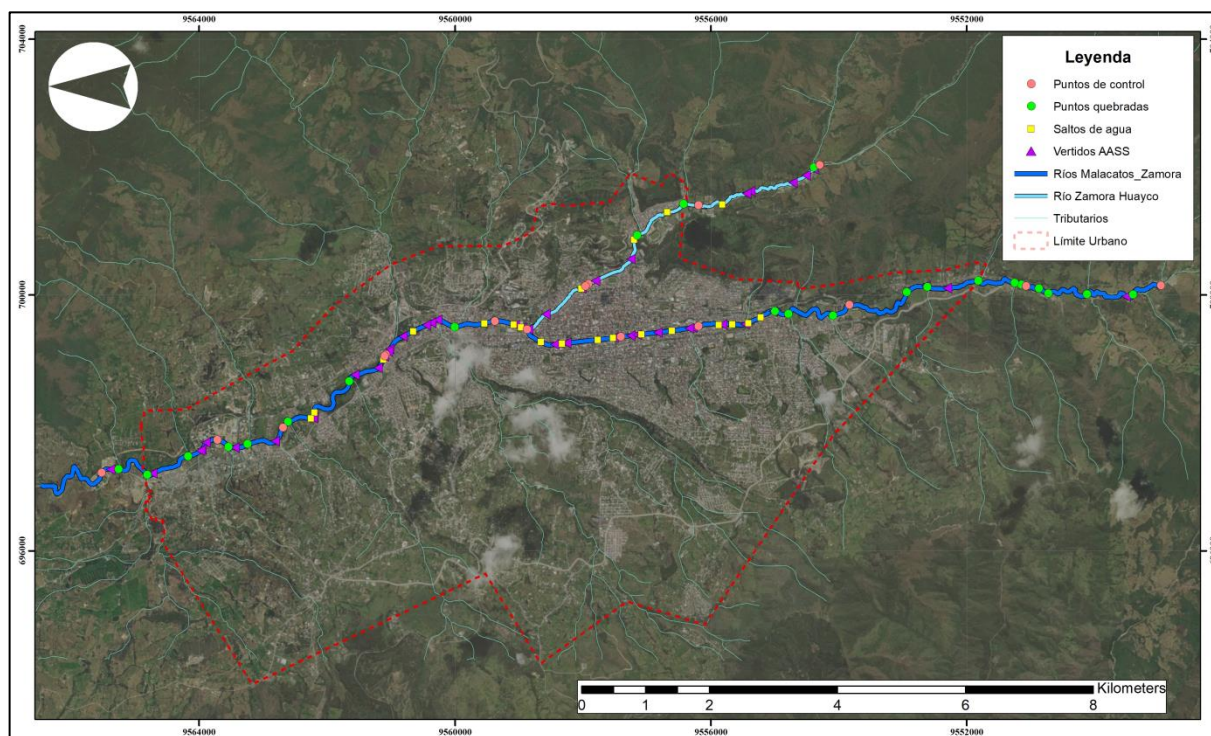


Figura 2. Puntos de descarga (56) y 16 de control de los ríos urbanos de Loja.

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 1. Parámetros básicos de los vertidos en los tramos Malacatos-Zamora y Zamora Huayco.

Río	pH	Cond. (µS/cm)	Turb. (NTU)	Temp. (°C)	Caudal (L/s)
Malacatos-Zamora					
Mínimo	6.97	45.20	0.74	13.90	0.11
Máximo	8.27	3613.33	502.33	25.00	160.23
Mediana	7.71	473.27	89.66	18.93	19.20
Desv. Est.	0.31	501.65	99.82	1.86	35.54
Zamora Huayco					
Mínimo	6.70	21.23	0.72	15.47	0.26
Máximo	7.73	833.67	185.67	20.80	59.95
Mediana	7.19	206.05	44.55	17.86	15.32
Desv. Est.	0.31	245.50	63.33	1.90	21.72

Fuente. Elaboración propia.

Huayco (206.05 µS/cm), sugiriendo mayor carga iónica por vertidos domésticos, concordante con la falta de colectores marginales en el sector occidental de Loja. Estos patrones coinciden con lo reportado para ríos urbanos (Bondarenko et al., 2017; Uwidia, 2013).

La turbidez fue mayor en Malacatos-Zamora (502.33 NTU) que en Zamora Huayco (185.67 NTU), indicando mayor contenido de sólidos suspendidos. Las temperaturas (13.9-25.0 °C) se mantuvieron dentro del rango natural (TULSMA, 2015). Los caudales máximos (160.23 L/s en Malacatos-Zamora; 59.95 L/s en

Tabla 2. Parámetros fisicoquímicos de los vertidos en los tramos Malacatos-Zamora y Zamora Huayco.

Río	OD (mg/L)	DQO (mg/L)	DBO (mg/L)	NH ₄ ⁺ (mg/L)
Malacatos-Zamora				
Mínimo	3.33	2.67	1.77	0.04
Máximo	9.54	785.33	526.93	27.67
Media	6.98	150.93	114.48	6.37
Desv. Est.	2.17	241.58	169.45	10.89
Zamora Huayco				
Mínimo	1.55	17.33	11.09	0.05
Máximo	9.38	908.33	581.63	61.67
Media	5.72	257.35	170.64	15.20
Desv. Est.	2.30	252.90	166.03	16.20

Fuente. Elaboración propia.

Zamora Huayco) son reducidos, limitando la dilución de contaminantes durante períodos de bajo caudal.

La **Tabla 2** presenta los parámetros biológicos en ambos tramos. El oxígeno disuelto (OD) registró valores inferiores al límite TULSMA (6 mg/L), alcanzando niveles hipóxicos (Błaszczak et al., 2022), en concordancia con registros previos en Loja (Zúñiga Torres, 2014). Estas condiciones, propias de aguas residuales, reflejan una alta carga contaminante que puede generar zonas hipóxicas, afectando la biota y los procesos biogeoquímicos (ŞAHİN, 2022).

En Malacatos-Zamora, las descargas mostraron demandas químicas y bioquímicas de oxígeno (DQO y

DBO₅) que exceden ampliamente los límites del TULSMA para cuerpos de agua dulce, alcanzando valores máximos de 908.33 mg/L y 581.33 mg/L, respectivamente. Estos niveles indican una fuerte carga orgánica que consume el oxígeno disponible, generando estrés ecosistémico (Nürnberg, 2019; Zheng et al., 2023). La relación DBO₅/DQO (~0.64) sugiere predominancia de materia orgánica biodegradable, posiblemente de origen doméstico (Chapra, 1997).

Las concentraciones de NH₄⁺ alcanzaron 61.67 mg/L (Malacatos-Zamora) y 27.67 mg/L (Zamora Huayco), superando el límite de 15 mg/L (TULSMA, 2015), y representando riesgo de toxicidad acuática (Wang et al., 2021). Estos niveles pueden promover la

Tabla 3. Parámetros básicos en puntos de control en los tramos Malacatos-Zamora y Zamora Huayco.

Río	pH	Cond. (µS/cm)	Turb. (NTU)	Temp. (°C)	Caudal (L/s)
Malacatos-Zamora					
Mínimo	6.40	30.00	2.00	13.30	118.56
Máximo	8.40	525.00	77.80	23.50	1526.32
Media	7.51	208.16	30.01	17.73	682.86
Desv. Est.	0.42	124.77	21.68	2.44	475.63
Zamora Huayco					
Mínimo	6.00	50.40	0.70	14.80	50.20
Máximo	7.90	182.90	28.90	19.70	258.04
Media	7.07	94.32	9.41	17.72	155.00
Desv. Est.	0.57	52.66	11.14	1.60	84.64

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 4. Parámetros fisicoquímicos de los puntos de control en los tramos Malacatos-Zamora y Zamora Huayco.

Río	OD (mg/L)	DQO (mg/L)	DBO (mg/L)	NH ₄ ⁺ (mg/L)
Malacatos-Zamora				
Mínimo	4.02	1.00	0.65	0.15
Máximo	9.86	185.23	117.87	16.50
Media	7.34	86.96	55.70	5.45
Desv. Est.	1.61	51.40	32.74	4.35
Zamora Huayco				
Mínimo	6.35	3.00	2.01	0.13
Máximo	9.49	74.00	48.56	3.35
Media	8.48	23.08	15.34	0.95
Desv. Est.	1.08	26.46	17.55	1.15

Fuente. Elaboración propia.

eutrofización e indicar contaminación fecal, asociada a vertidos de aguas residuales, con implicaciones para la salud pública y los usos recreativos o potables del agua (Limongi et al., 2018; Zhang et al., 2024).

El análisis en puntos de control mostró diferencias significativas entre ambos ríos (**Tablas 3–4**). Malacatos-Zamora presentó mayor conductividad (525.00 $\mu\text{S}/\text{cm}$) y turbidez (77.80 NTU), reflejando mayor impacto antropogénico aguas abajo. Estos resultados coinciden con observaciones en ríos urbanos de Pichincha, donde se reporta acumulación de sales y sólidos suspendidos por escorrentía y vertidos urbanos (Borja-Serrano et al., 2020).

Los niveles de oxígeno disuelto (OD) en Zamora Huayco fueron ligeramente superiores, lo que sugiere mejores condiciones de oxigenación, posiblemente por una menor carga de contaminantes orgánicos. Este patrón se refleja en las concentraciones máximas de DBO₅ (117.87 mg/L en Malacatos-Zamora vs. 48.56 mg/L en Zamora Huayco) y DQO (185.23 vs. 74.00 mg/L), significativamente más altas en Malacatos-Zamora, indicando mayor contaminación orgánica. La descomposición de esta materia consume oxígeno, explicando la correlación inversa entre DBO₅/DQO y OD (Nürnberg, 2019; Zheng et al., 2023).

En Malacatos-Zamora, el nitrógeno amoniacal (NH₄⁺) alcanzó un máximo de 16.50 mg/L, lo que sugiere una mayor carga de vertidos orgánicos y posible contaminación fecal (Nhu et al., 2023; Reynolds et al., 2021). La mayor variabilidad en los parámetros indica fluctuaciones ambientales más marcadas,

probablemente por múltiples fuentes de descarga y vertimientos intermitentes (Pinto et al., 2024).

Para el análisis espacial y modelación, el tramo Malacatos-Zamora se dividió en 84 segmentos, definidos por cambios en la calidad del agua (ubicación de vertidos) y condiciones hidráulicas como azudes. Se identificaron 18 saltos de agua caracterizados visualmente. El Zamora Huayco se segmentó en 22 subtramos con 4 saltos. Esta segmentación, común en estudios de calidad del agua, mejora la precisión del modelo al representar la heterogeneidad del sistema (Chapra, 1997).

El algoritmo DE con refinamiento L-BFGS-B superó a Basinhopping-L-BFGS-B en la calibración del modelo (Khera, 2023; Bezerra et al., 2015). En Malacatos-Zamora, el ajuste con DE obtuvo MSE de 0.6248 mg²/L² (OD), 235.7353 mg²/L² (DBO₅) y 2.9648 mg²/L² (NH₄⁺), reproduciendo adecuadamente las tendencias generales, aunque con discrepancias en zonas críticas (vertidos y azudes), atribuibles a la complejidad del proceso de mezcla y la influencia de estructuras hidráulicas (Al-Hadeethi et al., 2024). La mayor variación se dio en la materia orgánica, posiblemente por fuentes no caracterizadas o la necesidad de modelar por separado fracciones solubles y suspendidas (Chapra, 1997).

El modelo para Malacatos-Zamora (**Figura 2**) identificó a las quebradas Cater, Alumbre, Viveros, San Cayetano y Las Pavas como principales fuentes de contaminación, con DBO₅ de hasta 100 mg/L, excediendo ampliamente el límite para consumo humano (≤ 2 mg/L) (TULSMA, 2015; Vinueza et al., 2021). La

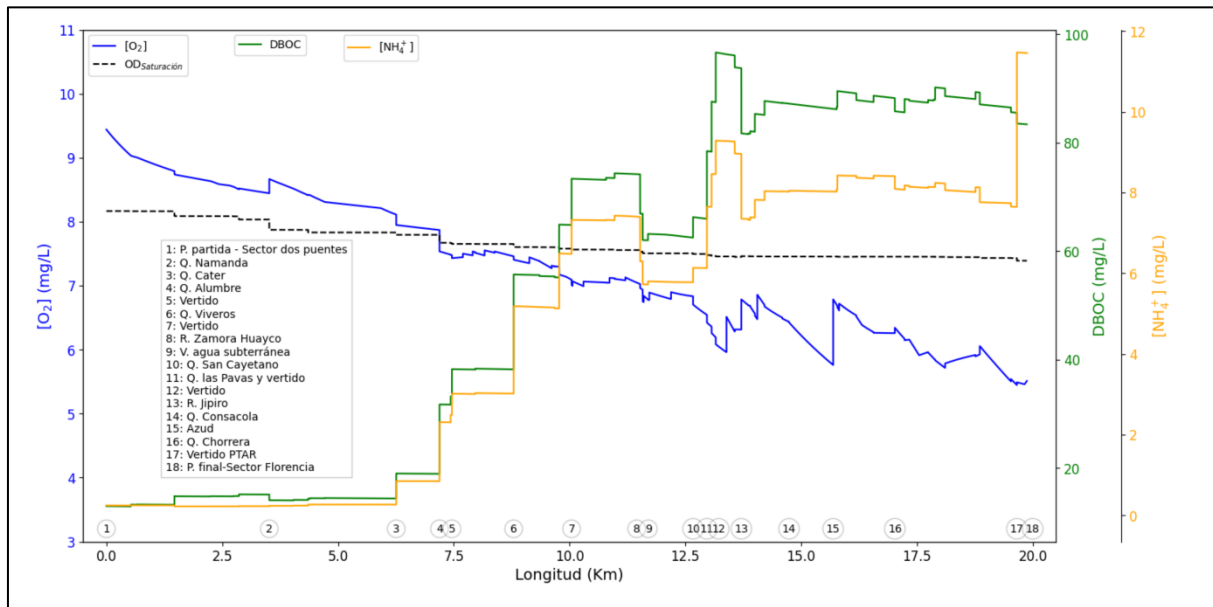


Figura 3. Modelo optimizado del tramo Malacatos-Zamora que muestra los parámetros Oxígeno disuelto (OD), materia orgánica (DBO5) y amonio (NH_4^+).
Fuente. Autoría propia.

baja biodegradación, influenciada por temperaturas $<20^\circ\text{C}$ (Hadžimerović et al., 2024; Kolehmainen et al., 2009), junto con el transporte convectivo, limita la depuración natural. El consumo de oxígeno supera la reaeración, generando condiciones hipóxicas ($<6\text{ mg/L}$) que amenazan la biota y restringen los usos recreativos (ŞAHİN, 2022).

La concentración de NH_4^+ alcanzó 12 mg/L en el tramo final del Malacatos-Zamora, superando en más de 600 veces el límite para la protección acuática (0.02 mg/L ; TULSMA, 2015). Estos niveles, comparables a los registrados en ríos urbano-andinos como el Machángara ($20,36\text{ mg/L}$) y el San Pedro (23.78 mg/L) en la provincia de Pichincha (Borja-Serrano et

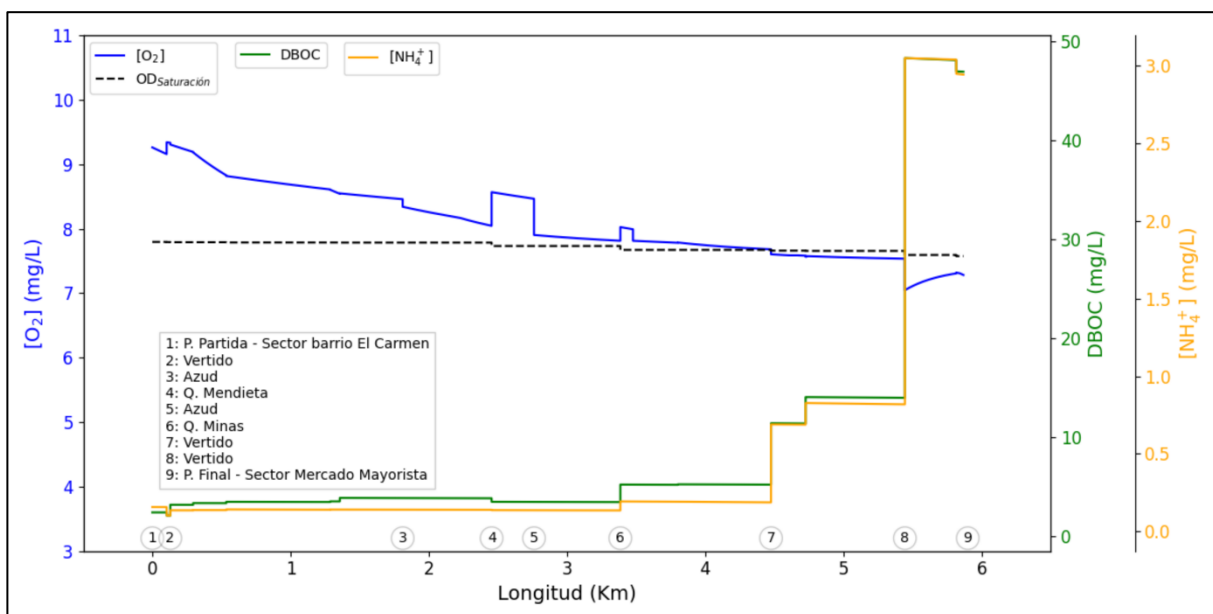


Figura 4. Modelo optimizado del tramo Zamora Huayco que muestra los parámetros Oxígeno disuelto (OD), materia orgánica (DBO5) y amonio (NH_4^+).
Fuente. Elaboración propia.

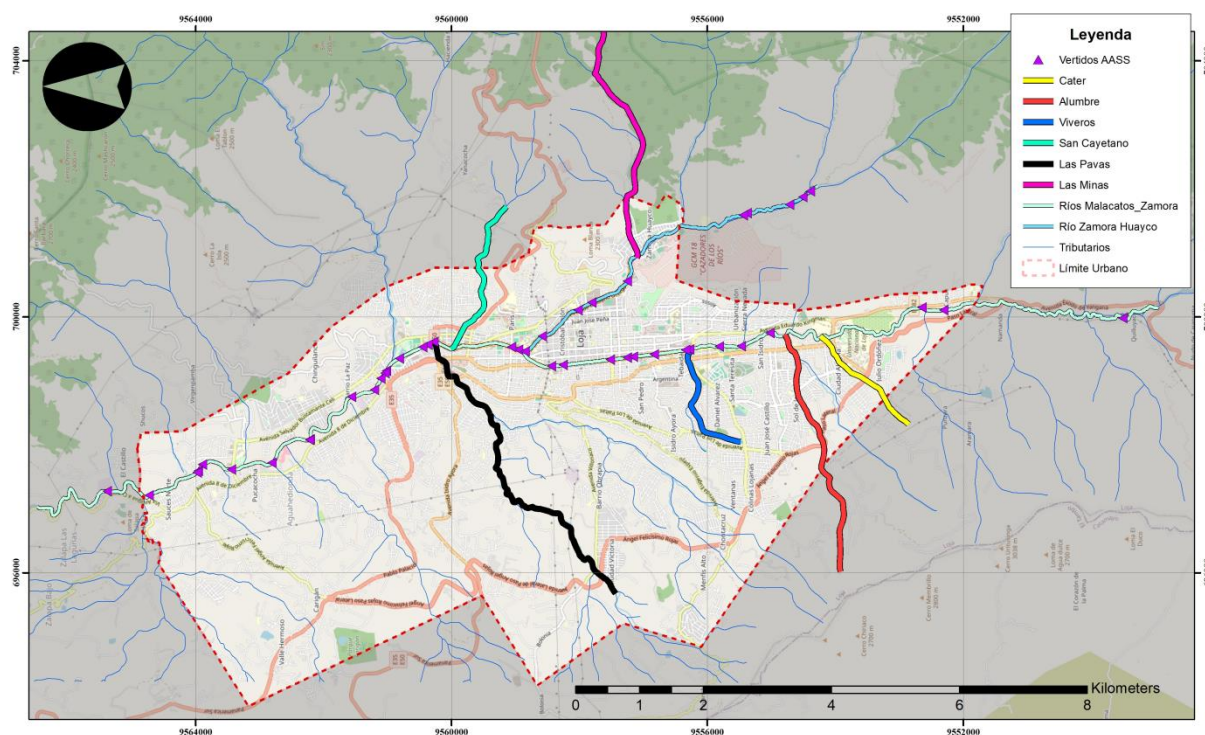


Figura 5. Quebradas de mayor influencia con contaminación.

Fuente. Elaboración propia.

al., 2020), reducen el oxígeno disuelto y representan una amenaza para la biota acuática (Villamarín et al., 2014). Las descargas de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) de Loja, junto con vertidos no tratados, se identifican como las principales fuentes, lo que sugiere una remoción ineficiente de nitrógeno y la necesidad de evaluar el desempeño operativo de dicha infraestructura (Serrano & Fernanda, 2018).

El modelo para el tramo Zamora Huayco mostró buen desempeño, con errores cuadráticos medios (MSE) de $0.455 \text{ mg}^2/\text{L}^2$ para oxígeno disuelto (OD), $16.251 \text{ mg}^2/\text{L}^2$ para demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5) y $0.071 \text{ mg}^2/\text{L}^2$ para amonio (NH_4^+). El modelo ajustado representó con precisión las concentraciones de OD ($6.35\text{--}9.49 \text{ mg/L}$) y NH_4^+ ($0.13\text{--}3.35 \text{ mg/L}$), evidenciando una adecuada capacidad para simular su dinámica. No obstante, se observaron ligeras discrepancias en la DBO_5 , lo que sugiere la necesidad de un modelado más detallado de la materia orgánica (Chapra, 1997).

La simulación (**Figura 3**) evidenció que la calidad del agua está influenciada por descargas como la quebrada Minas y vertidos directos, que incrementan la carga de materia orgánica y nitrógeno amoniacal, reduciendo los niveles de OD (Humphries et al., 2023). La DBO_5 alcanzó un máximo de 48.00 mg/L en el punto 6, superando ampliamente el límite para consumo

humano ($\leq 2 \text{ mg/L}$), aunque este valor no es atípico en ríos urbanos ecuatorianos (Vinuela et al., 2021). En el punto 7, el NH_4^+ alcanzó 3.05 mg/L , excediendo los límites para consumo humano ($\leq 0.05 \text{ mg/L}$) y protección de flora y fauna acuática ($\leq 0.02 \text{ mg/L}$) según el TULSMA (2015).

Estos resultados resaltan la urgencia de aplicar estrategias integradas para el control de la calidad del agua, tales como: (1) restauración ecosistémica y reciclaje de aguas residuales (Du, 2024), (2) mejora de infraestructura de tratamiento, (3) gestión de riesgos con tecnologías avanzadas (Chauhan et al., 2024), y (4) gobernanza colaborativa a nivel de cuenca (Chen & Ren, 2024). Estas medidas son fundamentales para mitigar el deterioro ambiental de los ecosistemas fluviales urbanos.

Conclusiones

En el tramo Malacatos-Zamora se identificaron 56 puntos de descarga, siendo las quebradas Cater, Alumbre, Viveros, San Cayetano y Las Pavas las principales fuentes de contaminación. Estas descargas provocan concentraciones máximas de materia orgánica (DBO_5 : 117.87 mg/L) y nitrógeno amoniacal (NH_4^+ : 16.50 mg/L), superando ampliamente los límites establecidos por el TULSMA para agua destinada al consumo humano, uso doméstico y preservación de flora y fauna acuática. Estas cargas orgánicas

reducen el oxígeno disuelto a valores mínimos de 4.02 mg/L, por debajo del umbral ecológico recomendado (≥ 6 mg/L), comprometiendo la salud del ecosistema y su uso recreativo.

En el tramo Zamora Huayco se registraron 13 descargas, destacando la quebrada Minas y varios vertidos directos. Si bien los niveles de DBO_5 (48.56 mg/L) y NH_4^+ (3.35 mg/L) también exceden los valores permitidos para protección ambiental, las concentraciones de OD se mantienen dentro de los límites para la preservación de la vida acuática.

El modelo matemático desarrollado mostró un ajuste satisfactorio con los datos observados, con errores cuadráticos medios (MSE) de $0.45 \text{ mg}^2/\text{L}^2$ (OD), $16.25 \text{ mg}^2/\text{L}^2$ (DBO_5) y $0.07 \text{ mg}^2/\text{L}^2$ (NH_4^+) en Zamora Huayco, y valores mayores en Malacatos-Zamora, lo que refleja la complejidad del tramo y su alta carga contaminante. Este modelo, construido y calibrado con datos locales, constituye una herramienta útil para simular escenarios, priorizar acciones y mejorar la gestión de la calidad del agua en sistemas fluviales urbanos.

Los hallazgos subrayan la necesidad urgente de implementar medidas de mitigación, incluyendo el fortalecimiento de la infraestructura de tratamiento, el monitoreo continuo de descargas y el control de vertidos directos. Asimismo, se recomienda integrar estos resultados en estrategias de gestión sostenible a escala de cuenca, articulando ciencia, política pública y acción local.

Contribución de los autores

Construcción del modelo matemático, elaboración de mapas, y análisis de datos: Christian Fernando León Celi; recolección de muestras de campo y análisis de laboratorio: Jackeline Andrea Castillo Villalta; redacción, revisión y edición del borrador original: Christian Fernando León Celi - Jackeline Andrea Castillo Villalta. Los autores han leído y aceptado la versión publicada del documento.

Referencias

Abbasi, T., & Abbasi, S. A. (2021). Water quality indices. *Elsevier*.

Al-Hadeethi, B., Almawla, A. S., Kamel, A. H., Afan, H. A., & Ahmed, A. N. (2024). Numerical modeling of flow pattern with different spillway locations. *Mathematical Modelling of Engineering Problems*, 11(5), 1219–1226. <https://doi.org/10.18280/mmep.110510>

Alvarado-Arias, N. (2022). Paisaje fluvial degradado: Una mirada desde el valor social. Ríos urbanos de la ciudad de Loja - Ecuador. <https://doi.org/10.5821/siiu.12043>

American Public Health Association, American Water Works Association, & Water Environment Federation. (1992). *Standard methods for the examination of water and wastewater* (18th ed.).

Bărbulescu, A., & Barbeș, L. (2021). Statistical analysis and forecasting of water quality data. *Water*, 13(5), 605. <https://doi.org/10.3390/w13050605>

Bezerra, L. C. T., López-Ibáñez, M., & Stützle, T. (2015). To DE or not to DE? Multi-objective differential evolution revisited from a component-wise perspective. *Lecture Notes in Computer Science*, 9018, 48–63. https://doi.org/10.1007/978-3-319-15934-8_4

Blaszczak, J. R., Koenig, L. E., Mejia, F. H., Gómez-Gener, L., Dutton, C. L., Carter, A. M., Grimm, N. B., Harvey, J. W., Helton, A. M., & Cohen, M. J. (2022). Extent, patterns, and drivers of hypoxia in the world's streams and rivers. *Limnology and Oceanography Letters*, 8. <https://doi.org/10.1002/lol2.10297>

Borja-Serrano, P., Ochoa-Herrera, V., Maurice, L., Morales, G., Quilumbaqui, C., Tejera, E., & Machado, A. (2020). Determination of the microbial and chemical loads in rivers from the Quito Capital Province of Ecuador (Pichincha)—A preliminary analysis of microbial and chemical quality of the main rivers. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(14), 5048. <https://doi.org/10.3390/ijerph17145048>

Burbano Salas, D. V., Ajila, F., Poma, P., & Löwy, D. A. (2024). Water quality evaluation by WQI and ICOs for the rivers of Joya de los Sachas and Francisco de Orellana. *F1000Research*, 13, 1325. <https://doi.org/10.12688/f1000research.155720.1>

Byrd, R., Lu, P., Nocedal, J., & Zhu, C. (1995). A limited memory algorithm for bound constrained optimization. *Journal of Scientific Computing*, 16(5), 1190–1208.

Campaña, A., Gualoto, E., & Chiluisa-Utreras, V. (2017). Evaluación físico-química y microbiológica de la calidad del agua de los ríos Machángara y Monjas de la red hídrica del Distrito Metropolitano de Quito. *Bionatura*. <http://dx.doi.org/10.21931/RB/2017.02.02.6>

Chapra, S. C. (1997). *Surface water-quality modeling*. McGraw-Hill.

Chauhan, R., Kumar, S., & Jafri, M. A. (2024). Integrating risk management and response: Water pollution incident control in urban settings. *11th International Conference on Cutting-Edge Developments in Engineering Technology and Science*, 560, 02001. <https://doi.org/10.62919/ijoe0981>

Chen, L., & Ren, J. (2024). Research on strategies for controlling cross-border water pollution under different management scenarios. *Water*, 16(19), 2767. <https://doi.org/10.3390/w16192767>

Du, L. (2024). Research on ecological management strategies for urban river water environment. *E3S Web of Conferences*, 560, 02001. <https://doi.org/10.1051/e3s-conf/202456002001>

Ellis, J. B., Marsalek, J., & Chocat, B. (2006). Urban water quality. <https://doi.org/10.1002/0470848944.hsa099>

Estudio de valores sociales para los servicios ecosistémicos en el paisaje fluvial urbano. Caso de estudio: Ríos Zamora y Malacatos en Loja - Ecuador. (2022). <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-1760343/v1>

Humphries, G. E., Espinosa, J. I., Ambrosone, M., Roldan Ayala, Z., Tzortziou, M., Goes, J. I., & Greenfield, D. I. (2023). Transitions in nitrogen and organic matter form and concentration correspond to bacterial population dynamics in a hypoxic urban estuary. *Biogeochemistry*, 163(2), 219–243. <https://doi.org/10.1007/s10533-023-01021-2>

Ji, X., Chen, J., & Guo, Y. (2022). A multi-dimensional investigation on water quality of urban rivers with emphasis on implications for the optimization of monitoring strategy.

- Sustainability*, 14 (7), 4174. <https://doi.org/10.3390/su14074174>
- Jiao, K. (2014). Spatial distribution and pollution level evaluation of nutrients in the Songhua River Basin. *Journal of Agro-Environment Science*.
- Khera, V. (2023). Comparative study of evolutionary algorithms. *International Journal of Science and Research*. <https://doi.org/10.21275/sr23610122607>
- Kolehmainen, R. E., Kortelainen, N. M., Langwaldt, J., & Puhakka, J. A. (2009). Biodegradation of natural organic matter in long-term, continuous-flow experiments simulating artificial ground water recharge for drinking water production. *Journal of Environmental Quality*, 38 (1), 44–52. <https://doi.org/10.2134/jeq2008.0054>
- Li, X., Chen, Y., Zhang, H., & Wang, J. (2023). A comprehensive evaluation of water quality prediction models. *Environmental Modelling & Software*, 159, 105567. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2022.105567>
- Limongi, D., Cárdenas-Calle, M., Troccoli, L., & Erazo-Delgado, J. C. (2018). Compuestos nitrogenados en los sedimentos del estero San Camilo: Guayas, Ecuador y su relación con actividades antrópicas adyacentes. *Revista de Investigación en Ciencias Ambientales*, 13(1), 51–56. <https://doi.org/10.21676/23897864.2338>
- Liu, Y., Zhang, J., & Zhao, Y. (2018). The risk assessment of river water pollution based on a modified non-linear model. *Water*, 10 (4), 362. <https://doi.org/10.3390/w10040362>
- Marques, P., & Cunico, A. M. (2023). Integrating the influence of untreated sewage into our understanding of the urban stream syndrome. *Freshwater Science*, 42(2), 195–203. <https://doi.org/10.1086/724823>
- Nürnberg, G. K. (2019). Quantification of anoxia and hypoxia in water bodies. *Water Science and Technology Library*, 8, 1–9. <https://doi.org/10.1002/9781119300762.wsts0081>
- Pauta-Calle, G., Velazco, M., Gutiérrez, D., Vázquez, G., Rivera, S., Morales, O., & Abril, A. (2019). Evaluación de la calidad del agua de los ríos de la ciudad de Cuenca, Ecuador. *Revista Politécnica*.
- Pinto, U., Dickens, C., Babel, M. S., & Maheshwari, B. (2024). Urban river health assessment and management. *Elsevier*, 283–299. <https://doi.org/10.1016/b978-0-323-85703-1.00008-0>
- Shahady, T. D. (2021). Degradation and improvement of urban river water quality. *IntechOpen*. <https://doi.org/10.5772/intechopen.98694>
- Sharma, S. K. (2021). Water pollution: An analysis. *International Journal of Science and Research*, 10 (6), 1556–1559. <https://doi.org/10.21275/sr21625172301>
- Shrestha, S., & Kazama, F. (2022). Assessment of surface water quality using multivariate statistical techniques. *Environmental Monitoring and Assessment*, 194 (3), 1–14. <https://doi.org/10.1007/s10661-022-09846-4>
- Storn, R., & Price, K. (1997). Differential evolution—A simple and efficient heuristic for global optimization over continuous spaces. *Journal of Global Optimization*, 11(4), 341–359.
- Strokal, M., Bai, Z., Franssen, W., Hofstra, N., Koelmans, A., Ludwig, F., Ma, L., van Puijenbroek, P., Spanier, J., Vermeulen, L., van Vliet, M. T. H., van Wijnen, J., & Kroeze, C. (2021). Urbanization: An increasing source of multiple pollutants to rivers in the 21st century. *npj Urban Sustainability*, 1, 1–13. <https://doi.org/10.1038/s42949-021-00026-w>
- Şahin, G. (2022). Hypoxia. *Encyclopedia of Environmental Health* (pp. 759–762). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-812211-2.00068-8>
- Uddin, M. G., Nash, S., & Olbert, A. I. (2021). A review of water quality index models and their use for assessing surface water quality. *Journal of Environmental Management*, 295, 113050. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113050>
- Varol, M. (2020). Use of water quality index and multivariate statistical methods. *Environmental Research*, 184, 109339. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109339>
- Vargas-Tierras, T., Jiménez-Gutiérrez, M. Y., Pastrano, S., Soberón-Chávez, G., Morales-León, V., Morales-León, M., Paredes-Arcos, F., & Vásquez-Castillo, W. (2024). Changes in surface water quality of the El Salvador river in La Joya de los Sachas, Ecuadorian Amazon region. *Water*.
- Villamarín, C., Prat, N., & Rieradevall, M. (2014). Caracterización física, química e hidromorfológica de los ríos altoandinos tropicales de Ecuador y Perú. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 42(5), 1072–1086. <https://doi.org/10.3856/vol42-issue5-fulltext-12>
- Vinueza, D., Ochoa-Herrera, V., Maurice, L., Tamayo, E., Mejía, L., Tejera, E., & Machado, A. (2021). Determining the microbial and chemical contamination in Ecuador's main rivers. *Scientific Reports*, 11(1), 17640. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-96926-z>
- Walteros, J. M., & Ramírez, A. (2020). Urban streams in Latin America: Current conditions and research needs. *Revista de Biología Tropical*, 68(2), 13–28. <https://doi.org/10.15517/rbt.v68is2.44330>
- Wales, D. J., & Doye, J. P. K. (1997). Global optimization by basin-hopping and the lowest energy structures of Lennard-Jones clusters containing up to 110 atoms. *Journal of Chemical Physics*, 97(5639), 5111–5116.
- Wang, Z., Wei, L., He, C., & Lu, Q. (2021). Ammonia nitrogen monitoring of urban rivers with UAV-borne hyperspectral remote sensing imagery. *International Geoscience and Remote Sensing Symposium*, 3713–3716. <https://doi.org/10.1109/IGARSS47720.2021.9554632>
- WWAP (United Nations World Water Assessment Programme). (2017). *The United Nations World Water Development Report 2017: Wastewater: The untapped resource*. UNESCO. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000247647>
- Zhang, Q., Liu, F., Tan, F. C., & Qadeer, A. (2024). Influence of anthropogenic and climatic factors on the dynamics of nitrogen and phosphorus in an urbanized river basin. *Water*, 16(24), 3635. <https://doi.org/10.3390/w16243635>
- Zhang, Y., Wu, L., Ren, H., Deng, L., & Zhang, P. (2022). Machine learning for water quality modeling. *Water Research*, 210, 118000. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2021.118000>
- Zheng, L., Xiao, F., Zhang, X., Deng, Y., Mo, S., Liu, Z., Gu, X., Hertkorn, N., Korshin, G. V., & Yan, M. (2023). Evaluation of the fate of wastewater effluent organic matter in receiving water: Effect of sequential photochemical and biological processes. *Journal of Hazardous Materials*. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2023.132873>
- Zúñiga Torres, L. A. (2014). *Modelación de la calidad de agua del Río Malacatos, tramos comprendido desde el Sector Dos Puentes hasta Saucos Norte* (Tesis de Ingeniería Civil). Universidad Técnica Particular de Loja.

Artículo de investigación

Experiencias laborales de los trabajadores municipales en calidad de sustitutos directos en el GAD del cantón Riobamba

Work experiences of municipal employees acting as direct substitutes in the Riobamba cantonal GAD

Jessica Estefania Carrillo Solis¹ , Lourdes Yessenia Cabrera Martínez¹

¹Universidad Técnica de Cotopaxi

Fecha de recepción: 24/02/2025

Fecha de aceptación: 02/06/2024

Fecha de publicación: 30/06/2025

Resumen

Surge la necesidad de investigar acerca de los trabajadores que tienen a su cuidado personas con discapacidad, conocidos como trabajadores sustitutos, quienes se desempeñan en diferentes instituciones. El objetivo fue analizar las características que tienen las experiencias laborales de los trabajadores y servidores municipales que actúan en calidad de sustitutos directos del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Riobamba durante el año 2023-2024. El método empleado partió del enfoque cualitativo. Las técnicas empleadas fueron el focus group y la entrevista semiestructurada donde participaron 24 personas, y luego se seleccionaron 9 de ellos a quienes se les aplicaron las entrevistas. Los principales hallazgos revelan que los trabajadores sustitutos del Gobierno Autónomo descentralizado tienen una percepción diversificada del rol y esto varía de acuerdo con el apoyo o respaldo institucional recibido, las capacitaciones, siendo estos aspectos los mismos que se presentan como desafíos. Se concluye que, hay experiencias diversas entre los trabajadores, algunos se sienten satisfechos, poseen sentido de pertenencia y se sienten apoyados. Mientras que quienes se sienten insatisfechos consideran que están ante inestabilidad permanente. En torno a las percepciones, se requiere realizar revisiones profundas que permitan la garantía de equidad, inclusión beneficios y estabilidad laboral a todos. Los desafíos actuales y futuros se relacionan con las capacitaciones, que permitan garantizar la calidad del servicio ofrecido; el fortalecimiento de los valores organizacionales y el reconocimiento de la labor de los trabajadores.

Palabras clave: Discapacidad. Experiencias laborales. Trabajadores sustitutos.

Abstract

The need arises to investigate about the workers who care for people with disabilities, known as substitute workers, who work in different institutions. The objective was to analyze the characteristics of the work experiences of municipal workers and servants who act as substitute directors of the Municipal Decentralized Autonomous Government of Riobamba during the year 2023-2024. The method used was based on the qualitative approach. The techniques used were the focus group and the semi-structured interview where 24 people participated, and then 9 of them were selected to whom the interviews were applied. The main findings reveal that the substitute workers of the decentralized Autonomous Government have a diversified perception of the role and this varies according to the institutional support or support received, the training, these aspects being the same that are presented as challenges. It is concluded that there are diverse experiences among workers, some feel satisfied, have a sense of belonging and feel supported. While those who feel dissatisfied consider that they are facing permanent instability. Regarding perceptions, it is necessary to carry out in-depth reviews that guarantee equity, inclusion of benefits and job stability for all. Current and future challenges are related to training, which allows guaranteeing the quality of the service offered; strengthening organizational values and recognizing the work of workers.

Keywords: Disability. Work experiences. Substitute workers.

Introducción

Los servidores públicos son un pilar fundamental para el desarrollo ordenado de las planificaciones establecidas. El diccionario panhispánico del español jurídico (2024) planteó que, ellos son la representación del gobierno o ente para el cual se desempeñan, por consiguiente, son parte de la estructura, sin importar si su rol es permanente o temporal. En ese sentido, la Organización Mundial de Ciudades y Gobiernos Locales Unidos [CGLU], (2020) reconoció que los empleados de la administración pública ofrecen una variedad de servicios que son vitales para apoyar a las comunidades. Además, sostienen que es relevante garantizar derechos plenos a estos ciudadanos y favorecerles laboralmente.

Cabe destacar, que este estudio se vincula directamente con la inclusión y los derechos laborales (DL) de los trabajadores. Al respecto algunas investigaciones Agudo, (2020); Arteaga, *et al.* (2023) permitieron comprender que hay una diferencia marcada de los indicadores respecto a trabajadores públicos y privados. Se conoce que, a nivel mundial, se ha buscado responder al bienestar de estos partiendo de algunas garantías e incluyendo la estabilidad como una acción contundente. Visto desde la realidad latinoamericana, el establecimiento de DL para los trabajadores ha sido una solicitud constante. No obstante, aún no se logran acuerdos que los beneficien totalmente, lo que incide directamente en lo social (Enríquez y Cando, 2021). En el contexto ecuatoriano, algunas investigaciones (Silva *et al.* 2018 ; Muñoz, 2023); (Táez Morillo, 2021) han planteado que, las instituciones deben contratar bajo regulaciones del sector público, sin embargo, se cuestiona que estas puedan burocratizar procesos, limitar la contratación y los beneficios.

Dentro de las experiencias previas vinculadas con los trabajadores sustitutos se han realizado diferentes estudios (Ponce Montenegro, 2021 ; Chávez, 2022) los cuales han demostrado cómo el desconocimiento parcial de los beneficios para los trabajadores sustitutos puede limitar su acceso a derechos y prestaciones, afectando su bienestar y motivación. Esto también puede generar incertidumbre y percepción de desigualdad en el entorno laboral. Es fundamental que las instituciones mejoren la comunicación para asegurar que todos los trabajadores los conozcan y puedan acceder a ellos.

Es relevante mencionar que el Estado establece la figura del sustituto, quienes asumen el cuidado de personas con discapacidad y que son contabilizados dentro del porcentaje de cumplimiento de inclusión laboral para personas con discapacidad Arteaga *et al.*, (2023); (Castillo García, 2023). En este marco, la pregunta de investigación es ¿qué características

tienen las experiencias laborales de los trabajadores y servidores municipales que actúan en calidad de sustitutos directos del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Riobamba durante el año 2023-2024?

El objetivo general de esta investigación es analizar las características que tienen las experiencias laborales de los trabajadores y servidores municipales que actúan en calidad de sustitutos directos del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Riobamba durante el año 2023-2024. Además, se propusieron los siguientes objetivos específicos: a) examinar las percepciones de los trabajadores y servidores municipales sobre su rol como sustitutos directos, enfocándose en la percepción de apoyo institucional y en su sentido de identidad organizacional en GAD Municipal de Riobamba (GADMR); b) evaluar las condiciones laborales, seguridad laboral, oportunidades de capacitación, y las condiciones organizacionales como apoyo gerencial y comunicación interna, influyen en el bienestar y satisfacción laboral de los trabajadores en su rol de sustitutos directos; y, c) identificar los desafíos laborales específicos actuales y futuros que perciben los trabajadores y servidores municipales en su desempeño como sustitutos directos del GADMR.

Experiencias laborales de los trabajadores y servidores municipales

Respecto a las experiencias laborales de servidores municipales, se plantea la importancia de fortalecer las acciones enfocadas en la gestión administrativa, con el objetivo de identificar y atender las necesidades o problemas de la población. Esto para mejorar la calidad del servicio que se brinda, lo que, a su vez, conduce a una mayor satisfacción del público objetivo (Ruiz Chunga, 2022). En otras palabras, al tener una administración que realmente se preocupa por entender y solucionar los desafíos que enfrenta la comunidad, se puede ofrecer un servicio eficiente y efectivo, alineado con las expectativas y demandas de quienes lo reciben. Así lo confirman los estudios realizados (Chagñay Lema, 2023); Anzules, (2021) que plantean fomentar la participación de los trabajadores en su formación, fortaleciendo su habilidad para responder eficazmente en la atención al cliente bajo situaciones de alto estrés.

Se ha demostrado, que en relación con los trabajadores sustitutos municipales hay incumplimiento de la normativa laboral, esto permite señalar que existe vulneración del marco legal, así como politización del mismo, además indica que no hay respeto pleno a los derechos de los sustitutos, lo que se puede verificar a partir de número de denuncias efectuadas ante el ente rector; (Agudo Durán, 2020 ; Enríquez y Cando, 2021;

Castro Fiallos, 2023). Adicional a ello, es relevante mencionar que este tipo de trabajadores, son víctimas de vulneraciones constantes, en atención a ello Vega (2024) manifestó que tanto las personas con discapacidad como sus familias sufren de afectaciones emocionales, lo que implica la necesidad de garantizarles protección equitativa a todos, esto con la finalidad de garantizar bienestar en general. Por su parte Quezada (2024) planteó que la estabilidad laboral de estos trabajadores y el núcleo en general debe ser reforzada, dado que el país solo se ofrece protección a quienes presentan 75% o más, mientras que los demás quedan desprotegidos en su totalidad.

Trabajadores sustitutos

La política pública ecuatoriana, en la Ley Orgánica de Discapacidades [LOD] (2012) establece un porcentaje específico de plazas de empleo, que debe estar reservado exclusivamente para personas con discapacidad garantizando así su acceso al mercado laboral y contribuyendo a su integración social y económica. De manera que se contempla la inclusión laboral de los familiares hasta el cuarto grado de consanguinidad y segundo de afinidad, así como de los representantes legales o cuidadores de personas con discapacidad severa, a través de la figura de Sustitutos, quienes deben estar debidamente acreditados por el Ministerio de Inclusión Económica y Social [MIES] (Vera, et al. 2022).

Entender la necesidad de un trabajador sustituto en el contexto actual requiere reconocer que el modelo social de la discapacidad se enfoca en sensibilizar a la sociedad sobre la inclusión, el trato digno y el respeto a los derechos de las personas con discapacidad (Garay y Carhuancho, 2019). Este enfoque pone de relieve que las barreras sociales, más que las limitaciones físicas o mentales de las personas, son las principales causas de su exclusión.

Un trabajador sustituto apoya a las personas con discapacidad en el ámbito laboral, asegurando que sus derechos se respeten y que reciban las adaptaciones necesarias para superar barreras del entorno y actitudes sociales, promueve la sensibilización del personal para fomentar un entorno inclusivo. Su rol es clave para garantizar una participación plena y equitativa de las personas con discapacidad en el trabajo, contribuyendo a una cultura de respeto y accesibilidad.

Métodos

La metodología que se empleó para dar respuesta a la interrogante planteada partió del enfoque cualitativo cuya característica primordial es examinar lo que las personas sienten o piensan (Pereyra Zetina, 2022); Vizcaíno et. al. (2023). Para este caso se

buscó comprender en profundidad las percepciones de los participantes respecto a su situación laboral. La población estuvo compuesta por informantes claves, es decir, que debido a su conocimiento, experiencia o posición dentro de un contexto específico, poseen información valiosa y privilegiada sobre el tema que se investiga. Estos informantes juegan un rol importante en estudios cualitativos, ya que ofrecen perspectivas profundas y detalladas que ayudan al investigador a comprender mejor los fenómenos en estudio (Arias, 2019).

Una de las técnicas aplicadas fue el focus group que, según Costa et al. (2022), se trata de discusiones guiadas con la finalidad de obtener información acerca de un tema específico. En este caso consistió en la selección de un grupo de 24 personas trabajadores sustitutos del GADMR, quienes reflexionaron sobre la temática abordada con la guía de un moderador y la duración de la sesión fue de 120 minutos. Los criterios de inclusión fueron tres, el primero es que fuese una persona sustituta, el segundo es que haya estado trabajando dos años consecutivos en el GADMR y el tercero es que deseara participar de manera libre y voluntaria en el estudio. Posteriormente, se seleccionaron 9 personas bajo los siguientes criterios: los que mejor se desarrollaron, los que tenían mayor experiencia y a los que era posible acceder.

También se utilizó la entrevista semi estructurada y para ambas técnicas se empleó como instrumento una guía de preguntas articulada a los objetivos específicos de la investigación. Es necesario destacar que el instrumento fue validado por expertos en el tema, específicamente se trabajó con el Índice de validez de contenido (IVC) de Hernández Nieto y cuyo objetivo es definir el grado de acuerdo entre los profesionales. Como producto de esa evaluación el IVC obtenido fue de 0,92, lo cual expresa una concordancia y validez excelentes (Herrera et al. 2022). Además que permitió obtener valoraciones muy útiles para fortalecer el instrumento inicial.

Es necesario enfatizar que ambas técnicas, fueron aplicadas con la intención de triangular información, a propósito de ello, Batthyány y Cabrera (2011) señalan que se trata de una estrategia, empleada con el fin de lograr convergencia en los resultados. Con respecto al análisis de los datos estos fueron procesados con las herramientas ATLAS.ti, el proceso se organizó en función de las categorías de investigación, en primera instancia se procedió a releer las entrevistas, luego se crearon, códigos y redes que permitirán conocer información con mayor precisión. El objetivo fue identificar patrones, significados y temas clave que surgen de sus relatos, con el objetivo de captar la complejidad de su realidad laboral en el contexto

municipal, lo que permitió explorar cómo los trabajadores experimentan sus roles como sustitutos directos. Para la interpretación, se consideró lo expuesto por Marques y Aparo (2022) en torno al diseño hermenéutico, que buscó alcanzar la comprensión, la conexión y el entendimiento del fenómeno analizado.

Finalmente, es necesario mencionar las consideraciones éticas aplicadas en el estudio, que iniciaron con el consentimiento informado, el cual consistió en informar, de manera escrita: a) los objetivos de la investigación, b) los beneficios, c) confidencialidad y el uso de datos; estas puntualizaciones les facilitó comprender que la información proporcionada sería empleada, únicamente, con fines académicos y científicos. Para garantizarlo se utilizaron códigos para cada entrevistado.

Resultados y discusión

En esta sección se exponen los hallazgos más relevantes, los cuales están organizados en función de las categorías de la investigación vinculadas a los tres objetivos del presente estudio. La **Figura 1** expone los resultados de la categoría 1 sobre las percepciones de los trabajadores y servidores municipales, sobre su rol como sustitutos directos, enfocándose en el apoyo institucional y en su sentido de identidad organizacional. Se inicia con el apoyo recibido lo que se percibe como un catalizador que los empleados del GADMR, consideran relevante, dado que este les compromete a tener responsabilidad en sus labores. Así lo confirma algunos de los relatos: “El apoyo de la institución es muy bueno pues he recibido el apoyo incondicional y favorable de mi jefe directo (...) Más compromiso en el trabajo por el apoyo recibido” (S-4, comunicación personal, noviembre, 2024).

“Como padre sustituto confío que la organización me respalde primero por la responsabilidad que he demostrado y por los beneficios que la ley otorga” (S-8, comunicación personal, noviembre, 2024).

Es posible señalar que, a partir del apoyo recibido, se hace perceptible para los trabajadores del GADMR, el soporte institucional, lo cual les brinda confianza, incidiendo en el ambiente y desempeño laboral. No obstante, tal percepción entra en tensión con las experiencias de otros actores, por ejemplo se indicó: “falta apoyo institucional” (S-7, comunicación personal, 2024); “Considero que no existe apoyo ya que las autoridades dedicadas que entran no dan apertura como es el caso de los permisos para situaciones de salud o permisos por educación de los hijos con discapacidad, los directores no dan apertura y es un problema”, (S-10, comunicación personal, 2024); “Pues soy un empleado con contrato ocasional y cada año estamos con la incertidumbre de la renovación del contrato pues de mi depende mi hijo por mi situación de sustituto y de discapacidad que tiene mi hijo” (S-8, comunicación personal, 2024).

En definitiva, se identificaron diversos puntos críticos que inciden en su estabilidad y bienestar. Desde la perspectiva de los participantes, es prioritario evaluar las condiciones laborales y de remuneración, destacando la presencia de dinámicas laborales asimétricas y bajos niveles de tolerancia a las distintas condiciones de los servidores sustitutos. Por lo que es necesario fortalecer aspectos que permitan mayor seguridad social, al respecto Vega (2024) plantea como neurálgico garantizar bienestar en general, tanto a las personas con discapacidad como a sus familiares. Esta afirmación concuerda con el planteamiento de Quezada (2024); y Enríquez y Cando,

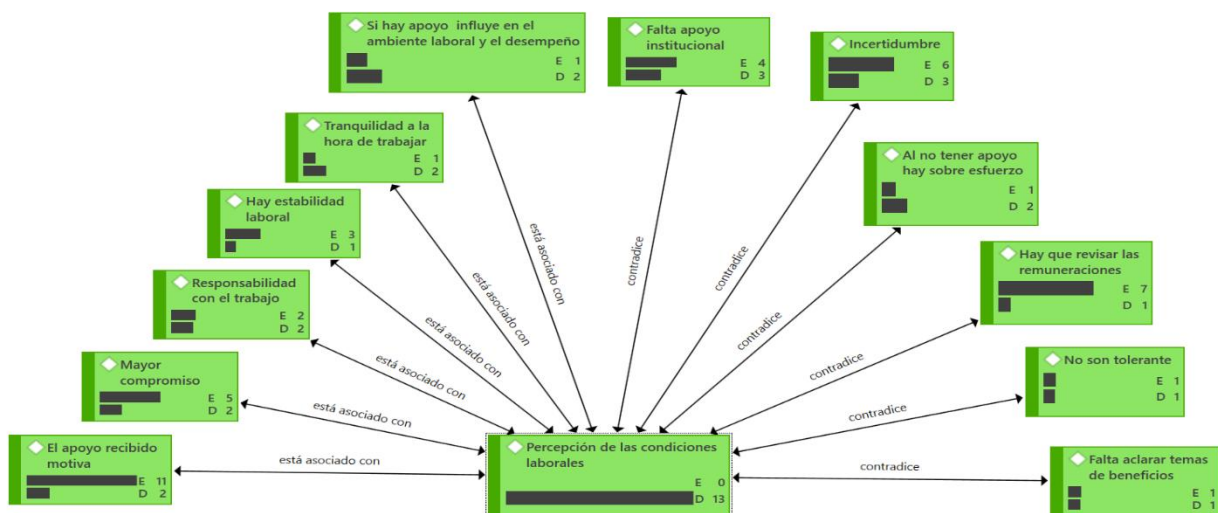


Figura 1. Categoría percepciones de los trabajadores y servidores municipales. Fuente: Obtenida de entrevistas realizadas a trabajadores sustitutos del GADMR (2024).

(2021) quienes estimaron que en el país deben darse las revisiones pertinentes a fin de garantizar protección a estos grupos vulnerables. Tales elementos trae consigo la invitación a la reflexión sobre el rol y aporte de los sustitutos directos a las instituciones y sus familias.

En torno a la protección integral a trabajadores sustitutos, la legislación del Ecuador en materia de discapacidad LOD (2012) busca garantizar el ingreso y permanencia de los trabajadores sustitutos en el campo laboral. Al ser considerados se genera sentido de pertenencia y motivación lo que incrementa el compromiso laboral, esto concuerda con el planteamiento de Ponce (2021) quién aseguró que el rol de los sustitutos es esencial, dado que desempeñan una diversidad de funciones. También vale enfatizar que la CGLU (2020) ha reconocido a los trabajadores públicos, tal es el caso de los sustitutos del GADMR, quienes resultan esenciales para apoyar a las comunidades.

La **Figura 2** muestra resultados de la categoría incidencia de las condiciones laborales [remuneración, seguridad laboral y oportunidades de capacitación]; y, condiciones organizacionales [apoyo gerencial y comunicación interna] en el bienestar de los trabajadores. Respecto a las condiciones laborales, emerge, por un lado, la percepción de insatisfacción laboral. Dentro de los verbatim se consideraron los siguientes: “Bueno para mí en lo laboral me parece que no están bien organizados ya que hay puestos en los que tenemos muchas obligaciones y carga laboral las

cuales deberían ser mejor estructuradas y hacer que tengamos el apoyo de otros compañeros que podrían hacerlo y colaborarnos y la remuneración de acuerdo al trabajo” (S-3, comunicación personal, 2024); “Sobre la remuneración no está de acuerdo con los valores establecidos por el Ministerio del trabajo. En cuanto a la seguridad laboral en el dispensario de la institución he recibido atención satisfactoria. Falta que de parte de salud ocupacional nos informen sobre nuestros hijos, si tienen o no derecho a la atención médica, si son mayores de edad, puesto que nuestros hijos no reciben atención médica por parte del IESS ni del dispensario médico” (S-6, comunicación personal, 2024). Sobre las dinámicas laborales, se destaca la siguiente perspectiva: “No tan buena, son incomprensibles en muchas situaciones”, (S-14, (comunicación personal, 2024).

Por otro lado, hay narrativas que destacan la estabilidad laboral, buen clima laboral y apoyo recíproco, en relación a ello se destacan los siguientes relatos: “Mis compañeros si son personas que ayudan en algo que no avanzamos a realizar nos echan una mano para salir todos juntos” (S-11, comunicación personal, 2024), “El clima laboral y ambiente de trabajo es muy satisfactorio, es un clima solidario” (S-12, comunicación personal, 2024). En definitiva, las valoraciones de los participantes adquieren una connotación dicotómica, lo que evidencia que el clima laboral requiere ser comprendido como una experiencia heterogénea debido a la influencia de aspectos relacionales, organizacionales y estructurales.

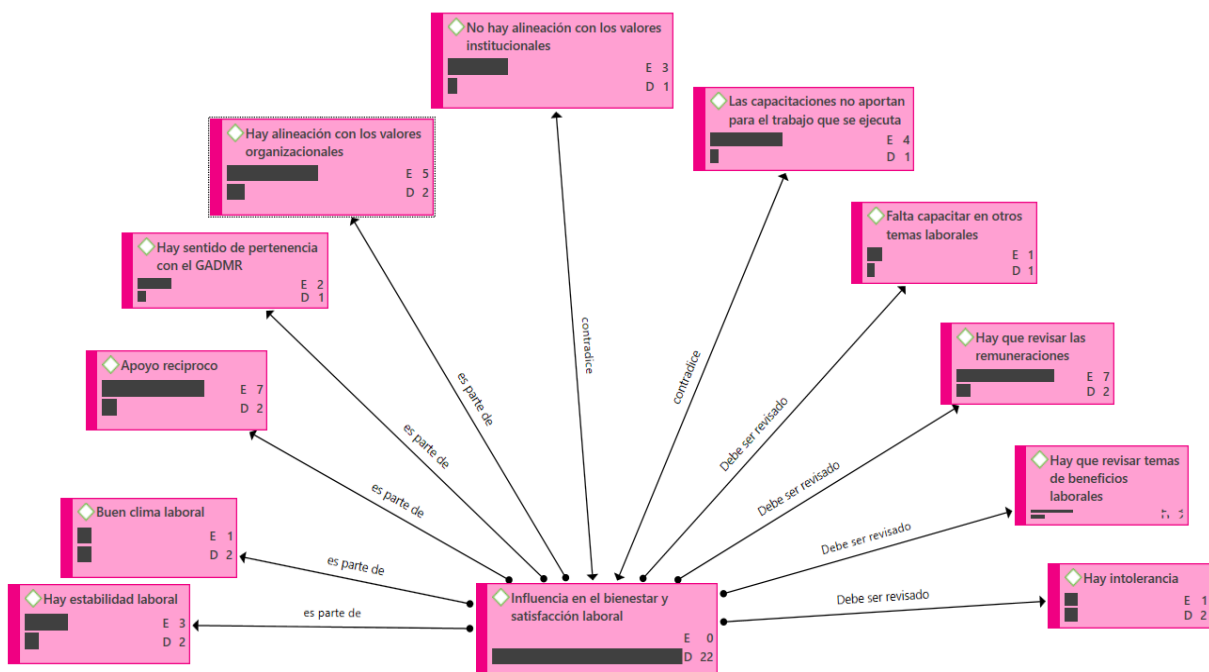


Figura 2. Categoría influencia en el bienestar y satisfacción laboral.

Fuente: Obtenida de entrevistas realizadas a trabajadores sustitutos del GADMR (2024).

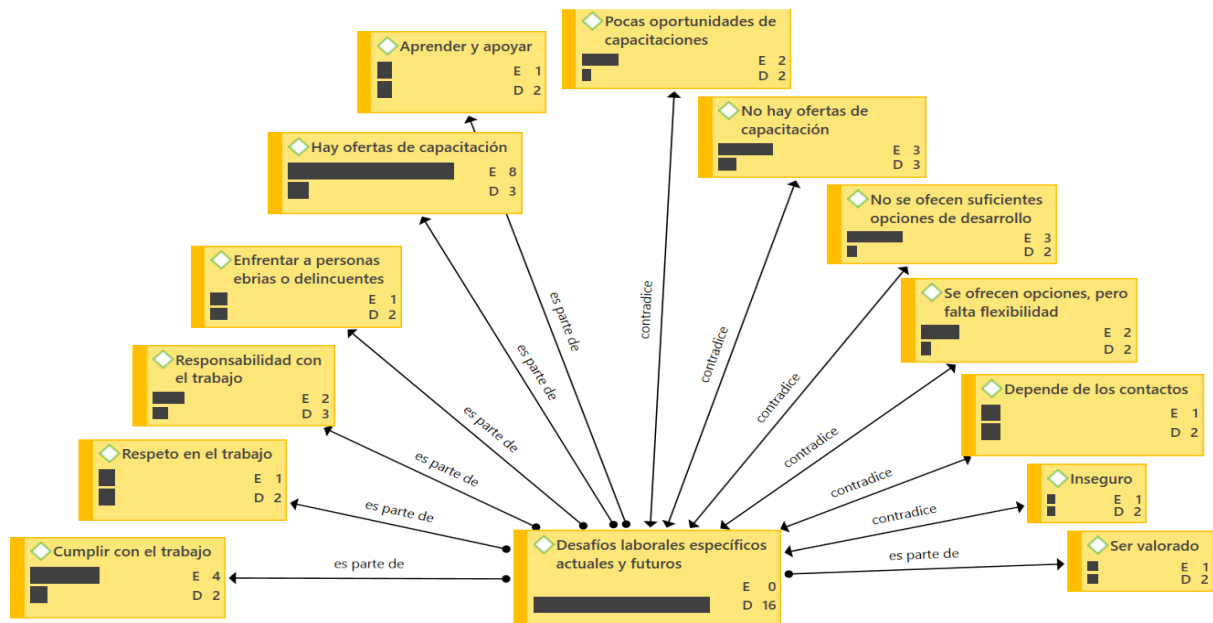


Figura 3. Categoría desafíos laborales específicos actuales y futuros.

Fuente: Obtenida de entrevistas realizadas a trabajadores sustitutos del GADMR (2024).

En esta misma línea de discursos con valoraciones dicotómicas se ubican las percepciones sobre el grado de satisfacción con las capacitaciones: “Está bueno porque uno no sabe cómo hacer las cosas, con las capacitaciones ya nos explican y esto nos ayuda a informarnos”, (S-1, comunicación personal, 2024); “En este tiempo yo he visto que si hemos tenido algunas capacitaciones que nos han ayudado y guiado mucho. Nos han capacitado con respecto al SRI los beneficios que tenemos. Donde podemos acudir para terapias que necesitan nuestros niños” (S-3, comunicación personal, 2024). En contraste con estas valoraciones, también se evidenciaron percepciones de una falta de ofertas de capacitación y se considera que las estrategias de formación brindadas no contribuyen al trabajo cotidiano y se plantea como necesario nuevos enfoques de capacitación.

En lo que se refiere a la comunicación interna, se evidencia que la calidad de las relaciones interpersonales influye de manera directa en el clima laboral, dado que cuando los trabajadores son capaces de brindarse apoyo mutuo, muestran valores como el respeto, además se logra incrementar el bienestar y la productividad. No obstante, al existir percepciones de intolerancia, se genera un ambiente desfavorable

Este estudio permitió entender que en la medida que los empleados se encuentran motivados tendrán mayor rendimiento, esto coincide con lo manifestado por Chávez, (2022) acerca del apoyo institucional como un detonante motivacional. A partir de ello, se genera sentido de pertinencia lo que deja entrever algunos

valores que se arraigan y que los hace sentirse parte del GADMR. Así mismo, sobre las condiciones laborales de los trabajadores sustitutos del GADMR, se evidencian insatisfacciones directamente relacionadas con la remuneración y con la percepción de inestabilidad laboral. En ese sentido, Agudo, (2020) y Arteaga, et al. (2023) coincidieron en manifestar que la estabilidad es una acción contundente para garantizar procesos inclusivos y de bienestar. Por otra parte, Silva et al. (2018); Tález (2021); Muñoz, (2023) hicieron énfasis en la necesidad de lograr beneficios que los apoyen socialmente.

Finalmente, se identificaron los desafíos laborales, presentes y futuros, percibidos por los trabajadores y servidores municipales en su rol como sustitutos directos del GADMR. Desde las narrativas de los participantes, uno de los desafíos identificados es el relacionado con las necesidades de aprendizaje que producen las capacitaciones: “Dan pocas capacitaciones en estos ámbitos, asistí a uno hasta el momento y no fue tan interesante como lo esperaba” (S-11, comunicación personal, 2024); “Dentro de mi proceso no hay capacitaciones y si sería necesario que haya capacitaciones para mejorar laboralmente” (S-12, comunicación personal, 2024). Tales apreciaciones indican que ciertos actores perciben menores posibilidades de desarrollo profesional, trayendo como consecuencia la sensación de un entorno laboral poco favorable. En este contexto, se evidencia la necesidad de replantearse las estrategias de formación y para ello se requiere un enfoque integral que considere tanto la calidad como la frecuencia de

dichos espacios educativos. Esto posibilitaría el incremento en la satisfacción de los empleados, esto queda plenamente demostrado por los análisis realizados por Chagñay (2023) y Anzules, (2021) quienes subrayan la importancia de capacitar a los trabajadores para asegurar una gestión eficiente.

A esto se suma lo prioritario cumplir con el trabajo, expresar respeto, responsabilidad y enfrentar las dinámicas propias de su entorno laboral. Entre los retos de tales dinámicas emergen como nudos críticos la convivencia, marcada por ciertos momentos de conflictos laborales, percepciones de faltas de reconocimiento y valoración. Otro factor que se destaca es el limitado conocimiento y/o manejo de habilidades blandas por parte de quienes están en otra escala jerárquica. En atención a este análisis, se consideró el siguiente verbatim: "El principal reto es el cumplimiento de todo lo priorizado actividades, tareas, de manera eficiente" (S-12, comunicación personal, 2024). Las entrevistas revelan percepciones de problemas de liderazgo, equidad laboral y planificación que impactan negativamente el ambiente y la eficacia organizacional. Estos hallazgos concuerdan con los planteamientos de Ponce (2021) y Chávez,(2022) quienes coinciden en que es necesario que los trabajadores tengan claridad acerca de sus condiciones de trabajo, así como de sus beneficios.

A modo de cierre, es necesario señalar que este estudio es generalizable y que los hallazgos obtenidos siguieren la necesidad de una revisión profunda tanto a nivel de la política para personas con discapacidad y sustitutos, como de las jerarquías presentes en el GADMR. También hay que manifestar que las fortalezas de este estudio radican en el enfoque empleado, la voluntad de participación de los trabajadores y la guía ejecutada por la docente. Mientras que las debilidades se asocian con el tiempo y la falta de literatura especializada, relacionada con estas categorías. Este estudio puede mejorarse a partir del uso de un enfoque mixto, que permita recoger mayor cantidad de información.

Conclusiones

Una vez realizada la discusión se procede a presentar las conclusiones del estudio para ello se parte de los objetivos planteados. En cuánto al análisis de las características que tienen las experiencias laborales de los trabajadores y servidores municipales que actúan en calidad de sustitutos directos del GADMIR durante el año 2023, estas experiencias, son variadas de ellas se extrae el sentido de pertenencia y el apoyo institucional como principales motivadores, no obstante, se muestran situaciones de insatisfacción laboral

relacionadas con las remuneraciones e inestabilidad, lo que afecta de manera directa el desempeño laboral.

En cuanto a las percepciones de los trabajadores y servidores municipales sobre su rol como sustitutos directos, de igual manera se encuentran valoraciones en tensión, dado que algunos consideran que tienen estabilidad laboral, mientras otros tienen una perspectiva diferente. Al evaluar cómo las condiciones laborales de remuneración, seguridad laboral, oportunidades de capacitación, y las condiciones organizacionales como apoyo gerencial y comunicación interna, influyen en su sentido de identidad organizacional, se puede señalar que resalta la necesidad de revisar las políticas relacionadas con las personas con discapacidad y trabajadores sustitutos, así como la importancia de implementar procesos permanentes de evaluación institucional con la finalidad de garantizar equidad e inclusión así como estabilidad y beneficios a todos por igual.

Se logró identificar los desafíos laborales actuales y futuros que perciben los trabajadores y servidores municipales en su desempeño como sustitutos directos del GAD, entre ellos se hizo mención de la necesidad de mejorar la capacitaciones a fin de garantizar calidad en el servicio, además de velar porque se cubra la necesidad de aprendizaje en los empleados, como principales retos, se exponen el respeto, superar las exposiciones a situaciones de riesgo o conflicto, y el reconocimiento y valoración por parte de la institución.

Agradecimientos

A la Universidad Técnica de Cotopaxi por ofrecer apoyo durante el desarrollo de la investigación, así como al GADMIR, institución que permitió el desarrollo del estudio.

Contribución de los autores

Carrillo Solís, Jessica Estefanía. desarrollo del artículo. Cabrera Martínez, Lourdes Yessenia, orientaciones en redacción, análisis de resultados, metodología y validación del instrumento.

Fuente de financiamiento

Esta investigación no recibió financiamiento externo.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Referencias

Agudo Durán, J. A. (2020). *El derecho fundamental al trabajo y*

- la estabilidad laboral de empleados y trabajadores en las empresas públicas municipales del cantón Ambato. [Tesis de Maestría, Universidad Técnica de Ambato], Universidad Técnica de Ambato. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/31347/1/FJCS-POSG-211.pdf>
- Anzules Sánchez, V. G. (2021). *La calidad en los gobiernos locales: evaluación del modelo de gestión del GAD Municipal de Santo Domingo y propuesta de estrategias de mejoras*. [Tesis de Maestría, Instituto de Altos Estudios Nacionales]. <https://repositorio.iaen.edu.ec/bitstream/24000/6243/1/Trabajo%20de%20Titulaci%C3%B3n%20-%20Viviana%20Graciela%20Anzules%20S%C3%A1nchez.pdf>
- Arias Odón, F. G. (2019). Citación de fuentes documentales y escogencia de informantes: un estudio cualitativo de las razones expuestas por investigadores Venezolanos. *e-Ciencias de la Información*, 9(1). doi:<https://doi.org/10.15517/eci.v1i1.32224>
- Arteaga Moreira, A. J., Silva Briones, X. M., & Véliz Vergara, M. B. (2023). El Empleo Protegido a favor de las personas con discapacidad en el sector privado ecuatoriano. *Revista San Gregorio* (55), 202-217. doi:<http://dx.doi.org/10.36097/rsan.v1i55.2527>
- Asamblea Nacional. (25 de septiembre de 2012). Ley Orgánica de Discapacidades. Registro Oficial N° 796. https://www.consejodiscapacidades.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/02/ley_organica_discapacidades.pdf
- Batthyány, K., & Cabrera, M. (2011). *Metodología de la investigación en ciencias sociales* (1° ed.). Universidad de la República. <https://repositorio.minedu.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12799/4544/Metodolog%C3%ada%20de%20la%20investigaci%C3%B3n%20para%20las%20ciencias%20sociales%20apuntes%20para%20un%20curso%20inicial.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Castillo García, D. B. (2023). *Estabilidad laboral reforzada de trabajadores sustitutos a través de la acción de protección. Análisis de la sentencia N° 689-19Ep/20 de la Corte Constitucional del Ecuador*. [Tesis de Maestría, Universidad Tecnológica Indoamérica]. <https://repositorio.uti.edu.ec/bitstream/123456789/5574/1/CASTILLO%20GARC%C3%8DA%20DAVID%20BITERMO.pdf>
- Castro Fiallos, J. L. (2023). *El derecho constitucional al trabajo de las personas sustitutas, en la ley orgánica del servicio público del Ecuador en el cantón Pastaza*. [Artículo científico, Universidad Regional Autónoma de los Andes]. <https://dspace.uniandes.edu.ec/bitstream/123456789/17401/1/UA-MMC-EAC-050-2023.pdf>
- Chagñay Lema, G. I. (2023). *Gestión de los factores de riesgo psicosocial en los trabajadores de la Dirección Comercial de la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado Riobamba*. Repositorio UNACH. <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/11765>
- Chávez, G. (2022). *Estabilidad laboral reforzada para trabajadores sustitutos de personas con discapacidad: Análisis de la sentencia 698-19 EP/20 de la Corte Constitucional del Ecuador*. Repositorio UTI. <https://repositorio.uti.edu.ec/bitstream/123456789/4917/1/CHAVEZ%20CHIMBO%20GUSTAVO%20ANTONIO.pdf>
- Costa de Oliveira, J., Filgueiras Penido, C. M., Rocha Franco, A. C., Aguilar dos Santos, T. L., & Wilke Silva, B. A. (2022). Especificidades do grupo focal online: uma revisão integrativa. *Ciência & Saúde Coletiva*, 27(5), 1813-1826. doi:DOI: 10.1590/1413-81232022275.11682021
- Diccionario panhispánico del español jurídico. (14 de agosto de 2024). *Trabajador municipal*. <https://dpej.rae.es/lema/trabajador-municipal>
- Enríquez Reyes, J. A., & Cando Pacheco, J. d. (2021). Idoneidad de la acción de protección ante desvinculación de servidores públicos del Gad Municipal de Machala. *Revista Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores.*, 1(55), 1-22. <https://www.scielo.org.mx/pdf/dilemas/v9n1/2007-7890-dilemas-9-01-00055.pdf>
- Garay Ordoñez, F. D., & Carhuancho Mendoza, I. M. (2019). Modelo social como alternativa para el desarrollo de la persona con discapacidad, Callao. Perú. *Telos*, 21(3), 680-695. doi:<https://doi.org/10.36390/teelos213.10>
- Herrera Masó, J. R., Calero Ricardo, J. L., González Range, M. Á., Collazo Ramos, M. I., & Travieso González, Y. (2022). El método de consulta a expertos en tres niveles de validación. *Revista Habanera de Ciencias Médicas*, 21(1), 1-11. <http://scielo.sld.cu/pdf/rhcm/v21n1/1729-519X-rhcm-21-01-e4711.pdf>
- Marques Soares e Aparo, L. C., & Aparo, E. (2022). A Hermenêutica como Metodologia do Design. *Latin American Journal of Development, Curitiba*, 4(1), 48-54. doi: 10.46814/lajdv4n1-004
- Muñoz Duque, J. B. (2023). *La discriminación laboral hacia el discapacitado físico severo al emplear la figura del trabajador sustituto en el Ecuador. Estudio de la normativa laboral ecuatoriana*. [Tesis de Pregrado, Universidad Tecnológica ECOTEC]. <https://repositorio.ecotec.edu.ec/bitstream/123456789/857/1/MUN%CC%83OZ%20DUQUE%20JOSELINE%20BEL%C3%89N.pdf>
- Organización Mundial de Ciudades y Gobiernos Locales Unidos [CGLU]. (13 de mayo de 2020). *Servicios públicos locales: mantener seguras a las personas que trabajan en primera línea*. https://www.uclg.org/sites/default/files/espanol_briefing_1le12_psi.pdf
- Pereyra Zetina, L. E. (2022). *Metodología de la Investigación*. Klik soluciones educativas. https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=6e-KEAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=pereyra+nivel+investigacion+&ots=WHDT40Eliv&sig=erD3ZmjGuyWxT4aN9_8unkcE1LU&redir_esc=#v=onepage&q=pereyra%20nivel%20investigacion&f=false
- Ponce Montenegro, J. F. (2021). *Estudios sobre la legalidad de las normas emitidas para trabajadores con hijos discapacitados de conformidad con la sentencia Número 10333-2017-02112*. [Tesis Pregrado, Pontificia Universidad Católica del Ecuador]. <https://repositorio.puce.edu.ec/server/api/core/bitstreams/6921c736-5a37-44b2-8b29-74dfd17c5d96/content>
- Quezada Ramírez, M. H. (2024). *Estabilidad laboral de los trabajadores calificados como sustitutos, garantizando los derechos de las personas con discapacidad*. [Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Loja]. https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/29571/1/MiriamHerlitta_QuezadaRam%C3%adrez..pdf
- Ruiz Chunga, K. J. (2022). *Gestión Administrativa y Calidad del Servicio de los Servidores de una Municipalidad Distrital de Piura, 2022*. [Tesis de Posgrado, Universidad César Vallejo]. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/95771/Ruiz_CJ-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Silva Adriano, L. E., Niama Rivera, L. M., Carrera Silva, K. A., Rodríguez Solarte, Á. E., & Villalva Heredia, C. I. (2018). Aproximación al estado actual de la implementación de un modelo de gestión de talento humano en el Gobierno Autónomo Descentralizado (GAD) de Riobamba. *Revista Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores.*(1), 1-18. https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/99464491/768-Texto_del_articulo-1152-1-10-20200414-libre.pdf?1678071046=&response-content-

disposition=inline%3B+filename%3DAproximacion_al_estado_actual_de_la_impl.pdf&Expires=1723904019&Signature=Oova2UaFAUsE6hnsrqGf

- Táez Morillo, A. N. (2021). *Implementación de políticas de inclusión laboral de las personas con discapacidad de los Gobiernos Autónomos Descentralizados provincial y cantonales de la Provincia del Carchi*. [Tesis de Maestría de Instituto de altos Estudios Nacionales la Universidad de Postgrado del Estado]. <https://repositorio.iaen.edu.ec/handle/24000/6240>
- Vega Jirón, G. P. (2024). *Vulneración del derecho a la estabilidad laboral de trabajadores sustitutos Análisis de sentencia 689-19-EP (2020)*. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de

Loja]. https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/30248/3/GingerPatricia_VegaJiron.pdf

- Vera Loor, R. Y., Álava Rosado, D. F., & Robles Santana, Y. (2022). Emprendimientos de personas con discapacidad en el marco de la gestión sostenible del Cantón Pedernales. *Revista de Ciencias Sociales (RCS)*, XXVIII(3), 235-250. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8526454>
- Vizcaíno Zúñiga, P. I., Cedeño Cedeño, R. J., & Maldonado Palacios, I. A. (2023). Metodología de la investigación científica: guía práctica. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(4), 9723-9762. doi:https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i4.7658

Artículo de investigación

Análisis de la cadena logística y la distribución física internacional del palmito ecuatoriano en el periodo 2019-2024

Logistics chain analysis and international physical distribution of Ecuadorian hearts of palm, 2019–2024

Blanca Liliana Montenegro Obando¹ , Lorena Elizabeth Ruano Enríquez² , Iván Alirio Realpe Cabrera³

¹Docente investigadora de la Carrera de Logística y Transporte de la Universidad Politécnica Estatal del Carchi

²Docente investigadora de la Carrera de Comercio Exterior de la Universidad Politécnica Estatal del Carchi

³Docente investigador de la Carrera de Logística y Transporte de la Universidad Politécnica Estatal del Carchi

Fecha de recepción: 14/02/2025

Fecha de aceptación: 02/06/2025

Fecha de publicación: 30/06/2025

Resumen

La investigación analiza la cadena logística y la distribución física internacional del palmito ecuatoriano entre 2019 y 2024, con la finalidad de identificar y analizar los principales factores que inciden en su competitividad en mercados globales. A través de un enfoque analítico y descriptivo, se evaluaron las exportaciones, costos logísticos y eficiencia del transporte. Los resultados evidencian que Ecuador lidera la exportación de palmito, pero enfrenta desafíos como la dependencia del puerto de Guayaquil y fluctuaciones en la demanda externa. Se identificó la necesidad de diversificación de mercados, inversión en infraestructura y mejora en certificaciones internacionales. La optimización del transporte y la integración tecnológica en la cadena de suministro puede fortalecer la competitividad del sector. Finalmente, la estabilidad del comercio de palmito depende de estrategias logísticas eficientes y políticas de sostenibilidad que permitan su expansión en mercados emergentes.

Palabras clave: Cadena logística. Distribución física internacional. Competitividad. Exportaciones.

Abstract

The research analyzes the logistics chain and international physical distribution of Ecuadorian palm heart (palmito) between 2019 and 2024, with the aim of identifying and examining the key factors that influence its competitiveness in global markets. Through an analytical and descriptive approach, exports, logistics costs, and transportation efficiency were evaluated. The results show that Ecuador leads heart of palm exports but faces challenges such as dependence on the Port of Guayaquil and fluctuations in external demand. The need for market diversification, investment in infrastructure, and improvement in international certifications was identified. Optimizing transportation and integrating technology into the supply chain can strengthen the sector's competitiveness. Finally, the stability of the heart of palm trade depends on efficient logistics strategies and sustainability policies that enable its expansion into emerging markets.

Keywords: Logistics chain. International physical distribution. Competitiveness. Exports.

Introducción

El estudio sobre la cadena logística y la distribución internacional del palmito ecuatoriano entre 2019 y 2024 surge de la necesidad de entender y optimizar la

competitividad de este producto en el ámbito global. Ecuador es uno de los principales exportadores de palmito a nivel mundial, suministrando a más de 25 países, entre los cuales se destacan Francia, Argentina y Chile, que absorben más del 66% de las exportaciones

ecuatorianas (Ministerio de Producción, Comercio Exterior, Inversiones y Pesca [MPCEIP], 2019). Sin embargo, la dependencia del transporte marítimo, especialmente a través del puerto de Guayaquil, junto con factores externos como la demanda internacional y las condiciones del comercio global, presentan desafíos significativos para este sector (García y Pérez, 2021).

Por tanto, esta investigación es de gran relevancia, pues estudia la efectividad de la cadena y la gestión logística internacional, lo cual son puntos clave para apoyar la competitividad de los productos agroindustriales en el comercio internacional, así como también en el orden social y comunitario, la producción de palmito es uno de los principales pilares para generar empleo y desarrollo económico para las regiones donde se desarrolla.

Investigaciones previas han estudiado la comercialización internacional de palmito ecuatoriano y el impacto en la balanza comercial no tradicional del país, subrayando la necesidad de implantar estrategias que fomenten y fortalezcan la exportación y comercialización de este producto en el ámbito internacional (Mendoza y Castillo, 2018). Además, se han llevado a cabo análisis comparativos entre las exportaciones de palmito de Ecuador y Perú hacia mercados específicos, como el francés, lo que pone en evidencia la posición competitiva del palmito ecuatoriano y la importancia de sostener elevados niveles de calidad y eficiencia en los procesos logísticos (Chávez-Ramírez, 2021).

Esta investigación plantea analizar la cadena logística y la distribución física internacional del palmito ecuatoriano en el período 2019-2024, con la finalidad de precisar los principales desafíos y oportunidades que influyen en su competitividad en el mercado internacional. Las principales conclusiones apuntan a la necesidad de diversificar las estrategias logísticas para disminuir la dependencia del transporte marítimo, fortalecer la integración tecnológica en la cadena de suministro y desarrollar políticas que reduzcan los riesgos provocados por las variaciones en la demanda internacional y las condiciones del comercio internacional (Gómez y Martínez, 2022).

Métodos

El análisis de esta investigación tuvo un carácter descriptivo-analítico, sustentado en una revisión exhaustiva de literatura especializada e informes técnicos vinculados al transporte, la logística de distribución y el comercio exterior del palmito. Este enfoque permitió contextualizar las exportaciones del producto, identificando tendencias generales y particularidades asociadas a su comercialización internacional.

Se combinaron datos cualitativos y cuantitativos, los cuales se analizaron de manera integrada para

obtener conclusiones relevantes sobre la dinámica exportadora del palmito. Los datos cualitativos provinieron principalmente de fuentes secundarias como artículos académicos, reportes sectoriales, normativas internacionales y documentos técnicos relacionados con la producción, comercialización y la logística del palmito. Estos insumos proporcionaron un marco conceptual sólido, ayudaron a comprender las condiciones regulatorias del comercio exterior y sirvieron para interpretar el contexto histórico y estructural de las exportaciones del producto.

Por otro lado, los datos cuantitativos se obtuvieron de la base de datos CobusGroup, correspondientes al período 2019 – 2024. Las variables que se identificaron para realizar el análisis de las actividades de la exportación del palmito son las siguientes: declaraciones aduaneras de exportación, las cuales son registros administrativos donde se tiene constancia de las mercancías que se van a exportar, ya que en ellas encontramos información de la descripción, valor, cantidad y origen; clasificación arancelaria, utilizada según las secciones del arancel para identificar los productos exportados y su condicionamiento arancelario; modo de transporte (aéreo, marítimo y terrestre) y el peso neto de la carga transportada. Esta última se pronuncia con datos que permitieron atender a las magnitudes que caracterizarán física y logísticamente las exportaciones de este sector.

La recolección de la información se realizó siguiendo criterios específicos considerando el período de análisis y modalidad de transporte. Los datos obtenidos se procesaron mediante herramientas básicas de análisis en Excel, enfocándose en la organización, clasificación y visualización de series históricas y tendencias temporales. Se llevó a cabo una interpretación descriptiva de las relaciones entre variables, basada en la observación sistemática y comparativa entre categorías como volumen de exportación, países de destino, despachos, modos de transporte.

Los resultados se organizaron en tablas y gráficos que resumen los hallazgos más relevantes del análisis realizado. Esta presentación estructurada permitió identificar características distintivas del comportamiento de las exportaciones durante el período de estudio, facilitando la comprensión de su estructura comercial y logística.

Resultados y discusión

La cadena logística es un sistema integrado que incluye, el abastecimiento, producción y distribución. Los eslabones que comprenden el suministro, la producción y la distribución constituyen componentes básicos que garantizan la eficacia empresarial en escenarios internacionales. Estos eslabones no solo

devienen los responsables de la calidad del producto elaborado, sino que también determinan los costos y los tiempos de entrega, los cuales son esenciales en el espacio de los sectores exportadores, tal y como sucede en el caso del palmito ecuatoriano.

La producción primaria de palmito implica la elección de semillas, la agricultura y la recolección, las cuales son muy críticas para la calidad y cantidad del producto. En donde las condiciones agroclimáticas son favorables, los productores suelen trabajar con semillas de *Bactris gasipaes* y llevar a cabo ciertas prácticas agronómicas y culturales, como la preparación del terreno, control de plagas, los sistemas de riego, etc. La capacitación y asistencia técnica son esenciales para aumentar la productividad y fomentar el desarrollo de una agricultura sostenible. Sin embargo, en muchas ocasiones pequeños y medianos productores enfrentan limitaciones de carácter técnico y económico, que impiden la asimilación de las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) y la adaptación a las normativas fitosanitarias internacionales, temas claves

para mantener la competitividad de la producción de palmito en el sector.

Ecuador, se ha consolidado como uno de los principales exportadores de palmito, debido a la calidad de la producción de palmito y su volumen. Un abastecimiento eficiente requiere entonces una buena coordinación entre productores, empresas abastecedoras y centros de acopio, lo que garantiza el flujo de las materias primas de origen a destino manteniendo el cumplimiento de las normas exigidas. Del mismo modo, un adecuado sistema de transporte del producto es probablemente una de las pocas formas para garantizar la calidad del proceso productivo y sostener la ventaja competitiva en el contexto internacional. Para mantener la posición de liderazgo del Ecuador en el mercado internacional, es importante buscar y superar las limitaciones que afectan a los pequeños productores.

La **Tabla 1** ilustra una distribución de los productores de palmito los cuales están ubicados en diferentes

Tabla 1. Empresas productoras y exportadoras de palmito ecuatoriano 2019-2023.

No.	RAZÓN SOCIAL	RUC	PROVINCIA
1	ALIMENTOS Y CONSERVAS DEL ECUADOR S.A.	1792194997001	PICHINCHA
2	I.A.E. INDUSTRIA AGRICOLA EXPORTADORA INAEEXO C.A.	1791242491001	PICHINCHA
3	PROTROPIC CIA. LTDA. PRODUCTOS TROPICALES	0890051154001	ESMERALDAS
4	INDUSTRIALIZADORA Y COMERCIALIZADORA DE PALMITO S.A. INCOPALMITO	0992356588001	GUAYAS
5	PROCESADORA CONTINENTAL DE ALIMENTOS S.A.	1790687147001	PICHINCHA
6	HACIENDA SAN JORGE HASANJOR S.A.	0992980907001	GUAYAS
7	TROPICALFOODS SA	1792022614001	PICHINCHA
8	TRADINGCORP ECUATORIANA S.A.	1791192761001	PICHINCHA
9	SERVICIO INTEGRAL PARA LA INDUSTRIA ALIMENTICIA SIPIA S.A.	1790481409001	PICHINCHA
10	INDUSTRIA ALIMENTICIA PÉREZ VACA INALPEV CIA. LTDA.	1891763170001	TUNGURAHUA
11	ASOCIACION DE PALMITOCULTORES DE LA AMAZONIA ECUATORIANA	2290317358001	ORELLANA
12	INSTITUTO OCEANOGRÁFICO Y ANTÁRTICO DE LA ARMADA	0968576320001	GUAYAS
13	VENEGAS CHAVEZ JESSENIA LISSETTE	0920156296001	GUAYAS
14	SEMVRA-VECONSA S.A.	0991311602001	GUAYAS
15	CIA. ADUANERA ECUATORIANA C.A.E. S.A.	0991442731001	GUAYAS
16	NUNAFRUT S.A.	1793101259001	PICHINCHA
17	BRANDS COMERCIALIZADORA BRANDS & BRANDS BRANDSACOM S.A.	0992961902001	GUAYAS
18	CORPORACION FAVORITA C.A.	1790016919001	PICHINCHA

Fuente: Cobus Group Ecuador (2024).

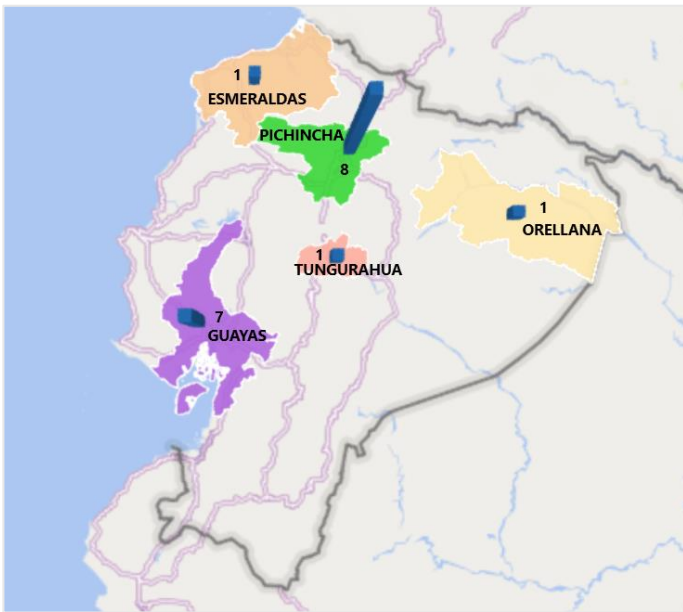


Figura 1. Productores del palmito en el Ecuador periodo 2019 -2023.

provincias del Ecuador, destacando esencialmente Pichincha y Guayas. La mayor parte de estas empresas operan en industrias que tienen una estrecha relación con la producción y el procesamiento de alimentos, el comercio, las exportaciones agrícolas y la agroindustria, y dentro de ellas existen entidades especializadas en el cultivo y procesamiento de palmito, como son la Industrializadora y Comercializadora de Palmito s.a. INCOPALMITO y la Asociación de Palmitocultores de la Amazonia Ecuatoriana, esta última ubicada en la provincia de Orellana, lo cual muestra que existen actores económicos importantes en este rubro agrícola en el Ecuador. Además de las entidades con un enfoque específico en el palmito, el resto de las industrias del ámbito alimentario y agrícola también contribuyen a la actividad productiva del país. Desde esa perspectiva, las provincias de Esmeraldas y Tungurahua tienen una menor representación, lo que permite evidenciar oportunidades de desarrollo en el ámbito económico en estas provincias. Dentro del análisis del panorama empresarial ecuatoriano la inclusión de los palmicultores permite evidenciar la cadena productiva, pero también subrayar el potencial exportador y agrícola del país con este tipo de cultivo.

La producción de palmito en Ecuador ha experimentado un desarrollo continuo en los últimos años, convirtiéndose en una de las agroindustrias de mayor importancia del país. La calidad del producto final está estrechamente relacionada con las prácticas agronómicas utilizadas en el cultivo del palmito, principalmente en lo que se refiere a la fertilización y el manejo de nutrientes del suelo, los cuales determinan particularmente el diámetro, la textura y el sabor del

palmito, características que son determinantes en la aceptación del producto en mercados internacionales. A pesar de que en la actualidad se han logrado avances en el proceso industrial es necesario invertir en tecnología y capital que permita la optimización de la cadena productiva del palmito ecuatoriano.

Producción o transformación

La producción del palmito ecuatoriano destinado a la exportación implica una serie de procesos técnicos que abarcan desde la cosecha, selección, lavado, corte, hasta el envasado y esterilización del producto. Estos pasos deben cumplir estrictas normas de seguridad alimentaria para garantizar calidad, inocuidad y trazabilidad. La estandarización de procedimientos, el uso de tecnología y la automatización permiten optimizar tiempos, reducir desperdicios y alcanzar certificaciones internacionales, lo que mejora la eficiencia y competitividad del producto en los mercados internacionales. Además, la coordinación entre productores y otros actores logísticos es clave para preservar la calidad desde el origen hasta el destino final.

La calidad del palmito también está determinada por factores como el tipo de fertilización, el manejo de postcosecha y las condiciones de conservación. Si bien la fertilización orgánica mejora algunas propiedades sensoriales del producto, puede hacerlo más vulnerable a la descomposición, por lo que es necesario un adecuado empaquetado y control de temperatura. En cuanto a la sostenibilidad, la industria enfrenta retos ambientales relacionados con el uso del suelo y los recursos hídricos. La aplicación de prácticas agroecológicas, el manejo responsable de residuos y la certificación orgánica son fundamentales no solo para reducir el impacto ambiental, sino también para posicionar el producto con valor agregado en los mercados internacionales.

Distribución y consumo

Este eslabón comprenderá la logística de transporte y de almacenamiento hasta llegar al consumidor final. En el comercio internacional la distribución física internacional (DFI) tendrá un peso primordial porque permitirá optimizar costos y tiempos de entrega. Por lo tanto, la eficacia del eslabón de distribución dependerá del aprovechamiento de la infraestructura portuaria, del respeto a la normativa aduanera y de la selección de las rutas lógicas que ayuden a minimizar los costes y asegurar la competitividad del producto ecuatoriano en los mercados internacionales.

La distribución del palmito en Ecuador sigue un patrón clásico en la cadena agroalimentaria que corresponde a mayoristas y minoristas donde podemos encontrar; los supermercados, el palmito enlatado es

uno de los formatos más habituales en grandes cadenas de supermercados como Supermaxi, Tía, Santa María, Mi Comisariato, Aki donde el acceso al producto se facilita por los consumidores. En el caso del mercado internacional Ecuador es el líder en exportación de palmito a nivel mundial. Las exportaciones han mostrado una variabilidad en los años recientes por motivos diversos como la demanda internacional y el desarrollo de cultivos, para este estudio se analizó la posición arancelaria 2008.91.00.00 que refiere al Palmito conservado, no congelado

La **Figura 2.** representa el comportamiento de las ventas internacionales de palmito ecuatoriano en el periodo de análisis 2019 - 2024. Muestra un patrón fluctuante que alterna a picos de exportación y descensos, alcanzando su punto más elevado en el año 2020 que se convierte en el máximo, a partir del cual comienza una caída progresiva hasta el 2024, año en que existe un leve rebote. Este comportamiento bien puede ser atribuido a una serie de factores coyunturales y estructurales que influyen en la disponibilidad y comercialización de este producto.

Dentro de las posibles causas se encuentra la existencia de restricciones logísticas y comerciales a partir del 2020 con la irrupción de la pandemia COVID-19, que afectó a las exportaciones, en el transporte marítimo y la demanda internacional. Además, el sector también ha podido encontrarse ante limitaciones en la producción agrícola, por dificultades debidas a adversas condiciones de naturaleza, encarecimiento de insumos o escasez de mano de obra. En relación con el entorno internacional es posible que algunas plazas comerciales hayan tenido la contracción de la demanda por bienes no esenciales o bien por un

incremento de la competencia de otros países productores. La leve recuperación que se aprecia para el 2024 se debe a una reorganización de la producción, lo que puede interpretarse como una adaptación del sector a una nueva realidad del comercio internacional o bien la posibilidad de arreglos establecidos con compradores estratégicos. Este comportamiento revela la importancia de promover políticas de sostenibilidad, diversificación de destinos y tecnificación del cultivo para estabilizar y proyectar el crecimiento de las exportaciones de palmito.

La **Tabla 2** pone de manifiesto la evidente concentración del sector exportador del palmito procedente de Ecuador, en donde podemos encontrar tres empresas que tienen una participación sostenida y dominante que son, INAEXPO C.A.; Procesadora Continental de Alimentos S.A. e Industrializadora y Comercializadora de Palmito S.A. INCOPALMITO. Estas empresas tienen una presencia sostenida en el tiempo a lo largo de todo el periodo analizado con lo cual es posible inferir que poseen capacidades consolidadas en producción, logística y acceso a nuevos mercados internacionales. Su destacada participación puede inferirse de una estructura de mercado en la que la participación dominante y liderazgo de estas empresas se ha mantenido estable en el tiempo, mientras que el resto de las empresas sólo ocupan un rol secundario

Por el contrario, Alimentos y Conservas del Ecuador S.A.; Protropic Cía. Ltda.; Tropicalfoods S.A., Tradin-gcorp Ecuatoriana S.A. muestran un menor y más variable nivel de participación quizás debido a menor escala operativa, infraestructura exportadora o coyunturas adversas. En este sentido, es evidente la necesidad de abordar la competitividad de aquellas

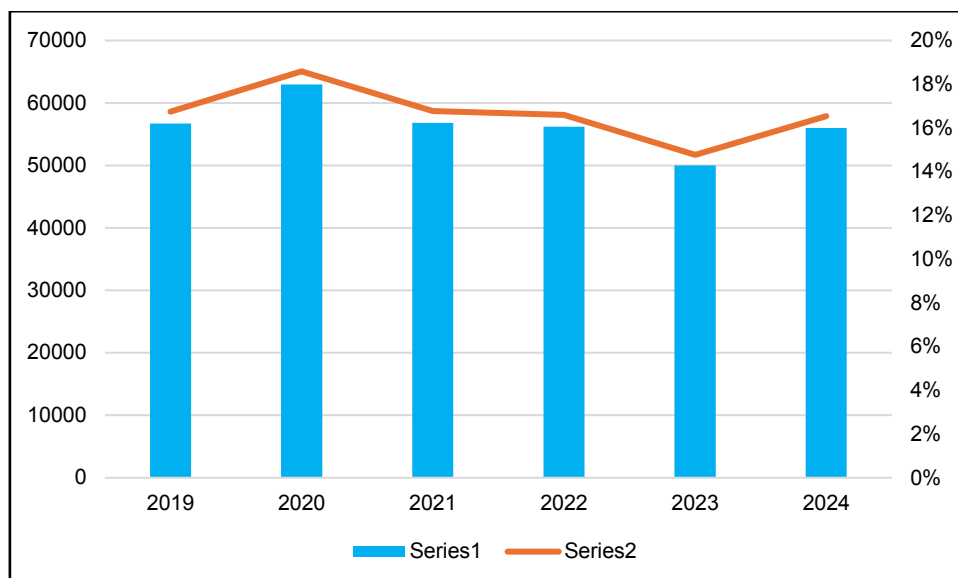


Figura 2. Evolución de las exportaciones de palmito ecuatoriano en TM.
Fuente: Cobus Group Ecuador (2024).

Tabla 2. Principales empresas exportadoras de palmito ecuatoriano 2019-2024 en TM.

RAZÓN SOCIAL	2019	2020	2021	2022	2023	2024	Total	%
I.A.E. INDUSTRIA AGRICOLA EXPORTADORA INAEXPO C.A.	13.847	15.648	13.083	13.801	12.018	13.216	81.613	48,2%
PROCESADORA CONTINENTAL DE ALIMENTOS S.A.	4.363	5062	4977	4293	4358	5006	28.059	16,6%
INDUSTRIALIZADORA Y COMERCIALIZADORA DE PALMITO S.A. INCOPALMITO	4.505	5008	4890	4761	3587	4200	26.951	15,9%
PROTROPIC CIA. LTDA. PRODUCTOS TROPICALES	2.314	2534	2921	2770	2587	2653	15.780	9,3%
ALIMENTOS Y CONSERVAS DEL ECUADOR S.A.	2.168	2318	1607	1492	1548	2044	11.177	6,6%
TROPICALFOODS SA	9.38	857	824	919	798	720	5056	3,0%
TRADINGCORP ECUATORIANA S.A.	119	47	106	52	107	156	587	0,3%

Fuente: Cobus Group Ecuador (2024).

Tabla 3. Número de despachos de las principales empresas exportadoras.

RAZÓN SOCIAL	2019	2020	2021	2022	2023	2024	Total	%
I.A.E. INDUSTRIA AGRICOLA EXPORTADORA INAEXPO C.A.	628	721	699	699	666	695	4108	46,04%
INDUSTRIALIZADORA Y COMERCIALIZADORA DE PALMITO S.A. INCOPALMITO	254	305	286	282	217	263	1607	18,01%
PROCESADORA CONTINENTAL DE ALIMENTOS S.A.	192	253	244	179	200	246	1314	14,73%
PROTROPIC CIA. LTDA. PRODUCTOS TROPICALES	130	131	159	155	145	148	868	9,73%
ALIMENTOS Y CONSERVAS DEL ECUADOR S.A.	135	139	98	91	93	108	664	7,44%
TROPICALFOODS SA	55	53	55	58	49	46	316	3,54%
TRADINGCORP ECUATORIANA S.A.	6	3	6	3	6	8	32	0,36%

Fuente: Cobus Group Ecuador (2024).

empresas con menor presencia en el mercado, de forma tal que se propicien estrategias vinculadas a la diversificación de acceso a nuevos mercados o al fortalecimiento de capacidades técnicas dentro del sector exportador de confección de palmito en el Ecuador.

La **Tabla 3** muestra la cantidad de despachos realizados por las principales empresas exportadoras de palmito ecuatoriano entre 2019 y 2024. El análisis revela una alta concentración de actividad en una sola empresa INAEXPO C.A. esta empresa ha mantenido un ritmo constante y elevado de operaciones, lo que evidencia una sólida estructura logística y una alta demanda sostenida en el mercado internacional.

Mientras que INCOPALMITO y Procesadora Continental de Alimentos S.A, registran una participación significativa, aunque muy por debajo del líder del sector. Las demás empresas tienen una participación discreta. Estos datos reflejan un sector dominado por pocas firmas con gran capacidad operativa, mientras que el resto participa de forma más limitada en el mercado exportador

La **Tabla 4** presenta los principales destinos de exportación de palmito ecuatoriano durante el período de análisis y evidencia una clara concentración en pocos mercados. Francia, Estados Unidos y Chile son los principales compradores, acumulando en conjunto

Tabla 4. Destino de las exportaciones de palmito en TM 2019 – 2024.

PAÍS DESTINO	TM	%
FRANCE	40749,67	24%
UNITED STATES	38992,36	23%
CHILE	35448,56	21%
ARGENTINA	16111,59	10%
ISRAEL	8827,94	5%
CANADA	7103,93	4%
MEXICO	5312,53	3%
SPAIN	4570,9	3%
PAISES BAJOS	3496,03	2%

Fuente: Cobus Group Ecuador (2024).

el 68% del total exportado, lo cual revela una fuerte dependencia del sector hacia estos países, reflejando una alta demanda sostenida en mercados con hábitos de consumo consolidados para el palmito.

En un segundo grupo se encuentra Argentina e Israel que también representan mercados relevantes, pero con menor peso. El resto de los países registran volúmenes mucho más bajos. Este patrón de distribución geográfica señala tanto oportunidades como vulnerabilidades, por un lado, la concentración en países con alto poder adquisitivo y exigencias sanitarias rigurosas habla de la calidad del producto ecuatoriano; por otra parte, dicha concentración expone al sector a riesgos comerciales ante posibles barreras arancelarias, sanitarias o cambios en la demanda de esos

mercados clave. Diversificar destinos y fortalecer relaciones comerciales con otros países podría contribuir a una mayor resiliencia de las exportaciones de palmito.

La revisión concerniente a los principales puertos de destino en la **Tabla 5** evidencia que el palmito ecuatoriano llega a través de los puertos de carga internacional como San Antonio en Chile, Buenos Aires en Argentina, Montreal en Canadá, Le Havre en Francia, Ashdod en Israel; son los principales nodos logísticos del palmito, pues acumulan entre el 75% y el 97% del total exportado por país de destino, siendo los factores determinantes de la dependencia de la carga la eficiencia portuaria, la conectividad intermodal (tránsito terrestre) y la infraestructura aduanera pues éstas son los indicadores de la fluidez que tiene el comercio internacional; es decir, estos nodos de puerto canalizan la carga y redistribuyen el producto hacia mercados de interiores o hacia mercados regionales.

Por el contrario, mercados como Estados Unidos o México tienen una infraestructura portuaria más diversificada, lo que podría dar cuenta de una red logística más amplia y centralizada a partir de múltiples nodos de entrada que despliegan rutas complementarias entre sí; donde la organización de la red proporciona mayor flexibilidad, capacidad de reacción ante situaciones logísticas complejas, pero puede traer consigo mayores dificultades para coordinarlo y mayores costos operativos.

La **Figura 3** representa de forma clara la cadena de logística del palmito ecuatoriano, comenzando en las zonas productoras hasta los mercados internacionales. Se evidencia que Pichincha y Guayas representan las principales áreas de origen. Esta producción es

Tabla 5. Puertos destino de las exportaciones de palmito en TM 2019 – 2024.

PAÍS	PUERTO DESTINO	PESO TM	%
FRANCE	FRLEH-LE HAVRE	31390,93	77,03%
UNITED STATES	USNYC-NEW YORK	12624,79	32,38%
CHILE	CLSAI-SAN ANTONIO	34375,71	96,97%
ARGENTINA	ARBUE-BUENOS AIRES	14842,17	92,12%
ISRAEL	ILASH-ASHDOD	6631,72	75,12%
CANADA	CAMTR-MONTREAL	6095,65	85,81%
MEXICO	MXMEX-MEXICO CITY	2319,7	43,66%
SPAIN	ESVLC-VALENCIA	3281,74	71,80%
PAISES BAJOS	NLR TM-ROTTERDAM	2624,04	75,06%

Fuente: Cobus Group Ecuador (2024).

canalizada a través de centros de acopio que organiza el volumen recolectado, estas entidades juegan un rol esencial en la articulación entre productores y empresas exportadoras. En la etapa de producción y exportación. Algunas empresas mantienen la posición predominante, destacando INAEXPO como actor central del proceso.

Las operaciones logísticas se concentran en terminales de almacenamiento ubicadas en Guayaquil y Quito, donde intervienen operadores especializados que facilitan el manejo y conservación del producto. El transporte se realiza principalmente por el modo marítimo desde el Puerto de Guayaquil. En la fase de distribución, los principales destinos internacionales incluyen Francia, Estados Unidos y Chile, mientras que Argentina e Israel tienen una participación minoritaria. El palmito ingresa por puertos estratégicos que funcionan como nodos clave en la recepción y redistribución del producto en sus respectivos mercados. Esta estructura refleja una cadena bien organizada, aunque dependiente de ciertos puntos logísticos y comerciales específicos.

Este estudio destaca la relevancia estratégica de este sector dentro de la agroindustria del país, al tiempo que resalta tanto las oportunidades como los desafíos que conlleva su comercialización en el ámbito global. Muñoz-Ordóñez (2021) señala que, debido a su calidad superior y prácticas sostenibles, el palmito ecuatoriano ha encontrado un lugar en diversos mercados internacionales, siendo Francia, Estados Unidos y Chile sus principales destinos. Muñoz-Ordóñez (2021) y Rodríguez-Sáenz, et al. (2009) coinciden en que la logística de exportación de palmito enfrenta importantes desafíos, entre ellos los altos costos operativos, la concentración de la infraestructura portuaria en Guayaquil y la necesidad de mejorar el transporte y el almacenamiento, factores clave para mantener la competitividad del producto.

Por otro lado, Díaz-Sánchez (2021) resalta que la competitividad del palmito ecuatoriano en el extranjero no solo está influenciada por su producción y procesamiento eficaces, sino también por la implementación de estrategias comerciales que faciliten la diversificación de mercados y mejoren la relación calidad-precio del producto. La ausencia de estrategias comerciales robustas ha llevado a fluctuaciones significativas en los volúmenes de exportación, con descensos notables en ciertos años. Entre 2021 y 2022, el volumen de exportaciones disminuyó en más del 40% como resultado de cambios en la demanda y restricciones comerciales. La estructura logística del sector depende mayoritariamente del puerto de Guayaquil, que abarca el porcentaje más alto del flujo de exportación del producto. Esta concentración logística, aunque ha permitido alcanzar un valor alto en términos de eficiencia operativa sobre el volumen, también coloca al sector ante vulnerabilidades como la congestión portuaria, el incremento de los costos de almacenamiento y la alta dependencia de determinadas rutas marítimas (Díaz-Sánchez, 2021).

Si bien en el Ecuador, la producción de palmito ha avanzado de manera constante en las últimas décadas, convirtiéndose en una de las agroindustrias más importantes del país (Cedeño-Ferruzola 2021). Su calidad está directamente relacionada con las prácticas agronómicas en el cultivo. Algunos estudios muestran que la fertilización y el balance de nutrientes del suelo afectan directa y positivamente en el diámetro, textura y sabor, y serán determinantes en la aceptación del palmito en mercados internacionales (Díaz Gutiérrez, 2001). Otros parámetros para considerar son las diferentes técnicas de elaboración, donde la esterilización y el envasado también son fundamentales en el tiempo de vida del producto (Marín-Fonseca et al., 2023). Sin embargo, el proceso industrial de palmito ha mejorado, contribuyendo a poder comercializar

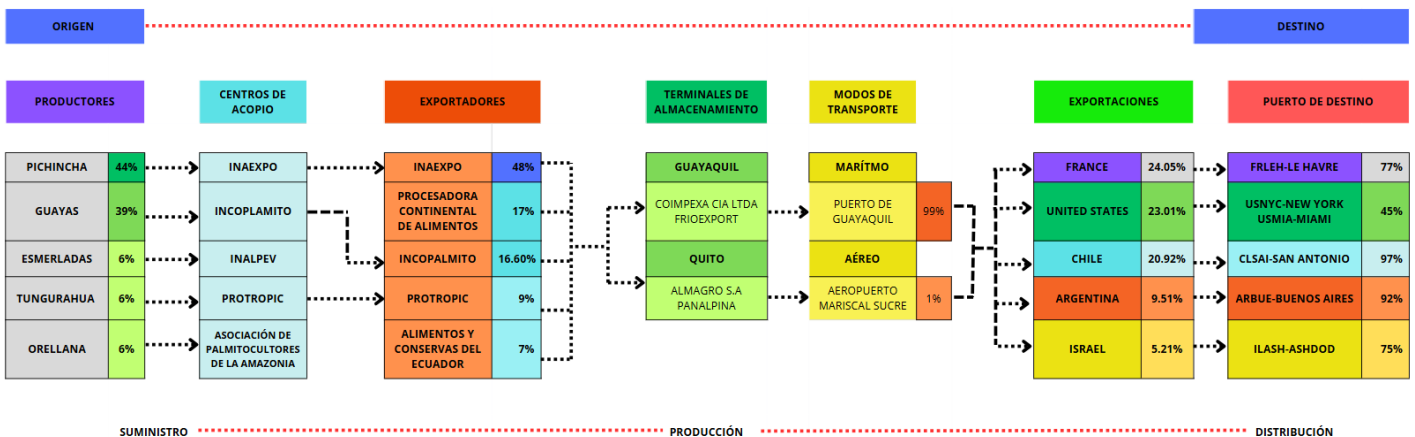


Figura 3. Estructura funcional de la cadena logística del palmito. Fuente: Cobus Group Ecuador (2024).

el producto en el mercado internacional; requiriendo mayor capital que permita aumentar la eficiencia de la cadena productiva.

Por lo tanto, el modelo de producción del palmito en conserva está alineado con los estándares internacionales de calidad. Rodríguez-Ayala (2020) explica que las etapas clave en la producción de palmito en conserva incluyen la selección de la materia prima, la esterilización y envasado, los cuales son fundamentales para asegurar un producto con larga vida útil y adecuado para la exportación. No obstante, los pequeños y medianos productores aún enfrentan el reto de optimizar estos procesos, por cuanto deben hacer frente a elevados costos de certificaciones internacionales, aranceles y una competencia creciente de países como Bolivia y Costa Rica (Rodríguez-Ayala, 2020).

El rendimiento operativo del proceso productivo es un componente decisivo Romero – Corral (2020) demostró que su reestructuración puede reducir significativamente los tiempos de procesamiento y los costos, aumentando la rentabilidad del sector. Este aspecto se ve reforzado por el uso de tecnologías de automatización, que mejoren la sostenibilidad y reducen el desperdicio. Además, la calidad final del producto depende de prácticas agronómicas previas como la fertilización y el acondicionamiento, postcosecha (Chaimsohn et al., 2009), así como el cumplimiento de buenas prácticas agrícolas (Molina-Vera, 2025). En este punto, el papel de los productores en la etapa primaria se torna esencial, ya que sus decisiones afectan directamente la aceptación del producto en los mercados internacionales (Moreno-Valle, 2014). Por consiguiente, la uniformidad en los procedimientos y el uso de la tecnología ayudarán a que el proceso de producción se desarrolle con un menor desperdicio, se garantice la trazabilidad del producto y se alcancen certificados internacionales (Guisao-Giraldo y Zuluaga-Mazo, 2011).

Para cumplir los requisitos relacionados con estándares de seguridad y calidad alimentaria en los mercados de exportación, es importante gestionar adecuadamente la cadena de suministro. El análisis sobre las dificultades logísticas observadas en las exportaciones ecuatorianas pone de relieve que hay que mejorar la infraestructura del transporte y de la distribución internacional de los productos. Mantilla et al. (2023) destacan las dificultades en la logística asociadas con el nivel de gestión y movilización portuaria, los elevados costos de transporte y la dependencia de intermediarios para la comercialización del producto. El alto costo del flete marítimo y la falta de inversión para nuevas rutas de exportación impactan negativamente la competitividad del sector.

En cuanto a la calidad del producto, Chaimsohn, et al. (2009), afirman que el acondicionamiento postcosecha y la fertilización del cultivo son determinantes en la durabilidad del palmito y en su aceptación en los mercados internacionales. Por consiguiente, se observa la necesidad de una mejor gestión de la estrategia logística y de la producción mediante la mejora de la infraestructura, así como una inversión para el desarrollo de las certificaciones que permitan garantizar la sostenibilidad o la trazabilidad del producto.

El palmito es un producto de gran demanda en los mercados internacionales debido a su valor nutritivo y su forma de utilizarse en las técnicas culinarias. La competitividad del sector depende de un adecuado sistema de transporte que pueda proporcionar las exigencias de calidad y la optimización de la distribución (Organización de la Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2023). En este sentido es fundamental analizar la distribución física internacional; para Cardoza-Morales (2020), la eficiencia de la gestión logística en el proceso de exportación resulta determinante en la comercialización del palmito ecuatoriano; el análisis de la exportación hacia mercados internacionales requiere mejorar la infraestructura de almacenamiento y transporte, y llevar a cabo estrategias para reducir los costos logísticos para llegar a márgenes de rentabilidad adecuados; por su parte Herrera- Pimentel y Torres-Girón (2021) afirman categóricamente que la capacidad de producción debe ir de la mano de las consumos globales y las regulaciones de salida para evitar la incertidumbre de sobreproducción o desperdicios de recursos. En esa misma línea, Porter (1985) y Roso y Millares (2014) subrayan que una adecuada planificación logística y de distribución permite reducir tiempos, optimizar infraestructuras y mejorar la competitividad del producto en mercados exigentes.

En el ámbito internacional, Ecuador se enfrenta a una competencia creciente con otros países exportadores de palmito. Bolivia, por su parte ha diversificado sus mercados, y actualmente exporta a 12 países, como Japón (Opinión Bolivia, 2024). Por el contrario, el Perú ha apuntado a incrementar sus exportaciones hacia Francia y los Estados Unidos, lo que deja patente que Ecuador tiene que reforzar sus estrategias comerciales para mantener su liderazgo en el palmito (Agraria.pe, 2024). Por su parte Chávez-Ramírez (2021) lleva a cabo un análisis comparativo entre Ecuador y Perú, concluyendo que el país vecino ha ampliado sus mercados por la existencia de estrategias comerciales más flexibles y una infraestructura logística más descentralizada. Molina-Vera (2025) destaca que la exportación de palmito a Bélgica,

dentro del Tratado de Libre Comercio (TLC) entre Ecuador y la Unión Europea, presenta oportunidades importantes, pero también enfrenta problemas de regulación y costos logísticos.

Por consiguiente, es importante considerar que Ecuador conserva el liderazgo internacional en la sigue en la comercialización de palmito, pero tiene problemas logísticos y comerciales que inciden negativamente en su competitividad. La dependencia del puerto de Guayaquil, los altos costos logísticos que inciden, la necesidad de diversificación de mercados son puntos que necesita mejorar; así como también trabajar en incorporar certificaciones internacionales y mejorar la capacidad de integración de productores locales en los eslabones estratégicos del proceso productivo para poder asegurar que el sector cuenta con niveles de estabilidad. En este contexto es fundamental la búsqueda de nuevos destinos de exportación, como Asia y el Medio Oriente, que son fundamentales para reducir la dependencia de mercados como Francia y Estados Unidos.

Finalmente, la logística en Latinoamérica ha sido un factor esencial para el rendimiento logístico de los productos agroindustriales. Calatayud y Montes (2021) afirman que, en la región, los gastos logísticos suponen entre un 18% y un 35% del precio final del producto, cantidad que es muy superior a los gastos de logística de los países desarrollados. Sostienen que la renovación de la infraestructura portuaria y la digitalización de los procesos aduaneros son herramientas que pueden contribuir a mejorar la competitividad del sector agroexportador, entre otros, la industria del palmito.

Conclusiones

Ecuador ha llegado a posicionarse como el mayor exportador de palmito a nivel internacional, pero presentan una clara dependencia logística del puerto de Guayaquil. En el periodo 2019 – 2024, exportó 169.406,76 TM de palmito, posicionándose como el mayor productor mundial en la producción de este producto. Sin embargo, la gran mayoría de estas exportaciones, más de un 95% salieron por el Puerto de Guayaquil, lo que supone una gran concentración logística. Esta particular dependencia hace que el sector sea más vulnerable a congestiones de puerto, mayores costos de flete marítimo, entre otros riesgos o desigualdades a la hora de acceder a nuevos mercados, que podrían tener rutas alternativas. Si bien esta concentración puede generar eficiencias operativas, a la vez puede llevar a una falta de resiliencia del sector, ante interrupciones logísticas o cambios normativos en dicha infraestructura.

Las exportaciones de palmito del Ecuador son inestables y muestran un descenso importante de las exportaciones desde el año 2021 a 2022, alcanzando su máximo histórico en 2020, con 62.948 TM, y posteriormente con 50.010 TM en 2023, lo cual significa un decremento del 20,5% con respecto a 2020. La mayor caída se presenta entre 2021 (56.814 TM) y 2022 (56.181 TM) que contrariamente ha tenido decremento del 1,1% como consecuencia de la pandemia, cambios en la demanda internacional y las restricciones comerciales establecidas por el sector mencionado. En el año 2024, se tiene un ligero incremento del año 2023, con 55.994 TM, pero sin haber recuperado el nivel anterior a la caída, por lo que se refleja la sensibilidad del mercado a condiciones externas y las dificultades de implementar herramientas que alcancen una armonización de los niveles de producción y consumo.

El alto grado de concentración en el mercado exportador pone de manifiesto una baja diversidad en productos exportados. El estudio mostró un alto grado de concentración en el mercado exportador donde tres empresas concentran la mayor parte de las exportaciones: INAEXPO C.A. 48.2%; Procesadora Continental de Alimentos S.A. 16.6% e INCOPALMITO S.A. 15.9%. Las tres empresas mencionadas representan un total del 80.6% del total del exportado entre 2019 y 2024, mientras que las demás empresas presentan un pequeño porcentaje de la participación. Esto muestra un bajo nivel de competitividad y un escaso desarrollo del sector, puesto que muchos pequeños y medianos productores no cuentan con el aprovechamiento de redes logísticas adecuadas, certificaciones internacionales e, incluso, financiamiento.

El riesgo de producto del sector se presenta ante los mercados destino concentrados. Los países de destino que recibieron más exportaciones fueron: Francia (24%), Estados Unidos (23%), Chile (20%). Estos tres países juntos alcanzaron un total del 67% del total exportado, dejando así al sector vulnerable a cambios legales, normas sanitarias, crisis económicas de los mercados de destino, entre otros. El sector también requiere potenciar estrategias de diversificación del destino, en particular, hacia Asia y Oriente Medio, donde hay mayor potencial de crecimiento y, de esa manera, menor exposición de la vulnerabilidad del comerciante.

Otro aspecto relevante identificado es la necesidad de fortalecer la articulación entre productores, intermediarios y exportadores para garantizar una cadena de suministro más eficiente. La falta de integración entre estos actores genera ineficiencias en el almacenamiento, transporte y distribución del palmito, lo que podría reducir los estándares de calidad del producto

final. La implementación de sistema de gestión logística más avanzados, junto con la adopción de herramientas digitales para el control operativo constante, permitiría reducir pérdidas, mejorar la planificación de envíos y aumentar la competitividad del sector en el comercio internacional.

Agradecimientos

Agradecemos a nuestros estudiantes quienes contribuyeron al desarrollo de este trabajo. Gracias a su valiosa colaboración alcanzamos de nuestros objetivos.

Contribución de los autores

Conceptualización: Blanca Liliana Montenegro Obando; metodología: Iván Alirio Realpe Cabrera; investigación: Blanca Liliana Montenegro Obando y Lorena Elizabeth Ruano Enríquez; redacción y preparación del borrador original: Blanca Liliana Montenegro Obando y Lorena Elizabeth Ruano Enríquez; redacción, revisión y edición: Iván Alirio Realpe Cabrera.

Fuente de financiamiento

Esta investigación no recibió financiamiento externo.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Referencias

- Agraria.pe. (27 de septiembre de 2024). *Estados Unidos y Francia fueron los principales destinos del palmito despachado por Perú en agosto de este año*. <https://agraria.pe/boletin/2024-09-27>
- Calatayud, A., y Montes, L. (Eds.). (2021). *Logística en América Latina y el Caribe: oportunidades, desafíos y líneas de acción*. Banco Interamericano de Desarrollo. <https://publications.iadb.org/es/logistica-en-america-latina-y-el-caribe-opportunidades-desafios-y-lineas-de-accion>
- Cardoza Morales, W. T. (2020). *Plan de internacionalización de palmitos en conserva a Canadá* [Tesis de Maestría, UPF Barcelona School of Management]. <https://repositori.upf.edu/handle/10230/45762>
- Cedeño Ferruzola, K. Y. (2021). *Análisis de las exportaciones de palmito y su incidencia en la balanza comercial no tradicional del Ecuador* [Trabajo de Grado, Universidad Agraria del Ecuador]. <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/CEDEÑO%20FERRUZOLA%20KARLA%20YHANINA.pdf>
- Chaimsohn, F., de la Asunción Romero, R., Mora Urpí, J., y Villalobos-Rodríguez, E. (2009). *Calidad del palmito en función de la fertilización y del acondicionamiento poscosecha*. *Revista Agronomía Mesoamericana*, 20(2), 195-209. <https://doi.org/10.15517/am.v20i2.4937>
- Chávez Ramírez, J. D. (2021). *Análisis comparativo de las exportaciones de palmito de Ecuador y Perú hacia el mercado de Francia* [Tesis de Grado, Universidad Agraria del Ecuador]. <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/CHAVEZ%20RAMIREZ%20JESUS%20DANIEL.pdf>
- Díaz Gutiérrez, C. (2001). *Perfil del Mercado Nacional e Internacional del Palmito*. Dialnet. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5198823>
- Díaz Sánchez, S. G. (2021). *Estrategias comerciales para incrementar la exportación de palmito en conserva hacia el mercado de Francia de la empresa Agro Industrial San Pedro S.A.C. Tarapoto, 2018–2021* [Tesis de Licenciatura, Universidad Señor de Sipán]. <https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/9224>
- García, L., y Pérez, M. (2021). *Desafíos logísticos en la exportación de productos agroindustriales en Ecuador*. *Revista de Comercio Exterior*, 35(2), 45-58. <https://www.revistacomercioexterior.com/articulo/desafios-logisticos-ecuador>
- Gómez, R., y Martínez, S. (2022). *Estrategias para la mejora de la competitividad en la cadena de suministro del palmito ecuatoriano*. *Journal of Supply Chain Management*, 28(4), 102-115. <https://www.journalofsupplychainmanagement.com/articles/estrategias-mejora-competitividad-cadena-suministro-palmito-ecuadoriano>
- Guisao Giraldo, É. Y., y Zuluaga Mazo, A. (2011). *Distribución física internacional (DFI). Caso de aplicación a productos de panela pulverizada - Biopanela*. *Revista Escuela de Administración de Negocios*, (70), 157–165. <https://doi.org/10.21158/01208160.n70.2011.540>
- Herrera Pimentel, A. A., y Torres Girón, M. K. (2021). *Exportación y capacidad de producción de palmito a los mercados internacionales en el periodo 2014-2020* [Tesis de Licenciatura, Universidad César Vallejo]. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/66919>
- Mantilla Centeno, F. A., Altamirano Flores, J. E., & Vásquez Bernal, J. V. (2023). *Análisis de los retos logísticos de las exportaciones ecuatorianas hacia Colombia en el periodo 2009 al 2019*. *Revista UDA Akadem: Pensamiento Empresarial*, 12(1), 225-239. <https://doi.org/10.33324/udaakadem.vi12.675>
- Marín Fonseca, A., Víquez Barrantes, D., y Cordero García, M. (2023). *Efecto del procesamiento del queso Palmito sobre sus características sensoriales y nivel de agrado*. *Revista Agronomía Mesoamericana*, 34(3), e52409. <https://doi.org/10.15517/am.2023.52409>
- Mendoza, F., y Castillo, G. (2018). *Incidencia de las exportaciones de palmito en la balanza comercial no tradicional de Ecuador*. *Economía y Desarrollo*, 30(1), 89-103. <https://ejemplo.com/articulo-mendoza-castillo-2018>
- Ministerio de Comercio Exterior y Turismo del Perú. (2008). *Perfil del Palmito*. <https://boletines.exportemos.pe/recursos/boletin/Perfil%20Palmito%202008.pdf>
- Ministerio de Producción, Comercio Exterior, Inversiones y Pesca. (2019). *El SGP de los Estados Unidos: relevancia para el Ecuador*. Recuperado de <https://www.produccion.gob.ec/wp-content/uploads/2019/06/Informe-SGP-con-Estados-Unidos-20-oct-final.pdf>
- Molina Vera, A. (2025). *Oportunidades y desafíos para la exportación de palmito en conserva ecuatoriano a Bélgica en el contexto del TLC suscrita en 2020* [Tesis de Grado, Universidad de Guayaquil]. <https://repositorio.ug.edu.ec/bitstreams/b45edb5f-3a22-4e2f-9139-c1d9e5172fef/download>
- Moreno Valle, S. (2014). *Caracterización de los primeros eslabones de la cadena de suministro del palmito ecuatoriano en el noroccidente del país* [Tesis de Grado, Universidad

- San Francisco de Quito]. <https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/3861/1/112547.pdf>
- Muñoz Ordóñez, D. A. (2021). *Análisis de mercados para la exportación de palmito ecuatoriano* [Tesis de licenciatura, Universidad del Azuay]. <https://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/11200>
- Opinión Bolivia. (30 de junio de 2024). *De La Selva exporta palmitos bolivianos a 12 países, incluido Japón*. <https://www.opinion.com.bo/articulo/revista-asi/tropico-mundo-selva-exporta-palmitos-bolivianos-12-paises/20240630000056949135.html>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2023). *Perspectivas del mercado agroalimentario en América Latina*. FAO. <https://www.fao.org/3/cc1234es.pdf>
- Porter, M. E. (1985). *Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance*. Free Press.
- Rodríguez Ayala, J. E. (2020). *Plan de exportación de palmito en conserva a Francia para la Hacienda "El Moral" durante el periodo 2020-2021* [Tesis de Grado, Instituto Superior Tecnológico de Formación Profesional Administrativa y Comercial]. <https://repositorio.istfpac.edu.ec/handle/123456789/1234>
- Rodríguez Sáenz, D., Cruz, C., & Lam, F. (2009). *Logística para la exportación de productos agrícolas frescos y procesados*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. <https://repositorio.iica.int/handle/11324/7715>
- Romero Corral, R. A. (2020). *Propuesta para el rediseño de la línea de producción de conservas de corazones de palmito en una empresa agroindustrial*. *Revista Polo del Conocimiento*, 5(8), 1079-1094. <https://doi.org/10.23857/pc.v5i8.1645>
- Roso, V., y Miralles, J. (2014). *Concepto y evolución de la función logística*. *Revista de Ciencias Sociales*, 20(2), 123-138. <https://doi.org/10.1234/recs.v20i2.5678>

Artículo de investigación

El simbolismo cultural de las marcas de textiles y su relación con la conexión marca-yo en la provincia de Imbabura

The cultural symbolism of textile brands and its relation to brand-self connection in Imbabura Province

Jarol Jampier Fuel Toapanta , Katherine Johana Rodríguez Escobar , Félix Wilmer Paguay Chávez 

Fecha de recepción: 13/05/2025

Fecha de aceptación: 02/06/2025

Fecha de publicación: 30/06/2025

Resumen

Una marca trasciende en su función comercial y se convierte en símbolo cultural, al reflejar valores, tradiciones e identidad de la comunidad. De este modo, el artículo forma parte del proyecto de investigación "Relaciones consumidor-marca en la Zona I del Ecuador" de la de la Universidad Politécnica Estatal del Carchi y tiene como objetivo analizar el simbolismo cultural de las marcas del sector textil y su relación con la conexión marca-yo en la provincia de Imbabura, tomando como objeto de estudio a la marca "Andino Artesanías". El enfoque metodológico aplicado fue cuantitativo, de tipo exploratorio, descriptivo y correlacional, la técnica de investigación es una encuesta estructurada mediante una escala de Likert, que se aplicó a 384 consumidores de la marca. Los resultados muestran una correlación positiva de $R=0,579$, evidenciando que los consumidores se identifican con una marca, cuando esta conecta con símbolos representativos de una localidad, es decir que la marca va más allá de ofrecer un simple producto y se convierte en un símbolo cultural que refuerza el sentido de pertenencia de los consumidores. Se concluye que de acuerdo a la percepción de los consumidores que la marca de textil "Andino Artesanías" incorpora de manera moderada símbolos culturales que fortalecen vínculos con valores y tradiciones de la provincia de Imbabura, llegando a promover la lealtad del consumidor.

Palabras clave: Simbolismo cultural. Conexión marca-yo. Marketing cultural.

Abstract

A brand transcends its commercial function and becomes a cultural symbol, reflecting the values, traditions, and identity of the community. In this sense, this article is part of the research project "Consumer-brand relations in Zone I of Ecuador" by the Carchi State Polytechnic University. Its objective is to analyze the cultural symbolism of brands in the textile sector and their relationship with the brand-self connection in the province of Imbabura, taking the brand "Andino Artesanías" as its object of study. The methodological approach applied was quantitative, exploratory, descriptive, and correlational. The research technique was a structured survey using a Likert scale, which was applied to 384 consumers of the brand. The results show a positive correlation of $R=0.579$, demonstrating that consumers identify with a brand when it connects with symbols representative of a locality, i.e., the brand goes beyond offering a simple product and becomes a cultural symbol that reinforces consumers' sense of belonging. It is concluded that, according to consumer perception, the textile brand "Andino Artesanías" moderately incorporates cultural symbols that strengthen ties with the values and traditions of the province of Imbabura, thereby promoting consumer loyalty.

Keywords: Cultural symbolism. Brand-self connection. Cultural marketing.

Introducción

En un entorno de mercados globalizados, las marcas no solo buscan diferenciarse por sus atributos funcionales, sino también por su capacidad para representar significados culturales que fomenten una conexión emocional con los consumidores. La construcción de marcas icónicas requiere la integración de elementos simbólicos que trasciendan lo comercial y se consoliden como referentes culturales dentro de una sociedad (Keller, 2008). No obstante, diversas investigaciones han evidenciado que muchas marcas no logran esta consolidación debido a una desconexión con las identidades locales y las expectativas de autenticidad de los consumidores (Torelli et al. 2021).

En este contexto, el presente estudio analiza la relación entre el simbolismo cultural de las marcas del sector textil y la conexión marca-yo en la provincia de Imbabura. A pesar de su rica tradición textil y artesanal, muchas marcas locales no han alcanzado un estatus icónico cultural que les permita competir con marcas extranjeras que poseen narrativas simbólicas más consolidadas. El simbolismo cultural de una marca se refiere a la manera en que esta refleja, incorpora y refuerza valores e identidades compartidas dentro de una comunidad, desempeñando un rol fundamental en la construcción de significados y la lealtad del consumidor (Torelli et al. 2021).

Desde una perspectiva teórica, este estudio se fundamenta en la Teoría de la Autoverificación y el Modelo Cultural Equity, los cuales postulan que los consumidores establecen vínculos con marcas que reflejan valores y significados alineados con su identidad personal (Escalas y Bettman, 2005). A partir de ello, se busca evaluar el nivel de simbolismo cultural percibido en las marcas textiles de Imbabura y su impacto en la conexión marca-yo, con el fin de determinar su influencia en la identificación y lealtad del consumidor.

De esta manera, los resultados de esta investigación contribuirán al conocimiento teórico sobre la relación entre simbolismo cultural y conexión marca-yo, además de proporcionar insumos estratégicos para el fortalecimiento del branding en el sector textil ecuatoriano. Asimismo, los hallazgos podrán orientar el desarrollo de políticas y programas dirigidos a mejorar la competitividad y sostenibilidad de la industria textil en Imbabura, promoviendo una identidad de marca que potencie su diferenciación en un mercado cada vez más globalizado.

Marco Teórico

Teoría de la autoverificación

Para comprender la relación entre el simbolismo cultural y la conexión marca-yo, es esencial partir de la

Teoría de la Autoverificación, propuesta por William B. Swann Jr. en 1983. Esta teoría sostiene que los individuos buscan interacciones y entornos que confirmen sus percepciones sobre sí mismos (Swann, 2012). Este principio se aplica en el ámbito del consumo, donde las personas tienden a elegir marcas que refuercen su identidad y autoconcepto (Benítez, 2022).

Además, Cogollo et al. (2015), consideran que la autoestima influye en la preferencia de marca. Quienes poseen alta autoestima tienden a identificarse con marcas alineadas a sus valores, mientras que aquellos con una baja autoestima buscan validación externa a través del consumo (Baumeister y Leary, 1995). Desde este enfoque, la Teoría de la Autoverificación plantea que los consumidores tienden a preferir aquellas marcas que validan y refuerzan su autoconcepto, facilitando así el establecimiento de un vínculo coherente entre su identidad personal y la marca seleccionada (Talaifar & Swann, 2017).

Marca y su tipología

La marca no solo cumple la función de identificación comercial, sino que también representa un conjunto de significados simbólicos que influyen en la percepción y preferencia del consumidor (Gallart-Camahort et al. 2019). Se distinguen dos tipos:

Marca hedónica: Se centra en la generación de experiencias emocionales, estableciendo conexiones significativas con la identidad cultural del consumidor. Keller (2008) señala que estas marcas no solo ofrecen productos, sino experiencias que refuerzan la autoimagen y la identidad social.

Marca utilitaria: Se caracteriza por su énfasis en la funcionalidad y calidad del producto, priorizando los beneficios prácticos para el consumidor (Kotler y Armstrong, 2018).

Simbolismo cultural

El simbolismo cultural en las marcas hace referencias a la incorporación de signos, colores, formas y elementos que comunican significados relacionados con identidad, tradiciones y valores que son compartidos por una comunidad (Fuel y Rodríguez, 2025). De este modo, los símbolos se conectan con los consumidores al evocar recuerdos, costumbres e historias. Por tanto, el simbolismo no solo se limita en la simple representación de elementos tradicionales, sino que también implica en la reinterpretación de estos para alinearlos con los valores e historias que forman parte de la cultura de los consumidores.

En el ámbito del marketing, el simbolismo cultural es fundamental en la creación de marcas significativas dentro de una comunidad. Este enfoque permite

trascender de su función utilitaria para convertir en marcas portadoras de identidades culturales y significados profundos generando la lealtad y compromiso de los consumidores (Gutiérrez et al. 2024). Por tanto, según Torelli et al. 2021 la integración del simbolismo cultural en las marcas se trata de fortalecer la identidad de los consumidores.

Asociación con la cultura: Esta dimensión se refiere a la conexión que se genera entre elementos simbólicos de una marca con la cultura de una comunidad (Torelli y Stoner, 2015). Un símbolo cultural puede representar la historia, las costumbres, las creencias o los valores de un grupo de personas. Cuando una marca incorpora estos símbolos, se está asociando con los significados culturales y estos se convierten en parte de la identidad de la marca.

Incorporación de imágenes culturales abstractas: Se refiere a la manera en que las marcas transforman y reinterpretan los símbolos culturales para hacerlos más comprensibles y funcionales en diferentes contextos sin perder su significado original. En el contexto de las marcas, en lugar de utilizar representaciones literales, estiliza, simplifica o adapta elementos visuales tradicionales para integrarlos en su identidad gráfica (Torelli et al. 2021). Estos símbolos tienen la capacidad de evocar valores, creencias y emociones vinculadas a una determinada cultura.

Integración en la red de conocimiento: Esta dimensión se enfoca en como un símbolo o una marca se vuelve parte del conocimiento compartido de una comunidad. No solo se trata de usar elementos culturales; sino que se conecte con historias, experiencia y significados profundos que refuerce la identidad del consumidor. Por lo tanto, cuando una persona asocia a un producto con la historia, su familia o con su cultura se genera un vínculo fuerte (Gutiérrez et al. 2024).

Conexión marca-yo

La conexión marca-yo es un fenómeno psicológico en el que los consumidores establecen relaciones emocionales y simbólicas con las marcas que consideran una extensión de su identidad (Escalas y Bettman, 2005). Este vínculo se desarrolla a través de dos dimensiones fundamentales:

Asociación con la identidad del consumidor: Aaker (2012) sostiene que las marcas tienen el potencial de reflejar y reforzar los valores individuales del consumidor, influyendo en sus decisiones de compra.

Incorporación de la marca en el autoconcepto: Una marca puede integrarse al autoconcepto de una persona cuando logra generar una lealtad y preferencia duraderas, convirtiéndose en una extensión de su identidad.

Cultural equity

De acuerdo con Torelli et al. (2021) el modelo explica la relación que existe entre la incorporación de símbolos en las marcas y el resultado que se genera en la percepción del consumidor; es decir se indica la forma en que las marca se convierte en culturalmente simbólicas al alinearse con conceptos culturales, integrar imágenes abstractas y valores. Este modelo está estructurado con dos aspectos.

El aspecto de conocimiento que permite comprender como la marca llega a conectar con el consumidor y se basa en tres dimensiones del simbolismo cultural: la asociación con la cultura, incorporación de imágenes culturales abstractas y la integración en la red de conocimiento. Mediante el análisis de estas, se puede llegar a identificar los diferentes elementos culturales que generan vínculos con los consumidores. Además de orientar a la marca en la forma de cómo se incorpora elementos representativos de una cultura, para que esta se convierta en un ícono cultural (Fuel y Rodríguez, 2025). Por otro lado, el aspecto de resultado indica las respuestas que tienen los consumidores sobre las marcas, además se incluye la evaluación de la marca y la conexión marca-yo.

Métodos

La presente investigación se desarrolló mediante un enfoque cuantitativo y experimental, con la finalidad de evaluar los niveles de simbolismo y conexión marca-yo. Además, se adaptaron tres tipos de investigación: exploratoria, descriptiva y correlacional.

La investigación exploratoria permite obtener información preliminar sobre las variables y delimitar las fases de la investigación. Además, la investigación descriptiva, se la utilizo con la finalidad de detallar las características, dimensiones y vínculos culturales entre las marcas de textiles y la identidad personal de los consumidores. En cuanto, a la investigación correlacional se la utilizó para evaluar cuantitativamente la relación y asociación entre variables, para poder comprender como ciertos factores culturales o comportamientos influyen en la identidad del consumidor y generan una conexión entre marca y consumidor (Arias, 2012).

El método deductivo, se utilizó para obtener conceptos generales sobre las variables simbolismo cultural y conexión marca-yo, a partir de esto se plantean y verifican dos hipótesis. La alternativa (H_1) menciona que el simbolismo cultural de las marcas de textiles si tiene relación con la conexión marca-yo en la provincia de Imbabura, y la nula (H_0) indica que el simbolismo cultural de las marcas de textiles no tiene relación con la conexión marca-yo en la provincia de Imbabura.



Figura 1. Comparativa visual de logotipos textiles con simbolismo cultural.

Para la obtención de los datos numéricos se utilizó un cuestionario estructurado en dos bloques, el primero corresponde al simbolismo cultural, los ítems se tomaron de los autores Torelli, Stoner y Oh, Hyewon y para la variable conexión marca-yo se tomó los ítems de Escalas y Bettman; estos se evaluaron mediante escala del Likert y se aplicó a una muestra de 384 consumidores de las marcas de textiles de la provincia de Imbabura (Hernández *et al.* 2014).

En cuanto, a la selección de la marca de textil, se obtuvo de la página de la Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros, una base de datos de 28 compañías económicamente activas del sector textil

(SuperCias, 2024). Posteriormente, se identificaron las compañías que dentro del logotipo de la marca incorporan elementos simbólicos representativos de la provincia; una vez descartada las marcas que no cumplen con este parámetro, se obtuvo un listado de 8 marcas (véase en la **Figura 1**) y se realizó una encuesta a 100 consumidores de textiles, esto con la finalidad de seleccionar la marca que es más reconocida en el mercado textil y tiene presentes elementos simbólicos de la cultura. Es por ello que, con un 24% la marca “Andino Artesanías” tiene mayor percepción de simbolismo cultural, tal como se indica en la **Tabla 1**.

Finalmente, para el análisis estadístico de los datos se utilizó el software IBM SPSS y mediante la regresión lineal se pudo demostrar la correlación entre el simbolismo cultural y la conexión marca-yo, esto con la finalidad de comprobar la hipótesis alternativa o nula anteriormente planteadas. Además, para analizar las perspectivas de los consumidores de acuerdo a los datos demográficos sexo, escolaridad y etnia, se realizó el cálculo de medias aritméticas, lo que permitió obtener una fácil comprensión en los datos numéricos.

Tabla 1. Selección de la marca textil.

Marca	Total
Aly Textiles	7%
Andino Artesanías	24%
Emprenor S.A.	19%
Fábrica Artica Textil	19%
Karmam	6%
Kaypitex S.A.S.	3%
Tejidos Anahí	4%
Tejidos CAMM	18%
Total	100%

Nota. Esta tabla indica los porcentajes para la selección de la marca más representativa en la provincia de Imbabura.

Resultados y discusión

En marketing, el simbolismo cultural implica la incorporación de elementos representativos de una cultura en la identidad de una marca, reforzando su autenticidad y resonancia sociocultural. Esta integración favorece la conexión marca-yo, al alinear la identidad del consumidor con la propuesta simbólica de la marca. El presente estudio analiza la relación entre estas variables y su influencia en la percepción y preferencia del consumidor.



Figura 2. Marca Andino Artesanías.

Descripción de la marca “Andino artesanías”

La marca Andino Artesanías como se indica en la Figura 1 incorpora elementos icónicos en su logotipo, los cuales son la estrella con una espiral en el centro que significa el ciclo de la vida y la conexión con el universo. De igual manera la Chakana o Cruz Andina, es un símbolo escalonado que representa lo espiritual, además de los cuatro elementos de la naturaleza. Además, las llamas, son un animal representativo de la cultura de Imbabura. Asimismo, su pelaje se lo utilizaba para la elaboración de los textiles. Por último, su nombre tiene dos palabras que se relaciona con la cultura andina, como también con las artesanías que desarrollan dentro de la provincia de Imbabura (Fueh y Rodríguez , 2025).

Simbolismo cultural de la marca

Este estudio analiza el simbolismo cultural de la marca “Andino Artesanías”, y las diferencias de percepción por sexo sobre su relación con la identidad y valores

de Imbabura, ilustrados en la Figura 3. Las percepciones sobre la asociación de la marca con la cultura de Imbabura varían ligeramente entre sexos, aunque mantienen niveles similares en la mayoría de las afirmaciones. La mejor valorada, “La marca está asociada con la cultura de la provincia”, obtuvo promedios de 5,56 en el sexo femenino y 5,51 en el masculino, reflejando una fuerte conexión con la identidad cultural. Según Kotler y Keller (2020), la fortaleza de una marca radica en su alineación con los valores culturales, lo que parece cumplirse en este caso.

Sin embargo, la asociación con la bandera de Imbabura muestra una menor puntuación de 3,89 en el sexo femenino y 3,62 en el masculino, indicando una conexión simbólica débil. Según Sheen y Arbaiza (2020) destacan que integrar símbolos locales es fundamental para fortalecer la identidad de marca y el sentido de pertenencia. Además, se observa que las mujeres presentan valoraciones ligeramente más altas, lo que coincide con Aaker (2012), quien señala que las mujeres tienden a desarrollar vínculos más fuertes con marcas culturalmente significativas.

En conclusión, aunque la marca es percibida positivamente en términos de identidad cultural, debe reforzar su vínculo con símbolos oficiales como la bandera. De igual forma, Chaves (2003) afirma que una marca debe reflejar de forma coherente su identidad simbólica, lo que implica que su expresión visual esté alineada con su narrativa cultural.

La Figura 4 muestra la percepción de distintos grupos étnicos sobre la asociación de una marca con la cultura de Imbabura. Según Kotler y Keller (2020), la percepción de una marca depende de su alineación con los valores culturales del consumidor. En este estudio, la etnia indígena muestra la percepción más

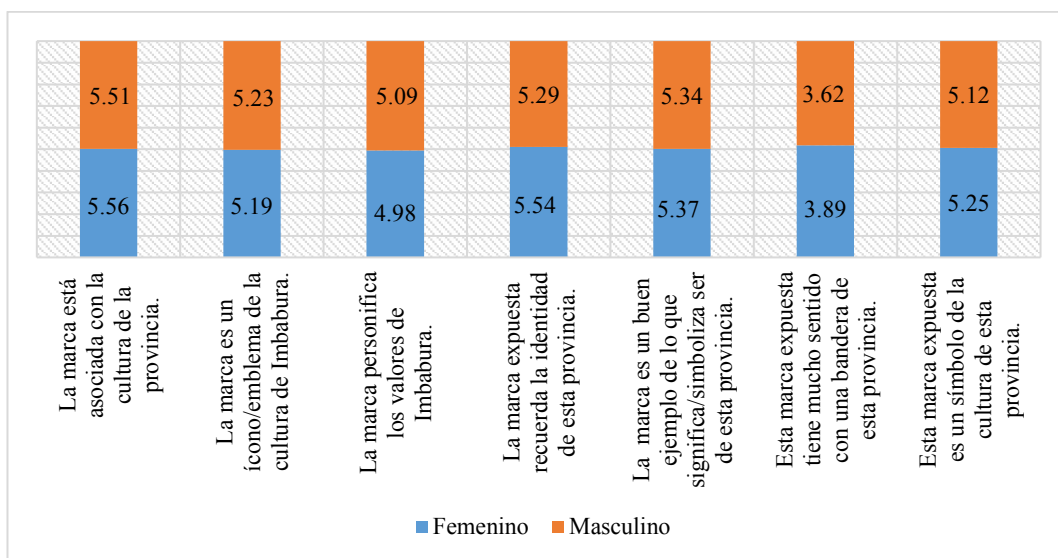


Figura 3. Perspectiva del simbolismo cultural con respecto al sexo.

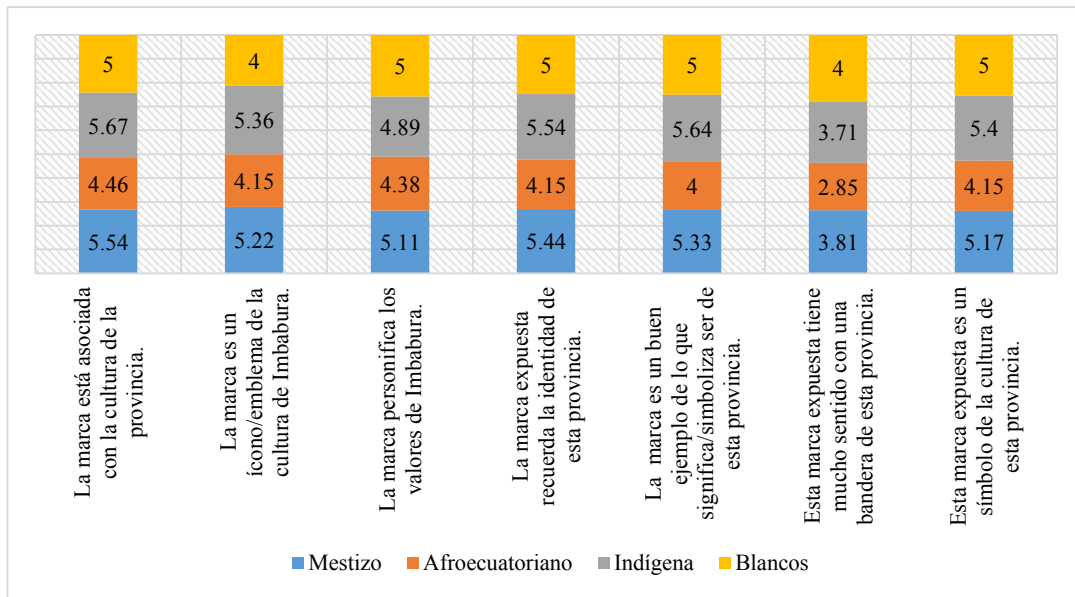


Figura 4. Perspectiva del simbolismo cultural con respecto a la autodeterminación étnica.

alta de la marca con un promedio de 5,54, asociándola con la identidad de la provincia. Los mestizos también la valoran positivamente con un 5,17, mientras que la etnia afroecuatoriana presenta la puntuación más baja de 2,85, lo que podría indicar una falta de representación cultural (Holt, 2004).

Los blancos reflejan una percepción intermedia. Estas diferencias sugieren una oportunidad para fortalecer la inclusión de los grupos menos representados, lo que, según Cisneros (1988), mejora la percepción y equidad de la marca.

La Figura 5 presenta la percepción de la asociación de la marca "Andino Artesanías" con la cultura de

Imbabura, según el nivel de escolaridad. Los resultados indican que el nivel de escolaridad influye en la percepción cultural de la marca, grupos con mayor educación tienden a otorgar puntuaciones más altas, especialmente en afirmaciones sobre identidad y valores provinciales. Esto sugiere que la educación facilita la interpretación del simbolismo cultural de la marca (Santamaría, 2014). Aunque los niveles educativos más bajos presentan puntuaciones ligeramente menores, la percepción general es positiva. La formación educativa actúa como capital cultural que amplía la capacidad de los individuos para interpretar y asignar significado a los símbolos presentes en su entorno (Bourdieu, 1986). Sin

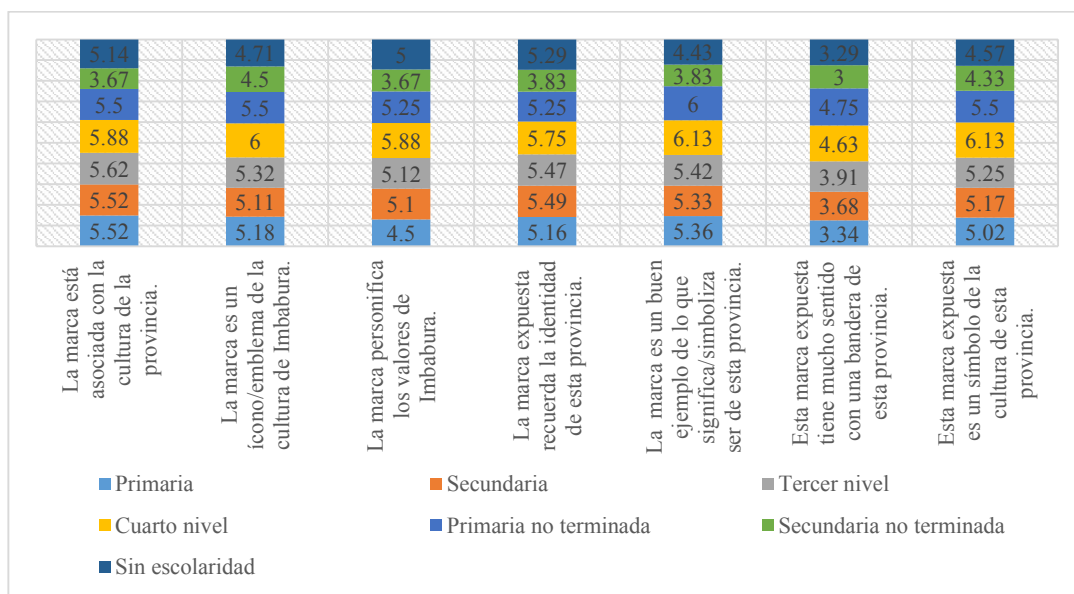


Figura 5. Perspectiva del simbolismo cultural con respecto a la escolaridad.

Tabla 2. Baremo de la variable Simbolismo cultural.

Niveles	Intervalos
Bajo	1,57 - 4,64
Medio	4,65 - 5,64
Alto	5,65 - 7,00

Nota. Los intervalos se calcularon, utilizando los percentiles 30 y 70, para clasificar los niveles en bajo, medio y alto.

Tabla 3. Percepción de los consumidores con respecto al simbolismo cultural.

Pregunta	Media
1. La marca está asociada con la cultura de la provincia.	5,53
2. La marca es un ícono/emblema de la cultura de Imbabura.	5,21
3. La marca personifica los valores de Imbabura.	5,03
4. La marca expuesta recuerda la identidad de esta provincia.	5,42
5. La marca es un buen ejemplo de lo que significa/simboliza ser de esta provincia.	5,35
6. Esta marca expuesta tiene mucho sentido con una bandera de esta provincia.	3,75
7. Esta marca expuesta es un símbolo de la cultura de esta provincia.	5,18
Nivel de simbolismo cultural	5,070

Nota. Medias aritméticas en relación a la variable independiente.

embargo, la menor conexión en estos grupos podría deberse a una menor exposición a mensajes de marketing (Kotler y Keller, 2020).

Nivel de simbolismo cultural

Para determinar el nivel de simbolismo cultural, se empleó un baremo que facilita la interpretación de los datos de la escala de Likert y su clasificación en tres niveles: bajo, medio y alto, como se muestra en la **Tabla 2**. Según Montañez y Palma (2024), esta metodología garantiza una evaluación estructurada y objetiva, alineada con los objetivos del estudio.

Definidos los intervalos de clasificación, se analiza la variable independiente para evaluar la percepción de los consumidores sobre la marca “Andino Artesanías”.

La **Tabla 3** muestra una media general de 5,070, lo que indica que los consumidores perciben a “Andino Artesanías” como un reflejo de los valores y tradiciones de la provincia. Las afirmaciones mejor valoradas fueron: “La marca está asociada con la cultura de la provincia” con un 5,53, “La marca recuerda la identidad de esta provincia” un 5,42 y “La marca simboliza lo que significa ser de esta provincia” un 5,35, resaltando su fuerte vínculo cultural.

En contraste, la afirmación “Esta marca tiene sentido con la bandera de la provincia” obtuvo la puntuación más baja de 3,75, lo que sugiere que los elementos visuales explícitos no son tan relevantes para los encuestados. Esto respalda la idea de Torelli *et al.* (2021) de que las marcas culturalmente relevantes reflejan valores intangibles. Sin embargo, Gutiérrez *et al.* (2024)

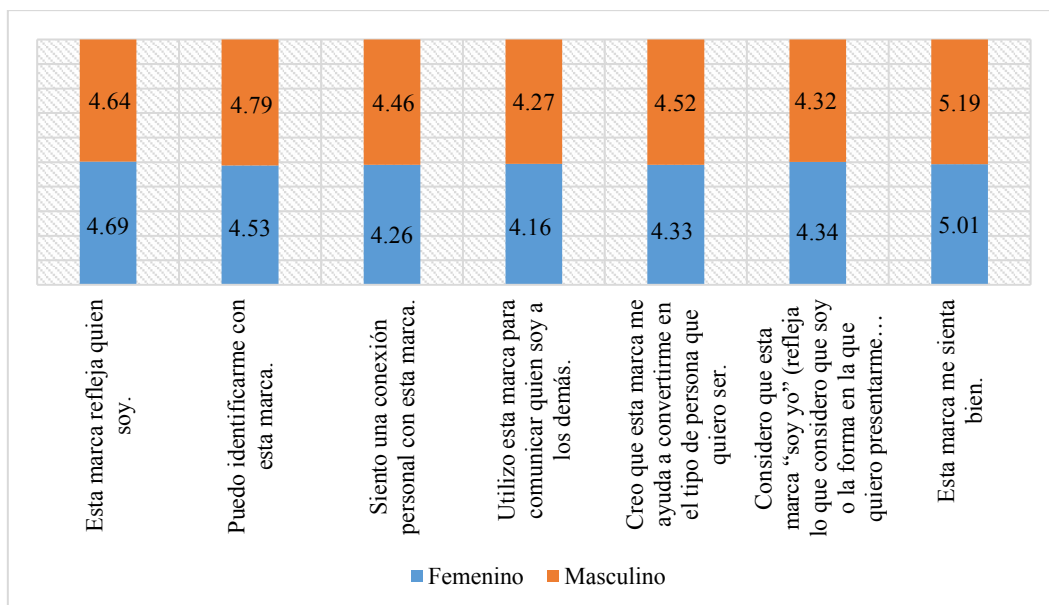


Figura 6. Perspectiva de la conexión marca-yo con respecto al sexo.

destacan la importancia de los elementos visuales en la identidad de marca, lo que sugiere una posible desconexión con la estrategia visual de la empresa.

Conexión marca-yo

La **Figura 6** ilustra la comparación de la conexión marca-yo entre el sexo femenino y masculino respecto a la marca de textil “Andino Artesanías”. Los resultados reflejan una percepción mayormente positiva hacia la marca, con promedios entre 4 y 5. Sin embargo, se identifican diferencias por sexo en la conexión con la marca, en la afirmación “Esta marca refleja quién soy”, ambos sexos muestran valores similares de 4,69 en el sexo femenino y 4,64 en el masculino, pero en “Puedo identificarme con esta marca”, el sexo masculino reporta un promedio superior a 4,79 frente a 4,59 del femenino.

El sexo femenino presenta menores puntajes en conexión personal, como en “Utilizo esta marca para comunicar quién soy” de 4,16 frente al 4,27 del masculino y “Esta marca me hace sentir bien” de 5,01 frente al 5,19 del masculino; esto sugiere que la marca resuena más con el público masculino. Según Fournier (1998), las marcas que refuerzan la identidad generan mayor lealtad, y Escalas y Bettman (2005) destacan que los hombres valoran más los atributos simbólicos. El menor vínculo en mujeres representa una oportunidad de segmentación. Según Kotler y Keller (2020) recomiendan personalizar la comunicación para fortalecer la identificación con la marca en distintos públicos.

La **Figura 7** presenta la percepción de conexión marca-yo con “Andino Artesanías” entre distintos grupos

étnicos. Las respuestas muestran diferencias significativas según la identificación étnica, con puntuaciones entre 2,23 y 5,46. Los indígenas presentan la mayor conexión con la marca, destacando afirmaciones como “Esta marca me hace sentir bien” con un 5,46 y “Esta marca refleja quién soy” con un 5,09, lo que indica una fuerte asociación emocional y cultural.

Los mestizos muestran una conexión intermedia, con las afirmaciones “Creo que esta marca me ayuda a convertirme en el tipo de persona que quiero ser” con un 4,41 y “Esta marca me hace sentir bien” con un 5,03. En contraste, la etnia afroecuatoriana reporta la menor conexión, con “Siento una conexión personal con esta marca” con un valor de 2,23 y “Utilizo esta marca para comunicar quién soy” de 2,77, lo que podría indicar una percepción de la marca como un símbolo comercializado más que como una representación auténtica de su identidad.

Estos hallazgos reflejan que la conexión marca-yo varía según la identidad étnica, la fuerte identificación de los indígenas se debe a que la marca representa valores y tradiciones de su cultura (Riveros, 2021). La desconexión de afroecuatorianos y blancos sugiere una posible percepción de apropiación cultural (Gómez et al. 2017). Mientras tanto, la conexión moderada de los mestizos indica que la marca resuena con una audiencia diversa, pero sin una alineación total con este grupo (Fournier, 1998).

La **Figura 8** muestra la relación entre la conexión marca-yo y el nivel de escolaridad de los encuestados para la marca textil “Andino Artesanías”. Las percepciones sobre la marca varían según el nivel

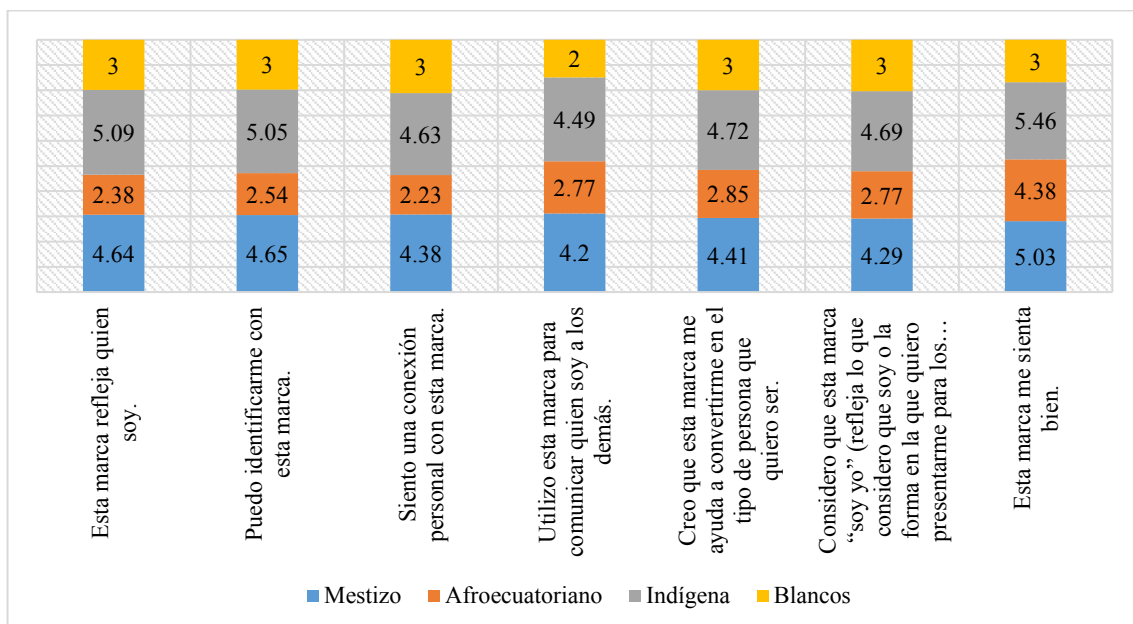


Figura 7. Perspectiva de la conexión marca-yo con respecto a la autodeterminación étnica.

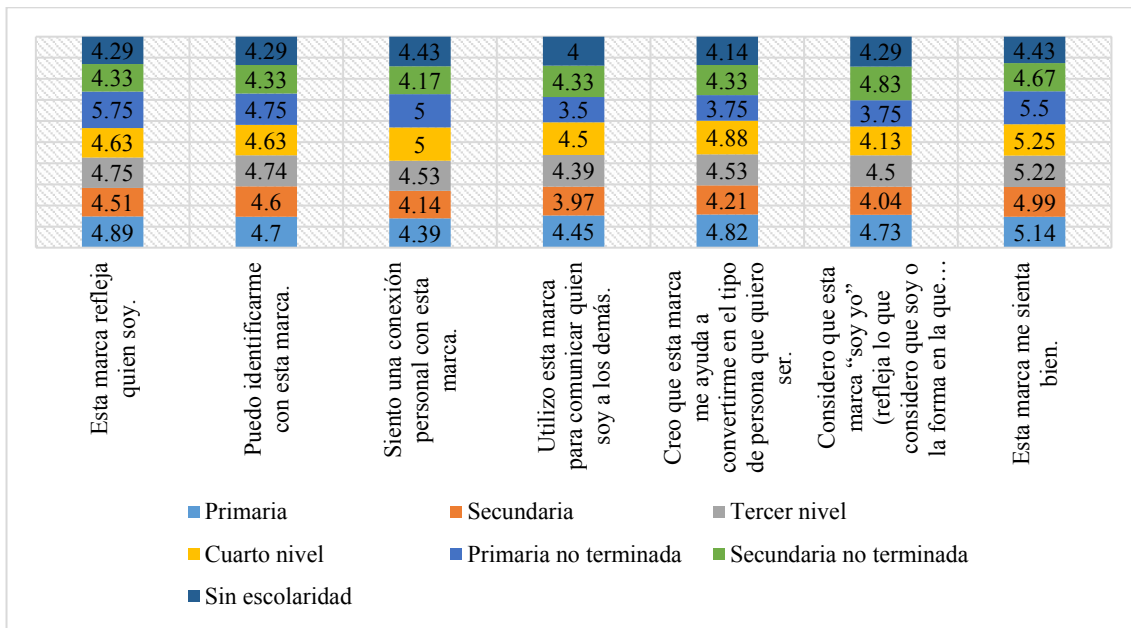


Figura 8. Perspectiva de la conexión marca-yo con respecto a la escolaridad.

educativo, quienes no tienen escolaridad muestran la mayor conexión, con puntuaciones de hasta 5,75 en afirmaciones como "Esta marca refleja quién soy", lo que sugiere una fuerte asociación cultural y emocional. En contraste, personas con educación secundaria incompleta registran menor conexión de 4,14 en "Siento una conexión personal con esta marca".

Estos resultados indican una relación inversa entre escolaridad y vínculo con la marca, posiblemente debido al mayor arraigo a valores tradicionales en niveles educativos más bajos (Riveros, 2021). Además, niveles educativos más altos podrían percibir la marca como un producto cultural sin conexión personal, influenciados por la percepción de autenticidad y posible apropiación cultural (Gómez et al. 2017).

Nivel de conexión marca-yo

Para analizar la conexión marca-yo, se estableció un baremo clasificando los niveles en bajo, medio y alto, tal como se indica en la **Tabla 4**.

Establecidos los intervalos de clasificación, se analiza la variable dependiente para determinar la percepción de los consumidores sobre la marca "Andino Artesanías".

Los resultados indican una percepción media de 4,537 en la conexión marca-yo, lo que sugiere una resonancia emocional sin alcanzar una identificación significativa. Las afirmaciones con mayor puntuación, como "Esta marca me sienta bien" con un 5,10 y "Esta marca refleja quién soy" con un 4,66, evidencian su impacto en la autopercepción y satisfacción personal. Sin embargo,

Tabla 4. Baremo de la variable Conexión marca-yo.

Niveles	Intervalos
Bajo	1,29 - 4,00
Medio	4,01 - 5,28
Alto	5,29 - 7,00

Nota. Los intervalos se calcularon, utilizando los percentiles 30 y 70, para clasificar los niveles en bajo, medio y alto.

Tabla 5. Percepción de los consumidores con respecto a la conexión marca-yo.

Pregunta	Media
1. Esta marca refleja quien soy	4,66
2. Puedo identificarme con esta marca	4,66
3. Siento una conexión personal con esta marca	4,36
4. Utilizo esta marca para comunicar quien soy a los demás.	4,22
5. Creo que esta marca me ayuda a convertirme en el tipo de persona que quiero ser.	4,43
6. Considero que esta marca "soy yo" (refleja lo que considero que soy o la forma en la que quiero presentarme para los demás).	4,33
7. Esta marca me sienta bien	5,10
Nivel de conexión marca-yo	4,537

Nota. Medias aritméticas en relación a la variable dependiente.

aspectos vinculados a la expresión individual, como “Utilizo esta marca para comunicar quién soy” con un 4,22 y “Considero que esta marca soy yo” con un promedio de 4,33, reflejan una menor proyección de identidad a través de la marca.

Riveros (2021) señala que las marcas influyen en la construcción de identidad y percepción social, mientras que Sheen y Arbaiza (2020) destacan la importancia de su conexión con valores individuales y culturales. Asimismo, Ortiz *et al.* (2021) enfatizan que las marcas textiles tienen mayor impacto cuando funcionan como vehículo de expresión compartida. En este contexto, fortalecer la autenticidad y el valor simbólico de la marca en la provincia podría mejorar su conexión con los consumidores.

Modelo estadístico de regresión lineal

En la investigación, se aplicó un modelo de regresión para analizar la relación entre el simbolismo cultural y

la conexión marca-yo en la marca textil “Andino Artesanías”. Este estudio evalúa cómo los valores culturales asociados a la marca influyen en la percepción e identificación del consumidor.

El simbolismo cultural abarca elementos identitarios que representan valores y tradiciones locales. En el caso de “Andino Artesanías”, estos incluyen referencias a la provincia de Imbabura y técnicas de tejido ancestrales, reforzando su autenticidad y posicionándola como un símbolo de orgullo cultural. Según Aaker (2012) y Keller (2013), integrar valores culturales en la identidad de marca favorece la conexión emocional con los consumidores.

El análisis de regresión muestra una correlación positiva entre el simbolismo cultural y la conexión marca-yo, evidenciando que los consumidores que valoran estos aspectos perciben la marca como una extensión de sus propios valores, fortaleciendo su lealtad y preferencia. Variables como la autenticidad

Tabla 6. Resultados de los coeficientes de regresión.

Modelo	Coeficientes						
	R	R ²	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados		sig.
			B	Desv. Error	Beta	T	
1 (Constante)	0,579	0,335	1,046	0,257	0,579	4,068	0,001
Simbolismo cultural			0,689	0,050		13,870	0,001

Variable dependiente: Conexión Marca – Yo

Nota. Los estadísticos empleados para esta investigación son: determinación o R cuadrado, beta (β) y desviación estándar.

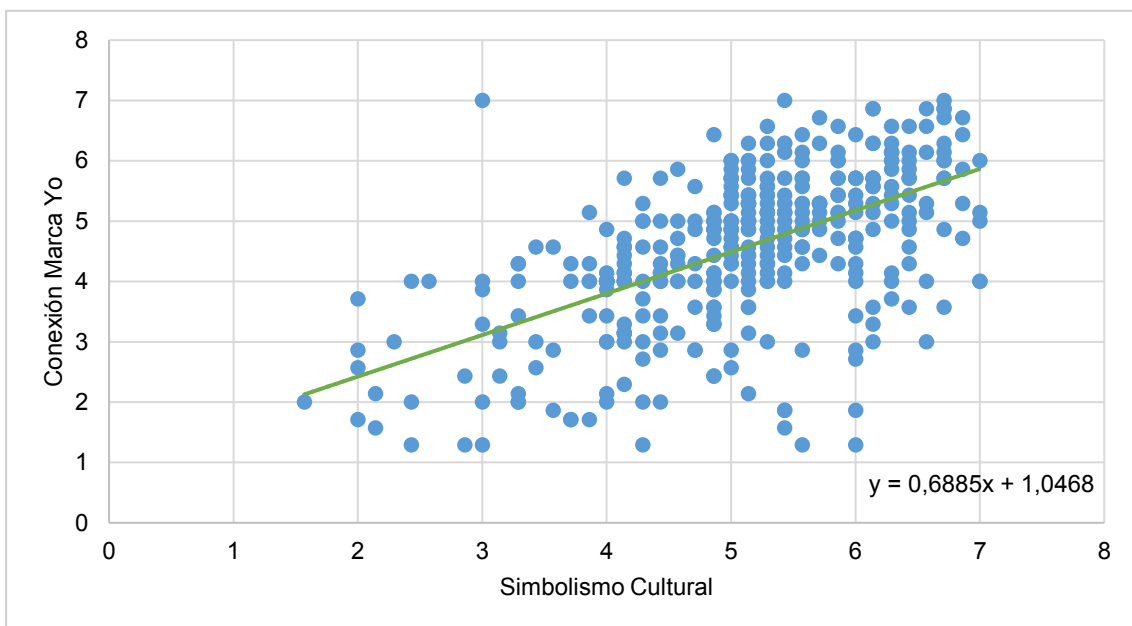


Figura 9. Diagrama de dispersión.

cultural y la identificación con valores tradicionales resultaron significativas en la experiencia del consumidor con la marca. La **Tabla 6** presenta los resultados detallados del modelo.

El análisis de regresión presenta una relación significativa entre el simbolismo cultural y la conexión marca-yo en la marca textil "Andino Artesanías". El coeficiente de correlación $R = 0,579$ indica una asociación moderada entre ambas variables, mientras que el coeficiente de determinación $R^2 = 0,335$ sugiere que el 33,5% de la variabilidad en la conexión marca-yo puede explicarse a partir del simbolismo cultural.

El nivel de significancia obtenido $p = 0,001$ confirma la solidez de esta relación, ya que se encuentra por debajo del umbral de 0,05 establecido por Fisher (1995) para considerar una relación estadísticamente significativa. Esto implica que el simbolismo cultural desempeña un papel relevante en la forma en que los consumidores se identifican con la marca.

Además, el coeficiente Beta estandarizado de 0,689 resalta la importancia del simbolismo cultural como variable predictora de la conexión marca-yo. Este resultado sugiere que, a mayor percepción del simbolismo cultural, más fuerte será el vínculo emocional del consumidor con la marca "Andino Artesanías".

El diagrama de dispersión refuerza estos hallazgos al ilustrar la relación entre ambas variables. La línea de tendencia y la ecuación de regresión permiten visualizar la dirección y fuerza de la asociación, evidenciando cómo las percepciones culturales influyen en la construcción de una marca sólida y en la fidelización del consumidor.

La pendiente de la ecuación que es 0,6885 indica que por cada unidad que aumenta el simbolismo cultural, la conexión con la marca se incrementa en la misma proporción. Esto evidencia una relación positiva entre ambas variables, lo que sugiere que el simbolismo cultural desempeña un papel clave en el fortalecimiento del vínculo entre los consumidores y la marca.

Además, el intercepto de la ecuación que es 1,0468 representa el nivel de conexión con la marca cuando el simbolismo cultural es nulo. Este valor sugiere que, incluso sin una percepción de simbolismo cultural, existe un nivel base de conexión con la marca, posiblemente influenciado por otros factores. En conjunto, estos resultados confirman que el simbolismo cultural es un determinante significativo en la percepción de la marca.

Conclusiones

El simbolismo cultural en las marcas textiles permite a los consumidores conectar emocional y

culturalmente con la marca, asociando los productos con su identidad y valores (Torelli *et al.* 2021). En el caso de "Andino Artesanías", la influencia del simbolismo cultural en la percepción de la marca alcanza un nivel medio de 5,070, lo que indica que incorporar elementos culturales no solo transmite significados, sino que también refuerza la autenticidad y el orgullo cultural, fortaleciendo la lealtad del consumidor.

Los resultados muestran que los consumidores prefieren marcas que reflejen su identidad personal y cultural, convirtiendo el consumo en una forma de expresión y pertenencia (Escalas y Bettman, 2005). La conexión marca-yo alcanza un nivel medio de 4,537, indicando que los consumidores no solo consideran sus atributos funcionales, sino que también la perciben como una representación de sus valores y creencias.

La correlación positiva moderada de $R = 0,579$ entre el simbolismo cultural y la conexión marca-yo indica que los consumidores que perciben elementos culturales en la marca tienden a identificarse con ella; esta relación se basa en el uso de símbolos representativos de la provincia y en factores como la identificación personal, el vínculo emocional y la sensación de pertenencia. Este resultado resalta la importancia de incorporar el simbolismo cultural como estrategia de marketing o de marca para fortalecer la relación entre la marca y sus consumidores.

Para que "Andino Artesanías" se consolide como referente cultural de la provincia, es fundamental incorporar elementos distintivos en sus productos, junto con códigos QR en las etiquetas; esto permitiría a los clientes conocer el significado cultural de los diseños y fortalecer su vínculo con la marca. Estrategias similares en la moda, aplicadas por Levi's y Guess, han incrementado la interacción y fidelidad del cliente entre un 25 % y 35 %. Así, la combinación de tradición y tecnología reforzaría la identidad cultural y autenticidad de la marca.

Implementar campañas de marketing que resalten la cultura local a través de estrategias educativas, como talleres y ferias en colaboración con escuelas y organizaciones. Estas acciones fortalecerán la conexión emocional con los consumidores, promoviendo la lealtad y el reconocimiento de la marca al alinearla con la identidad y valores de la comunidad.

Para fortalecer el vínculo entre los consumidores y "Andino Artesanías", es clave implementar estrategias que les permitan expresar su identidad a través de la marca. Esto puede lograrse mediante espacios en plataformas digitales donde compartan sus experiencias, así como con tarjetas personalizadas que resalten la historia cultural de cada producto.

Estas acciones no solo fomentan la interacción, sino que también refuerzan la conexión emocional, convirtiendo a la marca en un símbolo de identidad y pertenencia.

Referencias

- Aaker, D. (2012). *Building Strong Brands*. The Free Press. Obtenido de [https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=OLa_9LePJlYC&oi=fnd&pg=PT11&dq=Aaker,+D.+A.+ \(1996\).+Building+Strong+Brands.+Free+Press.&ots=sEMcW_8Hf7&sig=x9ml28VDSYQ3du62B1aFqzVfyY#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=OLa_9LePJlYC&oi=fnd&pg=PT11&dq=Aaker,+D.+A.+ (1996).+Building+Strong+Brands.+Free+Press.&ots=sEMcW_8Hf7&sig=x9ml28VDSYQ3du62B1aFqzVfyY#v=onepage&q&f=false)
- Arias, F. (2012). La Investigación Científica. En F. Arias, *El proyecto de investigación* (págs. 23-25). EDITORIAL EPIS-TEME, C.A.
- Baumeister, R., & Leary, M. (1995). The Need to Belong: Desire for Interpersonal Attachments as a Fundamental Human Motivation. *ResearchGate*, 117(3), 497-529. doi:<https://psycnet.apa.org/doi/10.1037/0033-2909.117.3.497>
- Benítez, A. (2022). Self-verification theory: victimism. *Universitat Jaume I*. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10234/198133>
- Bourdieu, P. (1986). *The Forms of Capital*. Greenwood Press.
- Chaves, N. (2003). Identidad gráfica: imagen y lenguaje visual. En A. Ferrer, & D. Gómez, *Imagen y lenguaje visual* (págs. 15-58). Universitat Oberta de Catalunya.
- Cisneros, H. J. (1988). *MOTIVOS DECORATIVOS TRADICIONALES EN LOS TEJIDOS DE IMBABURA*. NUESTRA AMERICA.
- Cogollo, Z., Campo, A., & Herazo, E. (2015). Escala de Rosenberg para autoestima: consistencia interna y dimensionalidad en estudiantes de Cartagena, Colombia. *Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal*, 9(2), 61-71. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/2972/297241658005.pdf>
- Escalas, J., & Bettman, J. (2005). Self-Conceptual, Reference Groups, and Brand Meaning. *ResearchGate*, 32(3), 378-389. doi:<https://doi.org/10.1086/497549>
- Fournier, S. (1998). *Consumers and Their Brands: Developing Relationship Theory in Consumer Research*.
- Fuel, J., & Rodríguez, K. (2025). *El simbolismo cultural de las marcas de textiles y su relación con la conexión marca-yo en la provincia de Imbabura*. Tesis de grado, Universidad Politécnica Estatal del Carchi.
- Gallart-Camahort, V., Callarisa Fio, L., & Sánchez García, J. (2019). Concepto de marca y sus perspectivas de análisis: una revisión de la literatura. *Revista de Marketing Aplicada*, 23(1), 41-56. doi:<https://doi.org/10.17979/redma.2019.23.1.5454>
- Gómez, M., Martínez, M., & Martínez, N. (2017). Consumer-Brand Relationships under the Marketing 3.0 Paradigm: A Literature Review. *Frontiers*. Obtenido de <https://www.frontiersin.org/journals/psychology/articles/10.3389/fpsyg.2017.00252/full>
- Gutiérrez, C., Chipantiza, A., & Caiza, J. (2024). Del simbolismo cultural a la creación de marca: una estrategia de branding para el mercado de Pastocalle en Latacunga. *Imaginario Social*, 7(1), 1-17. doi:<https://doi.org/10.59155/is.v7i1.142>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. d. (2014). *Metodología de la investigación*. México: McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.
- Holt, D. (2004). *How Brands Become Icons: The Principles of Cultural Branding*. Harvard Business. Obtenido de <https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=thiThfWnZ6UC&oi=fnd&pg=PA13&dq=Holt,+DB+2004&ots=dJNBCfi7GM&sig=nQ88cMe0M6IHHjFABGCSzABEmUo#v=onepage&q&f=false>
- Jiménez, A., & Gervilla, M. (2021). *Manual de marketing y comunicación cultural*. Atalaya. Obtenido de https://www.bizkaia.eus/home2/archivos/DPT04/Temas/producto44manual-de-marketing-y-comunicacion-cultural_web.pdf
- Keller, K. L. (2008). LAS MARCAS Y LA ADMINISTRACIÓN DE MARCA. En K. L. Keller, *ADMINISTRACIÓN ESTRATÉGICA DE MARCA BRANDING* (P. M. Rosas, Trad., págs. 1-45). PEARSON.
- Kotler, P., & Armstrong, G. (2018). *Principles of marketing*. Pearson. doi:https://opac.atmaluhur.ac.id/uploaded_files/temporary/DigitalCollection/ODIjY2E4ODIyODViZjFkODgzNDUxYWZINWFhZmY2MGE5MDc0ZDVmYw==.pdf
- Kotler, P., & Keller, K. (2020). *Dirección de marketing*. México: Pearson. Obtenido de https://www.academia.edu/37145555/Direcci%C3%B3n_en_Marketing_Kotler_y_Keller_15va_edici%C3%B3n
- Montañez, J., & Palma, A. (2024). Propuesta para la Elaboración de Baremos de un Instrumento en Trabajos de Investigación. *ResearchGate*, 7(6), 7418-7436. doi:http://dx.doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i6.9284
- Ortiz, S., Iza, E., & Oña, E. (2021). Prestigio de marcas textiles: un análisis comparado de asociación de marca y consumo conspicuo. *593 Digital Publisher CEIT*, 6(6), 348-355. doi:<https://doi.org/10.33386/593dp.2021.6-1.920>
- Ramsey, G. (2024). La teoría del capital cultural de Pierre Bourdieu. *Simply psychology*. Obtenido de <https://www.simplypsychology.org/cultural-capital-theory-of-pierre-bourdieu.html>
- Riveros, M. (2021). *Las marcas del fast fashion y la construcción de identidad de los jóvenes colombianos*. Repositorio Institucional Javeriano. Obtenido de <https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/59204>
- Santamaría, E. (2014). Influencia de los Factores Culturales y Demográficos en el Perfil del Consumidor de Marcas Propias en Ecuador. *Revista Politécnica*, 34(2). doi:<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8497246>
- Sheen, M., & Arbaiza, F. (2020). El uso de la identidad cultural en los anuncios publicitarios para afianzar la relación consumidor-marca. *Revista de comunicación*, 19(2), 285-301. doi:<https://doi.org/10.26441/RC19.2-2020-A16>
- SuperCias. (2024). *Ranking Compañías*. Obtenido de Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros: <https://appscvsmovil.supercias.gob.ec/ranking/reporte.html>
- Swann, W. B. (2012). Teoría de la autoverificación. *Manual de teorías de la psicología social*, 23-42. doi: <https://doi.org/10.4135/9781446249222.n27>
- Talaifar, S., & Swann, W. (2017). Self-Verification Theory. *ResearchGate*, 1-9. doi:http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-28099-8_1180-1
- Torelli, C., & Stoner, J. (2015). Gestión de la equidad cultural: un marco teórico para construir marcas icónicas en mercados globalizados. *ResearchGate*, 1-55. doi:10.1108/S1548-643520150000012004
- Torelli, C., Stoner, J., & Oh, H. (2021). Cultural Equity: knowledge and outcomes aspects. *International Marketing Review*, 36, 1-25. doi:10.1108/IMR-12-2018-0366
- Valenzuela, M. (10 de Julio de 2020). *Psicólogos en línea*. Obtenido de Teoría de la autoverificación: <https://psicologosenlinea.net/9336-teoria-de-la-autoverificacion.html>



**Pontificia Universidad
Católica del Ecuador**
Seréis mis testigos

IBARRA



Dirección: Av. Jorge Guzmán Rueda y Av. Aurelio Espinosa Pólit.
Ciudadela La Victoria, Ibarra-Provincia de Imbabura - Ecuador
Teléfonos: (593-06) 2994 700
Código Postal: 100112 - Ibarra Ecuador
E-mail: axioma@pucesi.edu.ec
<http://www.pucesi.edu.ec>

