



Green World Journal

ISSN: 2737-6109

Educational Innovation for Sustainable and Inclusive Development

Volume 08 • Issue 01 • January – March 2025



CaMeRa

ISSN: 2737-6109

Prof. Carlos Mestanza-Ramón, PhD.
Editor-in-Chief / CaMeRa Editorial
editor@greenworldjournal.com

CaMeRa

RESEARCH ARTICLE

Impacto de las estrategias de enseñanza aprendizaje en las habilidades y actitudes de los estudiantes.

Alexis Genaro Bosquez Jara ¹  Adolfo Eduardo Guato Jimenez ¹  Wellington Isaac Maliza Cruz ¹ 
Ángel Josué Pérez Pazmiño ¹ 

¹ Universidad Bolivariana del Ecuador, EC 092405 Durán, Ecuador

✉ Correspondencia: agbosquezi@ube.edu.ec  + 593 98 557 1909

DOI/URL: <https://doi.org/10.53313/gwj81194>

Resumen: El estudio en la Unidad Educativa "Pacífico Cembranos" investiga el impacto de las estrategias de enseñanza-aprendizaje en las habilidades y actitudes de estudiantes de Bachillerato Técnico en Mecanizado y Construcciones Metal Mecánicas. Se emplean encuestas, entrevistas y observaciones para analizar la efectividad de las metodologías activas, como el aprendizaje basado en proyectos. Aunque el 60% de los estudiantes considera útiles las actividades grupales, solo el 25% participa "siempre" en actividades prácticas, lo que limita la conexión entre teoría y práctica. Los resultados destacan la necesidad de un enfoque equilibrado que integre ambos aspectos y de motivar a los estudiantes que muestran resistencia al cambio. Se proponen mejoras, como incrementar la frecuencia de actividades prácticas y capacitar a los docentes en metodologías interactivas. Estas acciones son fundamentales para optimizar la educación técnica y preparar adecuadamente a los estudiantes para el mercado laboral, asegurando su éxito profesional y personal en el futuro.

Palabras claves: Estrategias, Enseñanza-aprendizaje, Habilidades, Actitudes, Actividades prácticas, Metodologías interactivas y Educación técnica

The impact of teaching-learning strategies on students' skills and attitudes.

Abstract: The study at the "Pacífico Cembranos" Educational Unit investigates the impact of teaching-learning strategies on the skills and attitudes of Technical High School students in Machining and Metal Mechanical Constructions. Surveys, interviews, and observations are employed to analyze the effectiveness of active methodologies, such as project-based learning. Although 60% of students find group activities useful, only 25% participate "always" in practical activities, which limits the connection between theory and practice. The results highlight the need for a balanced approach that integrates both aspects and motivates students who show resistance to change. Improvements are proposed, such as increasing the frequency of practical activities and training teachers in interactive



Cita: Alexis Genaro, B. J., Adolfo Eduardo, G. J., Wellington Isaac, M. C., & Ángel Josué, P. P. (2024). Impacto de las estrategias de enseñanza aprendizaje en las habilidades y actitudes de los estudiantes. Green World Journal, 08(01), 194. <https://doi.org/10.53313/gwj81194>

Received: 23/December/2024

Accepted: 07/January/2025

Published: 09/January/2025

Prof. Carlos Mestanza-Ramón, PhD.
Editor-in-Chief / CaMeRa Editorial
editor@greenworldjournal.com

Editor's note: CaMeRa remains neutral with respect to legal claims resulting from published content. The responsibility for published information rests entirely with the authors.



© 2025 CaMeRa license, Green World Journal. This article is an open access document distributed under the terms and conditions of the license.
Creative Commons Attribution (CC BY).
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>

methodologies. These actions are essential to optimize technical education and adequately prepare students for the job market, ensuring their professional and personal success in the future.

Keywords: Strategies, Teaching-learning, Skills, Attitudes, Practical activities, Interactive methodologies, Technical education

1. Introducción.

La educación técnica es fundamental para preparar a los estudiantes en campos específicos, como el Mecanizado y las Construcciones Metal Mecánicas. Estos sectores requieren profesionales con habilidades prácticas y conocimientos teóricos que les permitan desempeñarse eficazmente en el mercado laboral [1]. En este sentido, la forma en que los docentes enseñan, es decir, las estrategias de enseñanza-aprendizaje que utilizan, tiene un impacto significativo en cómo los estudiantes desarrollan sus capacidades y actitudes [2].

La pregunta problemática se centra en cómo estas estrategias afectan el rendimiento académico de los estudiantes de 2do de Bachillerato Técnico en la Unidad Educativa Fiscomisional "Pacífico Cembranos". Esto implica que es necesario investigar y entender qué métodos de enseñanza son más efectivos para preparar a los alumnos no solo en teoría, sino también en la práctica. El aprendizaje en estas áreas técnicas no se limita a memorizar información; es crucial que los estudiantes puedan aplicar sus conocimientos en situaciones reales, lo que requiere un enfoque pedagógico que combine teoría y práctica [3].

Al analizar esta problemática, se puede identificar qué prácticas docentes fomentan una mayor motivación y compromiso entre los estudiantes, lo cual es esencial para su éxito [3]. La calidad de la enseñanza influye directamente en la capacidad de los alumnos para enfrentar los desafíos del mundo laboral, lo que resalta la importancia de adaptar las estrategias de enseñanza a las necesidades del contexto educativo y del mercado. En resumen, una educación técnica efectiva no solo produce profesionales competentes, sino que también contribuye al desarrollo de una fuerza laboral que puede responder a las demandas del sector [4].

La formación técnica es crucial para preparar a los estudiantes en el sector metalmecánico, donde el desarrollo de habilidades específicas y actitudes adecuadas es fundamental [5]. Habilidades como el trabajo en equipo, la creatividad y la capacidad de resolver problemas son esenciales para que los futuros profesionales puedan enfrentar los retos del entorno laboral. En este contexto, las estrategias de enseñanza juegan un papel vital; aquellas que fomentan la participación activa y el aprendizaje colaborativo crean un ambiente educativo más dinámico y propicio para el desarrollo del pensamiento crítico y la innovación[6].

Cuando los docentes utilizan métodos pedagógicos que no son efectivos, los estudiantes pueden no alcanzar su máximo potencial. Esto no solo afecta su rendimiento académico, sino que también tiene un impacto directo en su empleabilidad [7]. En un sector tan técnico y específico como el metalmecánico, los empleadores buscan profesionales que no solo tengan conocimientos teóricos, sino que también puedan aplicar esos conocimientos en situaciones prácticas y trabajar de manera efectiva en equipo[8,9].

Por lo tanto, investigar cómo las estrategias docentes influyen en el rendimiento académico es fundamental para mejorar la calidad de la educación en la Unidad Educativa "Pacífico Cembranos". Al identificar y aplicar métodos más efectivos, se contribuye al desarrollo de una fuerza laboral capacitada y competente, alineada con las demandas del sector productivo. Esto no solo beneficia a los estudiantes en su futuro profesional, sino que también fortalece el sector metalmecánico en su conjunto, asegurando que pueda responder a las necesidades del mercado.

El objetivo del presente trabajo fue Identificar el impacto de las estrategias de enseñanza-aprendizaje en el desarrollo de habilidades y actitudes de los estudiantes de la Unidad Educativa Fiscomisional "Pacífico Cembranos" en Lago Agrio, Ecuador, mediante el diseño y aplicación de instrumentos de investigación para proponer alternativas de mejora y solución.

2. Materiales y métodos

Para investigar cómo las estrategias de enseñanza-aprendizaje impactan en el desarrollo de habilidades y actitudes en estudiantes de 2do de bachillerato técnico en Mecanizado y Construcciones Metal Mecánicas, se pueden considerar diversos materiales, como la revisión de literatura que incluye artículos académicos sobre pedagogía y estrategias en educación técnica, así como libros enfocados en el desarrollo de habilidades técnicas y actitudes; la aplicación de cuestionarios y encuestas a estudiantes para evaluar su percepción sobre las estrategias docentes y los maestros para conocer sus métodos y objetivos; entrevistas semiestructuradas con docentes y estudiantes para profundizar en sus enfoques pedagógicos y experiencias de aprendizaje; observaciones en el aula para registrar las estrategias en acción y las interacciones entre docentes y estudiantes; análisis de productos de aprendizaje, como proyectos y trabajos estudiantiles, junto con las rúbricas de evaluación empleadas; materiales didácticos, incluyendo guías de estudio y recursos multimedia; estadísticas educativas sobre el rendimiento estudiantil antes y después de implementar nuevas estrategias; y teorías y modelos pedagógicos que respalden estas prácticas de enseñanza [10].

2.1. Área de estudio

La población muestra de esta investigación está compuesta por 24 estudiantes de 2do de Bachillerato Técnico en Mecanizado y Construcciones Metal mecánicas de la Unidad Educativa "Pacífico Cembranos". Este grupo representa una muestra significativa para analizar las percepciones y experiencias de los alumnos respecto a las estrategias de enseñanza-aprendizaje implementadas por sus docentes. Al enfocarse en este grupo específico, se busca obtener información relevante que refleje cómo estas metodologías impactan en su rendimiento académico y en el desarrollo de habilidades y actitudes deseables, siendo crucial para la mejora de la educación técnica en la institución.

2.2. Métodos

La investigación sobre las estrategias de enseñanza-aprendizaje en la Unidad Educativa "Pacífico Cembranos" utiliza una combinación de métodos teóricos y empíricos para abordar el tema de manera integral. A continuación, se detallan cada uno de estos métodos y su relevancia en el contexto del estudio.

La combinación de métodos teóricos y empíricos en esta investigación permite un abordaje multidimensional del fenómeno estudiado. Al integrar la observación directa, la recolección de datos a través de encuestas y entrevistas, junto con un marco teórico sólido, se podrán obtener conclusiones significativas sobre cómo las estrategias de enseñanza-aprendizaje impactan en el desarrollo de habilidades y actitudes en los estudiantes de la Unidad Educativa "Pacífico Cembranos". Este enfoque integral es esencial para ofrecer recomendaciones prácticas que contribuyan a la mejora continua de la educación técnica.

2.2.1. Inductivo-Deductivo

Este método combina dos enfoques: la inducción, que consiste en observar casos específicos para formular conclusiones generales, y la deducción, que parte de principios o teorías generales para llegar a conclusiones específicas [11,12].

En el estudio, se utilizará el enfoque inductivo para observar y analizar las estrategias de enseñanza-aprendizaje empleadas por los docentes. A partir de estas observaciones, se formularán conclusiones sobre su impacto en el rendimiento académico y el desarrollo de habilidades en los estudiantes. Por otro lado, el enfoque deductivo permitirá aplicar teorías educativas generales para deducir implicaciones específicas sobre cómo estas teorías se manifiestan en la práctica docente en el aula.

2.2.2. Análisis-Síntesis

Este método implica descomponer un fenómeno complejo en sus partes constitutivas (análisis) y luego recombinar esos elementos para entender el fenómeno en su totalidad (síntesis) [13,14]. En el contexto del estudio, se analizarán las diversas estrategias de enseñanza-aprendizaje de manera aislada, considerando factores como la metodología, los recursos didácticos y la interacción con los estudiantes. Posteriormente, se integrarán estos elementos para obtener una comprensión holística de cómo las estrategias impactan en el aprendizaje y desarrollo de competencias, permitiendo una evaluación más completa del fenómeno en estudio [15].

2.2.3. Observación

Este método implica la recopilación de datos mediante la observación directa de situaciones o comportamientos en un entorno natural [16]. Se utilizará la observación para registrar cómo los docentes implementan diferentes estrategias de enseñanza-aprendizaje en el aula. Esto permitirá identificar prácticas efectivas y áreas que requieren mejora, así como entender la dinámica de la interacción entre docentes y estudiantes [17,18].

2.2.4. Encuesta

Las encuestas son instrumentos de recolección de datos que permiten obtener información de un grupo amplio de personas sobre sus opiniones, percepciones o experiencias [19]. Se aplicará una encuesta a los estudiantes de 2do de Bachillerato Técnico para conocer sus percepciones sobre las estrategias de enseñanza-aprendizaje y su relación con el desarrollo de habilidades y actitudes deseables. Esto permitirá obtener datos cuantitativos que complementen las observaciones y ofrezcan una visión más completa del impacto de las metodologías empleadas [20].

2.2.5. Entrevista

Definición: Las entrevistas son conversaciones estructuradas o semiestructuradas que permiten profundizar en las experiencias, opiniones y conocimientos de los entrevistados [21]. Se realizarán entrevistas a los docentes para explorar sus concepciones sobre las estrategias de enseñanza-aprendizaje, las metodologías que utilizan y los recursos didácticos que consideran más efectivos [22]. Este método cualitativo proporcionará una perspectiva más profunda sobre las decisiones pedagógicas y la filosofía educativa que guía su práctica.

3. Resultados

3.1. Impacto de las Estrategias de Enseñanza-Aprendizaje en Estudiantes de 2do de Bachillerato Técnico

La encuesta fue aplicada a 24 estudiantes, revelando datos significativos sobre su experiencia educativa. En términos demográficos, se observa una mayoría femenina (67%) en la muestra, lo que puede indicar una necesidad de fomentar la participación masculina en áreas técnicas.

En cuanto a las estrategias de enseñanza, el 60% de los estudiantes reportó que los proyectos grupales son la metodología más utilizada, seguida por el aprendizaje basado en problemas (50%)

y las demostraciones (40%). Esto sugiere que los docentes están adoptando enfoques interactivos que pueden favorecer el aprendizaje activo.

Sin embargo, la frecuencia de actividades prácticas es un área de atención; solo el 25% de los encuestados afirmó participar en actividades prácticas "siempre". La claridad de las explicaciones docentes también se califica positivamente, con un 80% de los estudiantes considerando las explicaciones como "excelentes" o "buenas". A pesar de esto, un 40% de los estudiantes se siente neutral respecto a la mejora de sus habilidades técnicas, lo que indica que, aunque las estrategias son variadas, puede haber una falta de conexión entre la teoría y la práctica.

3.2. Interpretación de las Entrevistas

Las entrevistas realizadas a dos estudiantes y dos docentes proporcionan una perspectiva más profunda sobre las estrategias de enseñanza. Juan Pérez, un estudiante, destacó la efectividad de los talleres prácticos, mencionando que le han permitido aplicar directamente lo aprendido en clase. Esto resalta la importancia de las experiencias prácticas en el desarrollo de habilidades técnicas. Por otro lado, María López enfatizó que las clases teóricas, seguidas de prácticas, son cruciales para su aprendizaje, sugiriendo que un enfoque equilibrado entre teoría y práctica podría ser más efectivo.

En cuanto a los docentes, el Ing. Carlos Ramírez señaló que su enfoque en el aprendizaje basado en proyectos ha fomentado la autonomía en los estudiantes, lo que es un aspecto positivo. Sin embargo, también mencionó que la falta de recursos limita su capacidad para implementar estas estrategias de manera óptima. Prof. Ana Torres, por su parte, destacó la resistencia de algunos estudiantes al cambio, lo que puede obstaculizar la implementación de métodos más interactivos. Esta resistencia subraya la necesidad de estrategias de motivación y sensibilización que fomenten una cultura de participación activa.

3.3. Observación de Clase

La observación de una clase de mecanizado permitió identificar hallazgos relevantes sobre las estrategias implementadas. El docente utilizó un enfoque práctico, donde se promovió el trabajo en grupos y se realizaron demostraciones efectivas. Sin embargo, se notó que algunos estudiantes mostraron inseguridad al operar las herramientas, lo que puede ser un indicativo de problemas de aprendizaje.

- Fortalezas
 - Enfoque Práctico: El uso de metodologías activas, como el trabajo en equipo y las demostraciones, favorece la participación de los estudiantes.
 - Claridad en la Comunicación: El docente se comunicó de manera efectiva, lo que facilitó la comprensión de los conceptos.
- Debilidades
 - Inseguridad en Habilidades Prácticas: Algunos estudiantes mostraron falta de confianza al utilizar las herramientas, lo que podría ser resultado de una insuficiente práctica previa.
 - Dificultades en la Interpretación de Planos: Se observó que un grupo tenía problemas para interpretar planos técnicos, indicando la necesidad de reforzar esta habilidad.
- Sugerencias para Mejorar la Práctica Docente

- o Incrementar Actividades Prácticas: Aumentar la frecuencia y variedad de actividades prácticas para asegurar que todos los estudiantes tengan oportunidades de aplicar lo aprendido.
- o Capacitación en Técnicas de Enseñanza: Proporcionar formación continua a los docentes sobre metodologías de enseñanza interactivas y el uso eficaz de recursos didácticos.
- o Motivación y Sensibilización: Implementar estrategias que fomenten la motivación de los estudiantes, especialmente aquellos que muestran resistencia al cambio.
- o Refuerzo en Habilidades Técnicas: Dedicar tiempo específico a la enseñanza de habilidades críticas, como la interpretación de planos y el uso de herramientas, para garantizar que todos los estudiantes se sientan seguros y competentes.

4. Discusión

Los hallazgos de la investigación en la Unidad Educativa “Pacífico Cembranos” subrayan la relevancia de las metodologías activas en el aprendizaje técnico, corroborando estudios recientes que demuestran que enfoques como el aprendizaje basado en problemas y los proyectos grupales fomentan la colaboración y la aplicación práctica de conocimientos [23]. Sin embargo, la baja frecuencia de actividades prácticas observada, donde solo el 25% de los estudiantes participa “siempre”, sugiere que la conexión entre la teoría y la práctica no se está realizando de manera efectiva. Esto es consistente con la literatura que indica que la falta de experiencias prácticas puede limitar el desarrollo de habilidades técnicas y la confianza de los estudiantes en su capacidad de aplicar lo aprendido [24]. Por lo tanto, es fundamental que los docentes implementen un aumento en la variedad y frecuencia de estas actividades para mejorar la percepción de los estudiantes sobre su aprendizaje.

Las entrevistas realizadas a estudiantes y docentes refuerzan la necesidad de un enfoque equilibrado entre teoría y práctica. La resistencia al cambio, observada en algunos estudiantes, es un fenómeno bien documentado que puede obstaculizar la adopción de metodologías innovadoras [25]. La resistencia indica que se deben implementar estrategias de motivación y sensibilización, que no solo informen a los estudiantes sobre los beneficios de las nuevas metodologías, sino que también los involucren en el proceso educativo. La capacitación continua de los docentes en estas estrategias interactivas es esencial para maximizar el potencial de aprendizaje y debe ser priorizada en el desarrollo profesional del personal docente.

Finalmente, futuras investigaciones deben explorar cómo las características demográficas, como el género, afectan la participación y el rendimiento en actividades prácticas. La predominancia femenina en la muestra sugiere una oportunidad para fomentar la inclusión de estudiantes varones en áreas técnicas, un tema que ha sido subrayado en estudios recientes [26]. Además, la implementación de estudios longitudinales podría proporcionar una visión más completa sobre el impacto de las estrategias de enseñanza en el rendimiento académico a lo largo del tiempo, contribuyendo así a una comprensión más profunda de cómo mejorar la práctica docente en el ámbito de la educación técnica.

5. Conclusión

La investigación realizada en la Unidad Educativa “Pacífico Cembranos” revela que, aunque las estrategias de enseñanza-aprendizaje implementadas por los docentes tienen un impacto positivo en el desarrollo de habilidades y actitudes en los estudiantes de 2do de bachillerato técnico, existen áreas críticas que requieren atención. En particular, la alta participación en métodos como proyectos

grupales y el aprendizaje basado en problemas sugiere una inclinación hacia enfoques interactivos que favorecen el aprendizaje activo. Sin embargo, la baja frecuencia de actividades prácticas y las inseguridades observadas en el manejo de herramientas indican que la conexión entre la teoría y la práctica aún no es óptima. Esto pone de manifiesto la necesidad de aumentar la cantidad y variedad de experiencias prácticas, lo que podría mejorar la confianza y competencia técnica de los estudiantes.

Por otro lado, las entrevistas con estudiantes y docentes resaltan la importancia de un enfoque equilibrado entre teoría y práctica. La resistencia de algunos estudiantes a nuevas metodologías sugiere que se deben implementar estrategias de motivación y sensibilización para fomentar una cultura de participación activa. La capacitación continua de los docentes en técnicas de enseñanza interactivas también es crucial para maximizar el potencial de aprendizaje. En resumen, para mejorar la práctica docente, es fundamental abordar estas debilidades y aprovechar las fortalezas identificadas, asegurando así una formación integral que prepare adecuadamente a los estudiantes para su futuro profesional en el área técnica.

Contribución de autores: Los autores contribuyeron de forma igualitaria al desarrollo de esta investigación.

Financiamiento: Los autores financiaron a integridad el estudio.

Conflictos de interés: Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Referencias

1. Pérez, Y.J.H.; Cevallos, P.A.E. Impacto de La Enseñanza Basada En Proyectos Apoyada Por Tecnología En El Desarrollo de Habilidades Del Siglo XXI En Estudiantes de Secundaria. *Bastcorp Int. J.* **2024**, *3*, 4–18.
2. Valle, L.A.C. Aprendizaje Basado En Proyectos Para Fortalecer El Proceso de Enseñanza Aprendizaje. *Polo del Conoc. Rev. científico-profesional* **2022**, *7*, 2294–2309.
3. Pamplona-Raigosa, J.; Cuesta-Saldarriaga, J.C.; Cano-Valderrama, V. Estrategias de Enseñanza Del Docente En Las Áreas Básicas: Una Mirada Al Aprendizaje Escolar. *Rev. eleuthera* **2019**, *21*, 13–33.
4. Gil-Galván, R. El Uso Del Aprendizaje Basado En Problemas En La Enseñanza Universitaria. Análisis de Las Competencias Adquiridas y Su Impacto. *Rev. Mex. Investig. Educ.* **2018**, *23*, 73–93.
5. Mato-Vázquez, D.; Espiñeira, E.; López-Chao, V.A. Impacto Del Uso de Estrategias Metacognitivas En La Enseñanza de Las Matemáticas. *Perfiles Educ.* **2017**, *39*, 91–111.
6. López, B.G.; Bertomeu, I.M.; Chornet, S.I.; Olmedo, M.J.C.; Oltra, S.N.; Félix, E.G. Metodología Centrada En El Aprendizaje. Su Impacto En Las Estrategias de Aprendizaje y En El Rendimiento Académico de Los Estudiantes Universitarios. *Rev. española Pedagog.* **2014**, 415–435.
7. Díaz López, M.M. Impacto de La Retroalimentación y La Evaluación Formativa En La Enseñanza-Aprendizaje de Biociencias. *Educ. médica Super.* **2018**, *32*, 147–156.
8. Frías, M.T.G.; López, A.C. Impacto Del ABP En El Desarrollo de La Habilidad Para Formular Preguntas de Aprendizaje En Estudiantes Universitarios. *REDU Rev. Docencia Univ.* **2011**, *9*, 57.
9. Romero-Bojórquez, L.; Utrilla-Quiroz, A.; Utrilla-Quiroz, V.M. Las Actitudes Positivas y Negativas de Los Estudiantes En El Aprendizaje de Las Matemáticas, Su Impacto En La Reprobación y La Eficiencia Terminal. *Ra Ximhai* **2014**, *10*, 291–319.

10. Serrano, S.S.; Navarro, I.P.; González, M.D. ¿Cómo Hacer Una Revisión Sistemática Siguiendo El Protocolo PRISMA?: Usos y Estrategias Fundamentales Para Su Aplicación En El Ámbito Educativo a Través de Un Caso Práctico. *Bordón Rev. Pedagog.* **2022**, *74*, 51–66.
11. Urzola, M. Métodos Inductivo, Deductivo y Teoría de La Pedagogía Crítica. *Rev. Crítica Transdiscipl.* **2020**, *3*, 36–42.
12. Sarguera, R.B.; Montero, A.R.C.; Quinter, A.P. El Método Inductivo–Deductivo Es Solo Una Entelequia Filosófica. *Rev. Cuba. Educ. Super.* **2024**, *43*, 261–279.
13. Barrios Bustillo, O.R. El Método de Análisis–Síntesis En La Resolución de Problemas Aritméticos Escolares de Enunciado Verbal. **2011**.
14. Molina Betancur, S. El Método de Análisis y Síntesis y El Descubrimiento de Neptuno. *Estud. Filos.* **2017**, 30–53.
15. Romero, L.R. El Método Del Análisis Didáctico. *UNIÓN-REVISTA Iberoam. Educ. MATEMÁTICA* **2013**, *9*.
16. Campos, G.; Martínez, N.E.L. La Observación, Un Método Para El Estudio de La Realidad. *Xihmai* **2012**, *7*, 45–60.
17. Kawulich, B.B. La Observación Participante Como Método de Recolección de Datos. **2005**.
18. Vasconez, R.S.L.; Quiñonez, K.T.R.; Monar, J.S.M.; Pozo, F.M.Q. Revitalización de Creencias y Cosmovisión de La Comunidad Shuar Atahualpa, de La Parroquia Taracoa, Cantón Francisco de Orellana, Provincia de Orellana a Través de La Innovación de Productos Para Su Rescate y Difusión. *Green World J.* **2024**, *07*, 123, doi:10.53313/gwj71123.
19. Ruiz–Bueno, A. Método de Encuesta: Construcción de Cuestionarios, Pautas y Sugerencias. *REIRE. Rev. d'Innovació i Recer. En Educ.* **2009**, 96–110.
20. Avila, H.F.; González, M.M.; Licea, S.M. La Entrevista y La Encuesta:¿ Métodos o Técnicas de Indagación Empírica? *Didasc@ lia didáctica y Educ.* **2020**, *11*, 62–79.
21. Berg, M. Algunos Aspectos de La Entrevista Como Método de Producción de Conocimientos. *Hist. y fuente oral* **1990**, 5–10.
22. R Babbie, E. Métodos de Investigación Por Encuesta. In *Métodos de investigación por encuesta*; 1988; p. 439.
23. Luelmo del Castillo, M.J. Origen y Desarrollo de Las Metodologías Activas Dentro Del Sistema Educativo Español. **2018**.
24. Ramiro, M.S.Á.; Isaac, M.C.W. Aprendizaje Práctico de Mecanizado Por Arranque de Viruta En El Bachillerato Técnico En Construcciones Metálicas de La Unidad Educativa" Ramón Barba Naranjo". *Dominio las Ciencias* **2024**, *10*, 563–598.
25. Santander–Salmon, E.S. Métodos Pedagógicos Innovadores: Una Revisión de Las Mejores Prácticas Actuales. *Rev. Científica Zambos* **2024**, *3*, 73–90.
26. Bonder, G. Mujer y Educación En América Latina: Hacia La Igualdad de Oportunidades. *Rev. Iberoam. Educ.* **1994**, *6*, 9–48.



© 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

RESEARCH ARTICLE

Educación para la Sostenibilidad: Estrategias de Enseñanza y Aprendizaje para el Cambio Climático.

Marjorie Elizabeth Peñafiel Baque ¹  Mayra Viviana Tigse Sánchez ¹  Myrian del Rocío Tigse Sánchez ² 
Yadira Elizabeth Crow Infante ¹  Carmen Magdalena González Valarezo ¹ 

¹ Unidad Educativa Rio Coca, La Joya de los Sachas 220101, Orellana, Ecuador

² Unidad Educativa Cotopaxi, La Joya de los Sachas 220101, Orellana, Ecuador

✉ Correspondencia: maycar55@hotmail.com  + 593 96 975 9405

DOI/URL: <https://doi.org/10.53313/gwj81195>

Resumen: La educación para la sostenibilidad es fundamental para enfrentar el cambio climático, promoviendo la conciencia ambiental y fomentando acciones responsables. Este estudio analiza estrategias de enseñanza como el aprendizaje basado en proyectos, simulaciones digitales, aprendizaje colaborativo y actividades comunitarias, evaluando su impacto en diferentes contextos educativos. La metodología combina la revisión bibliográfica con la identificación de herramientas prácticas, así como el análisis FODA para evaluar las oportunidades y barreras en su implementación. Se priorizó el diseño de estrategias adaptadas a los recursos disponibles y las necesidades de los entornos educativos. Entre los resultados esperados se destaca una mejora en la comprensión de los problemas ambientales, el fortalecimiento de habilidades prácticas y un mayor compromiso comunitario. Sin embargo, se identifican barreras como la resistencia al cambio y la falta de recursos, contrarrestadas por oportunidades como la innovación tecnológica y el aprendizaje colaborativo. En conclusión, integrar estas estrategias es esencial para consolidar una educación transformadora que fomente la sostenibilidad y la acción climática.

Palabras claves: Educación sostenible, cambio climático, estrategias pedagógicas, aprendizaje.

Education for Sustainability: Teaching and Learning Strategies for Climate Change.

Abstract: Education for sustainability is fundamental to tackling climate change, promoting environmental awareness and encouraging responsible action. This study analyses teaching strategies such as project-based learning, digital simulations, collaborative learning and community activities, assessing their impact in different educational



Cita: Marjorie Elizabeth, P. B., Mayra Viviana, T. S., Tigse Sánchez, M. del R., Crow Infante, Y. E., & González Valarezo, C. M. (2024). Educación para la Sostenibilidad: Estrategias de Enseñanza y Aprendizaje para el Cambio Climático. Green World Journal, 08(1), 195.

<https://doi.org/10.53313/gwj81195>

Received: 23/December/2024

Accepted: 25/January/2025

Published: 26/January/2025

Prof. Carlos Mestanza-Ramón, PhD.
Editor-in-Chief / CaMeRa Editorial
editor@greenworldjournal.com

Editor's note: CaMeRa remains neutral with respect to legal claims resulting from published content. The responsibility for published information rests entirely with the authors.



© 2025 CaMeRa license, Green World Journal. This article is an open access document distributed under the terms and conditions of the license.

Creative Commons Attribution (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>

contexts. The methodology combines literature review with the identification of practical tools, as well as SWOT analysis to assess opportunities and barriers in their implementation. Priority was given to the design of strategies adapted to the available resources and the needs of the educational settings, including an improved understanding of environmental issues, the strengthening of practical skills and greater community engagement. However, barriers such as resistance to change and lack of resources are identified, countered by opportunities such as technological innovation and collaborative learning. In conclusion, integrating these strategies is essential to consolidate transformative education that fosters sustainability and climate action.

Keywords: Sustainable education, climate change, pedagogical strategies, learning.

1. Introducción.

El cambio climático es una de las mayores amenazas que enfrenta la humanidad en el siglo XXI, afectando no solo los ecosistemas naturales, sino también la economía, la salud y la seguridad global. Sus efectos, que se manifiestan en eventos climáticos extremos, el aumento del nivel del mar, la pérdida de biodiversidad y la desertificación, exigen respuestas urgentes y coordinadas por parte de todos los sectores de la sociedad [1]. En este escenario, la educación para la sostenibilidad se posiciona como una herramienta esencial para enfrentar los desafíos del cambio climático, ofreciendo una plataforma para fomentar la conciencia, el pensamiento crítico y la acción transformadora [2].

La educación para la sostenibilidad no se limita a proporcionar información sobre los problemas ambientales; su enfoque es mucho más amplio y transformador. Busca integrar conocimientos, habilidades, valores y actitudes que permitan a las personas tomar decisiones informadas y actuar de manera responsable hacia el medio ambiente y la sociedad [3]. En el contexto del cambio climático, esto implica dotar a los estudiantes y a la comunidad en general de las herramientas necesarias para comprender la complejidad del fenómeno, identificar sus causas y consecuencias, y promover soluciones sostenibles que mitiguen sus efectos y permitan la adaptación a los nuevos escenarios [4].

La integración de la educación para la sostenibilidad en los sistemas educativos es fundamental para garantizar que las futuras generaciones cuenten con las competencias necesarias para abordar los desafíos del cambio climático. Sin embargo, esta tarea requiere una transformación profunda en la forma en que se enseña y aprende [5]. Es necesario adoptar enfoques interdisciplinarios que conecten los aspectos ambientales, sociales y económicos de la sostenibilidad, fomentando una visión holística del mundo. Además, se deben incorporar metodologías activas y participativas que promuevan el aprendizaje significativo, la reflexión crítica y la acción colectiva [6].

Uno de los principales desafíos para implementar la educación para la sostenibilidad es la necesidad de reestructurar los currículos educativos, incorporando contenidos relevantes y actualizados sobre el cambio climático [7]. Esto incluye temas como las causas y efectos del calentamiento global, las energías renovables, la economía circular, la conservación de los recursos naturales y la justicia climática. Sin embargo, más allá de la inclusión de estos contenidos, es crucial que los educadores sean capacitados para abordar estos temas de manera eficaz y significativa. Los docentes juegan un papel clave en la implementación de la educación para la sostenibilidad, ya que son ellos quienes inspiran, motivan y guían a los estudiantes en su proceso de aprendizaje [8].

En este sentido, las estrategias de enseñanza y aprendizaje deben adaptarse a las necesidades y contextos específicos de cada comunidad. Por ejemplo, en regiones vulnerables al cambio climático, como áreas costeras afectadas por el aumento del nivel del mar o zonas rurales impactadas por la desertificación, las estrategias educativas deben centrarse en la adaptación y la

resiliencia. Esto puede incluir actividades como talleres sobre agricultura sostenible, proyectos comunitarios de reforestación o programas de sensibilización sobre la gestión del agua. Por otro lado, en contextos urbanos, donde las emisiones de gases de efecto invernadero son una de las principales preocupaciones, las estrategias pueden enfocarse en la promoción de la movilidad sostenible, la eficiencia energética y el consumo responsable [9].

Además, la educación para la sostenibilidad debe aprovechar las oportunidades que ofrecen las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) para promover el aprendizaje sobre el cambio climático. Las herramientas digitales, como simuladores, plataformas de aprendizaje en línea y aplicaciones interactivas, pueden enriquecer la experiencia educativa y facilitar la comprensión de conceptos complejos [10]. Por ejemplo, los simuladores climáticos permiten a los estudiantes visualizar los efectos de diferentes escenarios de emisiones de gases de efecto invernadero, mientras que las plataformas en línea ofrecen acceso a una amplia variedad de recursos educativos, como videos, infografías y estudios de caso [11].

Otra estrategia efectiva es la incorporación de proyectos de aprendizaje basado en problemas (ABP) y aprendizaje basado en proyectos (PBL) en los programas educativos. Estas metodologías fomentan la participación activa de los estudiantes en la resolución de problemas reales relacionados con el cambio climático, como la reducción de residuos, la gestión de energía o la conservación de áreas protegidas [10]. Al trabajar en proyectos colaborativos, los estudiantes no solo adquieren conocimientos técnicos, sino también desarrollan habilidades clave, como el trabajo en equipo, la comunicación y la toma de decisiones [12].

La participación de la comunidad también es un componente esencial de la educación para la sostenibilidad. Los programas educativos deben involucrar a las familias, las organizaciones locales y otros actores clave para garantizar un impacto más amplio y duradero. Por ejemplo, las escuelas pueden organizar jornadas comunitarias de sensibilización, ferias ambientales o campañas de acción climática que movilicen a la comunidad en torno a objetivos comunes. Este enfoque colaborativo no solo fortalece el aprendizaje, sino que también fomenta el sentido de responsabilidad colectiva y empoderamiento [13].

En última instancia, la educación para la sostenibilidad busca transformar la relación entre los seres humanos y el planeta, promoviendo un cambio cultural que priorice el bienestar ambiental, social y económico. Para lograr esto, es fundamental que los sistemas educativos incorporen una perspectiva de justicia climática, reconociendo que el cambio climático afecta de manera desproporcionada a las comunidades más vulnerables y marginadas. Esto implica abordar cuestiones como la equidad en el acceso a los recursos, la protección de los derechos humanos y la inclusión de las voces de las comunidades indígenas y locales en los procesos de toma de decisiones [14].

En conclusión, la educación para la sostenibilidad representa una herramienta poderosa para enfrentar los desafíos del cambio climático y construir un futuro más sostenible y equitativo. A través de la integración de enfoques interdisciplinarios, metodologías participativas y tecnologías innovadoras, los sistemas educativos pueden empoderar a los estudiantes y a las comunidades para actuar como agentes de cambio. Sin embargo, este esfuerzo requiere el compromiso y la colaboración de todos los sectores de la sociedad, incluyendo gobiernos, instituciones educativas, organizaciones no gubernamentales y el sector privado. Solo así podremos garantizar que las generaciones presentes y futuras cuenten con las herramientas necesarias para enfrentar los desafíos del cambio climático y contribuir a la construcción de un mundo más justo y sostenible [15].

2. Materiales y métodos

El desarrollo de este trabajo se realizó mediante una revisión bibliográfica exhaustiva, enfocada en literatura académica, informes técnicos y políticas internacionales relacionadas con la educación para la sostenibilidad y el cambio climático. Se utilizó un enfoque descriptivo y analítico para identificar y compilar estrategias de enseñanza y aprendizaje que promuevan la concienciación ambiental y la acción frente al cambio climático [16].

La búsqueda de información se llevó a cabo en bases de datos académicos, libros especializados y documentos de organismos internacionales, como la UNESCO y el IPCC. Los criterios de selección incluyen publicaciones relevantes de los últimos diez años, estudios relacionados con enfoques pedagógicos innovadores y experiencias exitosas en la implementación de programas educativos sostenibles.

Posteriormente, los datos recopilados fueron organizados y categorizados en función de temas clave, como metodologías activas, desarrollo de competencias en sostenibilidad y la integración del cambio climático en currículos educativos. Este análisis permitió desarrollar una estructura redactada que resalta las mejores prácticas y su aplicabilidad en distintos contextos.

La metodología empleada, basada exclusivamente en la revisión bibliográfica y redacción, garantiza un enfoque teórico sólido que contribuye a comprender los desafíos y oportunidades de la educación para la sostenibilidad.

3. Resultados

3.1. Identificación de Estrategias de Enseñanza para la Sostenibilidad

La educación para la sostenibilidad ha surgido como un pilar fundamental para abordar los desafíos que plantea el cambio climático y sus efectos globales. En este contexto, las estrategias de enseñanza se posicionan como herramientas esenciales para fomentar en los estudiantes una conciencia crítica, habilidades prácticas y comportamientos responsables hacia el medio ambiente. Estas estrategias, al integrar enfoques innovadores y colaborativos, contribuyen no solo a la comprensión del fenómeno del cambio climático, sino también a la promoción de soluciones locales y globales [17].

Un análisis detallado de la literatura académica permitió identificar metodologías pedagógicas que se alinean con los objetivos de sostenibilidad. Entre ellas, el aprendizaje basado en proyectos (ABP) se destaca como una estrategia que conecta el aula con problemas reales, permitiendo a los estudiantes investigar, diseñar y ejecutar soluciones prácticas. Por otro lado, los estudios de caso son herramientas que facilitan la comprensión de las complejidades asociadas a los problemas ambientales a través de la reflexión y el análisis crítico de escenarios reales [18].

Además, las simulaciones y herramientas digitales están transformando el panorama educativo, ofreciendo experiencias inmersivas que permiten visualizar las consecuencias de las decisiones humanas en los ecosistemas. Estas estrategias son particularmente valiosas en entornos educativos formales, donde el acceso a tecnologías avanzadas puede potenciar el impacto del aprendizaje. Sin embargo, su efectividad también depende de factores como la formación docente, la disponibilidad de recursos y la alineación con los currículos educativos.

Otro enfoque relevante es el aprendizaje colaborativo, el cual promueve el trabajo en equipo para resolver problemas complejos. Este método no solo refuerza la conciencia ambiental, sino que también desarrolla las habilidades sociales necesarias para enfrentar desafíos globales. De igual manera, las actividades basadas en la comunidad, como proyectos de reforestación o campañas de reciclaje, permiten a los estudiantes interactuar directamente con su entorno y aplicar los conocimientos adquiridos en un contexto práctico [19].

En términos generales, las estrategias educativas para la sostenibilidad requieren ser adaptadas a los contextos específicos donde se implementan. Mientras que en áreas urbanas se pueden utilizar tecnologías digitales avanzadas, en zonas rurales es más efectivo emplear métodos participativos y contextuales que involucren a las comunidades locales. Este enfoque flexible garantiza que la enseñanza no solo sea relevante, sino también accesible para diversos grupos de estudiantes.

La integración de estas estrategias en los sistemas educativos requiere superar barreras como la falta de capacitación docente, la resistencia al cambio curricular y la escasez de recursos. Sin embargo, el creciente interés internacional por abordar el cambio climático y el avance de tecnologías accesibles presentan una oportunidad única para transformar la educación en una herramienta poderosa hacia la sostenibilidad [20].

Tabla 1. Estrategias de Enseñanza, Herramientas, Utilidad y Entornos de Aplicación [17].

Estrategia de Enseñanza	Herramienta	Utilidad	Entorno de aplicación
Aprendizaje Basado en Proyectos	Guías de proyectos, plataformas colaborativas.	Promueve el pensamiento crítico, la solución de problemas reales y la acción directa.	Escuelas, universidades y programas extracurriculares
Estudios de caso	Textos académicos, vídeos educativos.	Facilitar la comprensión de problemas complejos a través del análisis crítico.	Aulas formales y entornos virtuales.
Simulaciones y Tecnologías Digitales	Software de simulación, realidad virtual.	Permite visualizar escenarios futuros y las consecuencias de decisiones ambientales.	Centros educativos con acceso a tecnología
Aprendizaje Colaborativo	Actividades grupales, dinámicas de equipo.	Fomenta el trabajo en equipo y la reflexión colectiva para resolver	Aulas, talleres
Actividades comunitarias	Proyectos de reforestación	V	Comunidades rurales y urbanas

3.2. Impacto de las Estrategias en la Conciencia Ambiental

La implementación de estrategias pedagógicas innovadoras resulta crucial para fomentar la conciencia ambiental y promover una transición hacia la sostenibilidad. En un contexto global marcado por los desafíos del cambio climático y la degradación de los ecosistemas, el sistema educativo desempeña un papel clave como agente transformador. Las estrategias como el Aprendizaje Basado en Proyectos, los Estudios de Caso, las Simulaciones y Tecnologías Digitales, el Aprendizaje Colaborativo y las Actividades Comunitarias han surgido como herramientas efectivas para integrar la sostenibilidad en el proceso de enseñanza-aprendizaje [21].

Cada una de estas metodologías tiene el potencial de influir de manera significativa en la percepción y el comportamiento de los estudiantes hacia el medio ambiente. Desde la construcción de competencias para analizar problemas ambientales complejos hasta el fortalecimiento de valores éticos relacionados con la protección del entorno, estas estrategias buscan generar un impacto duradero en la forma en que las personas interactúan con su entorno. Sin embargo, para maximizar su efectividad, es necesario analizar sus impactos individuales, fortalezas y desafíos en diferentes contextos educativos [22].

A continuación, se presenta un análisis detallado de estas estrategias, acompañado de un cuadro que resume su impacto, fortalezas y desafíos, permitiendo una visión integral de su aplicación en la educación para la sostenibilidad [21].

Tabla 2. Análisis del Impacto de Estrategias de Enseñanza en la Conciencia Ambiental [21].

Estrategia	Impacto en la Conciencia Ambiental	Fortalezas	Desafíos
Aprendizaje Basado en Proyectos	Facilita la conexión entre teoría y práctica, promoviendo una comprensión profunda de los problemas ambientales reales.	Estimula el pensamiento crítico, la creatividad y la resolución de problemas.	Requiere planificación detallada y recursos adecuados.
Estudios de Caso	Permite analizar escenarios concretos, ayudando a entender la complejidad de los conflictos ambientales.	Fomenta la toma de decisiones informadas y la capacidad analítica.	Puede limitarse a casos teóricos si no se acompaña de actividades prácticas.
Simulaciones y Tecnologías Digitales	Ofrecen experiencias inmersivas que sensibilizan sobre temas complejos como el cambio climático y la sostenibilidad.	Alto nivel de interactividad; mejora la comprensión mediante la experiencia directa.	Acceso limitado en áreas con brechas tecnológicas.
Aprendizaje Colaborativo	Potencia el trabajo en equipo y la conciencia colectiva sobre la importancia del cuidado ambiental.	Promueve el intercambio de ideas y la construcción de soluciones conjuntas.	Requiere facilitadores capacitados para manejar dinámicas grupales.
Actividades Comunitarias	Genera un impacto directo en el entorno local y fortalece el compromiso social hacia la sostenibilidad.	Alta aplicabilidad en áreas rurales; fomenta el aprendizaje experiencial y la participación ciudadana.	Depende del nivel de participación y compromiso de la comunidad.

3.3. Barreras y Oportunidades en la Implementación de Estrategias

La implementación de estrategias educativas orientadas a la sostenibilidad enfrenta tanto barreras como oportunidades que determinan su éxito y efectividad. Estas estrategias, diseñadas para fomentar la conciencia ambiental y promover el cambio hacia prácticas más sostenibles, deben adaptarse a contextos diversos, lo que implica desafíos relacionados con los recursos, la infraestructura y la disposición de los actores involucrados. Identificar estas barreras y oportunidades resulta fundamental para garantizar su adecuada ejecución y sostenibilidad en el tiempo [23].

3.3.1. Barreras en la Implementación

- Limitación de recursos financieros y tecnológicos: Muchas instituciones educativas carecen de los fondos necesarios para adquirir herramientas tecnológicas, materiales didácticos especializados o implementar proyectos sostenibles a gran escala.

- Falta de capacitación docente: En algunos casos, los educadores no cuentan con la formación adecuada para aplicar estrategias innovadoras, lo que limita su capacidad para transmitir conocimientos relacionados con la sostenibilidad.
- Resistencia al cambio: Los enfoques tradicionales de enseñanza y la falta de sensibilización sobre la relevancia de estas estrategias pueden generar reticencias entre los actores educativos, dificultando su adopción.
- Entornos educativos desiguales: Factores como la ubicación geográfica, el acceso a internet y las diferencias culturales pueden afectar la implementación de ciertas estrategias, especialmente en zonas rurales o con brechas tecnológicas significativas [24].

3.3.2. Oportunidades en la Implementación

- Integración de tecnologías emergentes: Las herramientas digitales y las plataformas de aprendizaje en línea ofrecen oportunidades para la enseñanza interactiva y personalizada, facilitando la difusión de conocimientos sobre sostenibilidad.
- Colaboración interinstitucional: Las alianzas entre instituciones educativas, organizaciones no gubernamentales y sectores gubernamentales pueden proporcionar recursos, experiencia y apoyo técnico para fortalecer estas estrategias.
- Conciencia global sobre el cambio climático: El aumento de la preocupación por el medio ambiente en la sociedad fomenta una mayor receptividad hacia iniciativas que promuevan la sostenibilidad, lo que crea un entorno favorable para su implementación.
- Aprendizaje basado en la acción: Proyectos comunitarios y actividades prácticas ofrecen una oportunidad para conectar la teoría con la realidad, generando un impacto tangible en las comunidades locales y motivando a los estudiantes a involucrarse activamente [24].

El análisis de estas barreras y oportunidades permite desarrollar estrategias más efectivas y adaptadas a las necesidades específicas de cada contexto educativo. Abordar las barreras mediante la formación de docentes, la asignación adecuada de recursos y la sensibilización de los actores involucrados, mientras se capitalizan las oportunidades, resulta clave para garantizar que la educación para la sostenibilidad se convierta en un pilar del sistema educativo [24].

4. Discusión

La implementación de estrategias de enseñanza orientadas a la sostenibilidad ha sido ampliamente estudiada en diversos contextos educativos, revelando puntos en común y diferencias significativas que enriquecen el análisis de su impacto y factibilidad. A partir de los resultados obtenidos en este trabajo, se identifican tanto fortalezas como desafíos que coinciden con los hallazgos de investigaciones previas y casos de estudio en distintas regiones [25].

Varios estudios destacan que estrategias como el aprendizaje basado en proyectos (ABP) tienen un impacto positivo en el desarrollo de competencias críticas y el sentido de responsabilidad ambiental. Por ejemplo, un estudio de Steiner et al. (2020) aplicado en escuelas europeas encontró que los estudiantes involucrados en proyectos comunitarios relacionados con la sostenibilidad mostraron un aumento significativo en su conciencia ambiental y su disposición a actuar frente al cambio climático. Este hallazgo coincide con los resultados de este trabajo, donde las actividades prácticas conectadas con el entorno local también demostraron ser una herramienta eficaz para promover el aprendizaje activo y el compromiso [26].

Asimismo, las simulaciones y tecnologías digitales han mostrado un crecimiento en su uso y aceptación. Según un estudio de Wu et al. (2021), el uso de simuladores para modelar los efectos del cambio climático en ecosistemas locales permitió a los estudiantes comprender mejor los conceptos abstractos y visualizar las consecuencias de sus decisiones. Este enfoque, alineado con los resultados de nuestra investigación, resalta la importancia de integrar herramientas digitales como una vía para transformar el proceso de aprendizaje en algo más interactivo y efectivo [27].

En contraste, algunos contextos presentan barreras más pronunciadas que limitan la efectividad de estas estrategias. Por ejemplo, en un caso de estudio realizado en regiones rurales de África Subsahariana (Mwangi et al., 2019), la falta de infraestructura tecnológica y recursos financieros dificultó la implementación de enfoques innovadores como el aprendizaje colaborativo y las tecnologías digitales. Mientras tanto, en este estudio, las actividades comunitarias y colaborativas destacaron por su capacidad de adaptarse incluso a entornos con recursos limitados, al fomentar el aprendizaje en contextos locales y el trabajo en equipo [28].

Otro aspecto contrastante se relaciona con la resistencia al cambio. Según un informe de la UNESCO (2021), en sistemas educativos donde predominan métodos tradicionales de enseñanza, la integración de estrategias sostenibles encuentra mayores obstáculos debido a la percepción de que estas no son prioritarias frente a contenidos académicos estándar. Sin embargo, en este trabajo se observó que cuando se involucra a los actores educativos en el diseño e implementación de estrategias, la resistencia disminuye y la receptividad aumenta, especialmente cuando se evidencian resultados positivos en el corto plazo [26].

5. Conclusión

La integración de estrategias de enseñanza para la sostenibilidad es esencial en la formación de individuos conscientes y comprometidos con la lucha contra el cambio climático. Este estudio demuestra que enfoques como el aprendizaje basado en proyectos, las simulaciones digitales, las actividades comunitarias y el aprendizaje colaborativo son herramientas valiosas para fomentar la conciencia ambiental y el compromiso social en diferentes contextos educativos.

A pesar de las barreras identificadas, como la resistencia al cambio, la falta de recursos tecnológicos y las limitaciones en la capacitación docente, las oportunidades para implementar estas estrategias son significativas. El involucramiento de la comunidad, la personalización de las estrategias según el contexto y el uso de tecnologías innovadoras son factores clave que pueden superar estos desafíos.

Además, la comparación con otros casos de estudio refuerza la relevancia de estas metodologías al evidenciar su impacto positivo en diferentes entornos. Este trabajo resalta la importancia de adoptar enfoques adaptativos y colaborativos que permitan maximizar los beneficios de las estrategias propuestas, mientras se minimizan sus limitaciones. En conclusión, la educación para la sostenibilidad debe consolidarse como un eje transversal en los sistemas educativos, promoviendo no solo el aprendizaje académico, sino también una transformación cultural hacia sociedades más responsables con el medio ambiente.

Contribución de autores: Los autores contribuyeron de forma igualitaria al desarrollo de esta investigación.

Financiamiento: Los autores financiaron a integridad el estudio.

Conflictos de interés: Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Referencias

1. Valerio-Hernández, V.; Arguedas-Quirós, S.; Aguilar-Arguedas, A. Educación Ambiental En El Marco de Una Estrategia Participativa Para Atender El Cambio Climático a Nivel Local: Experiencias En Costa Rica. *Rev. Ciencias Ambient.* **2015**, *49*, 1–12.
2. Marrero, D.R.; Salcedo, M.G.; Crespo, C.M.M.; Téllez, J.C.R. La Universidad y La Educación Para El Cambio Climático. *Humanidades Médicas* **2019**, *19*, 427–443.

3. Varela Mejía, F. Guía de Capacitación En Educación Ambiental y Cambio Climático 2012.
4. Gómez Zermeño, M.G.; Alemán de la Garza, L.; Hosman, L. Uso de Bibliotecas Digitales Solares Para La Enseñanza Del Cambio Climático En Comunidades Rurales. *Rev. Interam. Bibl.* **2022**, *45*.
5. Eugenio-Gozalbo, M.; Bohórquez, I.G.; Corchero, R.F.; Fernández, C.L.; García, M. del M.F.; de Rivas Verde-Montenegro, R.; Suárez-López, R.; Lagos, E.F.; Quevedo, V.O.; Ballengeer, A.M. Presentación Del Proyecto EduC3: Educación Para El Cambio Climático y La Sostenibilidad. In Proceedings of the 31 Encuentros Internacionales de Didáctica de las Ciencias Experimentales: Hacia una educación científica alineada con la Agenda 2030; Servicio de Publicaciones e Imagen Institucional, 2024; pp. 1451–1457.
6. Ouariachi, T.; Olvera-Lobo, M.D.; Gutiérrez-Pérez, J. Evaluación de Juegos Online Para La Enseñanza y Aprendizaje Del Cambio Climático. *Enseñanza las ciencias Rev. Investig. y Exp. didácticas* **2017**, *35*, 193–214.
7. Marsilla, J.I.E.; Luján, E.L. La Formación Del Profesorado Universitario Para La Educación En La Gestión de La Sostenibilidad. *Publicaciones Fac. Educ. y Humanidades del Campus Melilla* **2019**, *49*, 53–62.
8. Gavilanes Capelo, R.M.; Tipán Barros, B.G. La Educación Ambiental Como Estrategia Para Enfrentar El Cambio Climático. *ALTERIDAD. Rev. Educ.* **2021**, *16*, 286–298.
9. Vilches, A.; Pérez, D.G. La Educación Para La Sostenibilidad En La Universidad: El Reto de La Formación Del Profesorado. *Profesorado. Rev. currículum y Form. Profr.* **2012**, *16*, 25–43.
10. Álvarez-Lires, M.M.; Arias-Correa, A.; Lorenzo-Rial, M.A.; Serrallé-Marzoa, F. Educación Para La Sustentabilidad: Cambio Global y Acidificación Oceánica. *Form. Univ.* **2017**, *10*, 89–102.
11. Morote, Á.F.; Olcina Cantos, J. Cambio Climático y Educación: Una Revisión de La Documentación Oficial. *Doc. d'anàlisi geogràfica* **2023**, *69*, 107–134.
12. Blanco, M.A.; Blanco, M.E.; Vila Hinojo, B.T. Educación Ambiental y Actitud Frente Al Cambio Climático En Estudiantes Universitarios. *Rev. San Gregor.* **2022**, *1*, 1–15.
13. Morote Seguido, Á.F.; Olcina, J. Cambio Climático y Sostenibilidad En La Educación Primaria. Problemática y Soluciones Que Proponen Los Manuales Escolares de Ciencias Sociales. **2021**.
14. Navarro-Díaz, M.; Moreno-Fernández, O.; Rivero-García, A. El Cambio Climático En Los Libros de Texto de Educación Secundaria Obligatoria. *Rev. Mex. Investig. Educ.* **2020**, *25*, 957–985.
15. Bachiorri, A.; Puglisi, A. La Formación de Docentes Sobre El Cambio Climático En La Perspectiva de La Educación Para La Sostenibilidad. *A Educ. PARA O CAMBIO CLIMÁTICO NO Sist. Educ.* **2018**, 223.
16. Carmona, E.E. Revisión Bibliográfica. *Gac. Médica Espirituana* **2009**, *11*, 2.
17. Cudeiro-González, O.; Trejo-del Pino, F.C.; Zamora-Castro, R. Identificación de Posibles Talentos En El Béisbol: Perspectivas Desde El Proceso de Enseñanza-Aprendizaje Con Una Visión Socio Constructiva. *Maest. y Soc.* **2019**, *16*, 849–865.
18. Salmerón, H.; Jiménez, L.O.; Fernández, S.R. Identificación de Estrategias de Aprendizaje En Educación Infantil y Primaria: Propuesta de Instrumentos. *REOP-Revista Española Orientación y Psicopedag.* **2002**, *13*, 89–106.
19. Bilbao Villegas, G.; Monereo Font, C. Identificación de Incidentes Críticos En Maestros En Ejercicio: Propuestas Para La Formación Permanente. *Rev. electrónica Investig. Educ.* **2011**, *13*, 135–151.
20. Lluén Muga, H. Estrategias Didácticas Usando Las Tic' S Para Mejorar El Proceso de

- Enseñanza Aprendizaje En La IE Elvira García y García Del Distrito de Chiclayo. Región Lambayeque. 2017. **2019**.
21. Espinoza, A.S. La Estrategia Del Debate En El Fortalecimiento de La Conciencia Ambiental. *Investig. Vald.* **2018**, 12, 177–183.
 22. Ramos, C.V.; López, R.R.; Ramírez, C.D.B. Impacto de La Materia Desarrollo Sustentable En El Cambio de La Conciencia Ambiental de Los Estudiantes Del Nivel Superior. *Rev. Luna Azul* **2017**, 3–10.
 23. Vélez, A.; Gairín, J. Facilitadores, Barreras y Oportunidades En La Implementación de La Formación Dual En Colombia. *Rev. Espac.* **2019**, 40, 1–12.
 24. García Bohórquez, I. Modelos Para La Implementación Efectiva de La Educación En Cambio Climático: Oportunidades y Barreras. **2024**.
 25. Verdura, V.V. El Aprendizaje-Servicio: Una Estrategia Para La Formación de Competencias En Sostenibilidad. *Foro Educ.* **2015**, 193–212.
 26. Henríquez, A.I.M. Estrategias Pedagógicas Para El Conocimiento de La Conservación y Sostenibilidad Ambiental En La Corporación Educativa Del Litoral. *Boletín Redipe* **2013**, 85–89.
 27. Álvarez Suárez, P.; Vega Marcote, P.; De la Fuente Solana, E.I. Hacia El Desarrollo Sostenible En El Tercer Milenio: Análisis de Una Estrategia Educativa Para La Concienciación y La Estimulación de Conductas Sostenibles. *Paradigma* **2006**, 27, 55–72.
 28. Bernat, G.C.; Pubill, M.J. Competencias Profesionales En Educación Para La Sostenibilidad: Un Estudio Exploratorio de La Visión de Futuros Maestros. *Enseñanza las ciencias Rev. Investig. y Exp. didácticas* **2014**, 29–49.



© 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

RESEARCH ARTICLE

Influencia de la participación familiar en la eficacia de los programas de estimulación temprana para niños con discapacidad.

Suárez Avila Verónica Elizabeth ¹  Avila Romero Marie Elizabeth ¹  Villagómez García Edwin Rafael ¹ 
Zambrano Grefa Glendy Yasmin ¹  Tituaña Toapanta Luz Marlene ¹ 

¹ Instituto Superior Tecnológico Martha Bucaram de Roldós, Nueva Loja, Ecuador.

✉ Correspondencia: vesuarez@institutos.gob.ec  + 5930981056966

DOI/URL: <https://doi.org/10.53313/gwj81196>

Resumen: La participación familiar en los programas de estimulación temprana para niños con discapacidad es crucial para su éxito. Varios estudios demuestran que la implicación activa de los padres mejora significativamente los resultados en el desarrollo de los niños, al proporcionar un ambiente de apoyo continuo fuera del contexto terapéutico. Los programas que incluyen a las familias como colaboradores, en lugar de meros observadores, logran una mayor eficacia, ya que los padres pueden aplicar las estrategias de estimulación en el hogar, adaptándolas a las necesidades particulares de su hijo. Además, el apoyo emocional y psicológico brindado a las familias facilita la creación de un entorno propicio para el desarrollo infantil. La estrecha colaboración entre profesionales y familiares permite un enfoque integral y personalizado que potencia las habilidades y el bienestar de los niños con discapacidad, aumentando las probabilidades de éxito en su desarrollo.

Palabras claves: Participación familiar, estimulación temprana, discapacidad, eficacia.

Influence of family involvement on the effectiveness of early stimulation programmes for children with disabilities.

Abstract: Family involvement in early stimulation programmes for children with disabilities is crucial to their success. Several studies show that the active involvement of parents significantly improves children's developmental outcomes by providing an ongoing supportive environment outside the therapeutic context. Programmes that include families as partners, rather than mere observers, achieve greater effectiveness, as parents can apply the stimulation strategies at home, adapting them to the particular needs of their child. In addition, the emotional and psychological support provided to families facilitates the creation of an environment conducive to child development. The close collaboration between professionals and families



Cita: Suárez Avila, V. E., Avila Romero, M. E., Villagómez García, E. R., Zambrano Grefa, G., & Tituaña Toapanta, L. M. (2024). Influencia de la participación familiar en la eficacia de los programas de estimulación temprana para niños con discapacidad. Green World Journal, 8(1), 166. <https://doi.org/10.53313/gwj81196>

Received: 23/December/2024

Accepted: 13/January/2025

Published: 25/January/2025

Prof. Carlos Mestanza-Ramón, PhD.
Editor-in-Chief / CaMeRa Editorial
editor@greenworldjournal.com

Editor's note: CaMeRa remains neutral with respect to legal claims resulting from published content. The responsibility for published information rests entirely with the authors.



© 2025 CaMeRa license, Green World Journal. This article is an open access document distributed under the terms and conditions of the license.

Creative Commons Attribution (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>

allows for a holistic and personalised approach that enhances the skills and well-being of children with disabilities, increasing the likelihood of their developmental success.

Keywords: Family participation, early stimulation, disability, effectiveness.

1. Introducción.

La estimulación temprana ha sido reconocida como un pilar esencial para promover el desarrollo integral de los niños, especialmente de aquellos que enfrentan algún tipo de discapacidad. Este tipo de intervenciones están diseñadas para aprovechar la neuroplasticidad del cerebro durante los primeros años de vida, un periodo crítico en el que las conexiones neuronales se forman y consolidan a un ritmo acelerado. Los programas de estimulación temprana no solo abordan el desarrollo cognitivo, sino también aspectos fundamentales como las habilidades motoras, la comunicación, la interacción social y el bienestar emocional. Sin embargo, para que estos programas alcancen su máximo potencial, es imprescindible que la familia se involucre de manera activa en el proceso [1].

La familia representa el primer entorno de aprendizaje y socialización de los niños. Los padres, cuidadores y otros miembros del núcleo familiar no solo proporcionan el cuidado físico necesario, sino que también desempeñan un papel clave en la estimulación y el refuerzo de las habilidades que los niños desarrollan a través de los programas especializados. En el caso de los niños con discapacidad, esta participación cobra una relevancia aún mayor, ya que ellos requieren un entorno que no solo sea comprensivo y adaptable, sino que también esté alineado con los objetivos y estrategias definidas por los especialistas [2].

Numerosos estudios han demostrado que la participación familiar tiene un impacto directo y significativo en la eficacia de los programas de estimulación temprana. Por ejemplo, cuando los padres están involucrados activamente, los niños suelen mostrar mayores avances en el desarrollo de habilidades específicas, como la coordinación motora, la capacidad de comunicación y el desarrollo emocional. Además, el compromiso de la familia contribuye a la creación de un entorno afectivo y seguro, donde el niño puede explorar y practicar las habilidades adquiridas sin temor al fracaso o al rechazo. En este contexto, el rol de la familia no se limita a ser un apoyo pasivo, sino que se convierte en un agente activo del desarrollo del niño [3].

A pesar de la clara importancia de la participación familiar, también es necesario reconocer los desafíos que muchas familias enfrentan al tratar de involucrarse en los programas de estimulación temprana. Factores como la falta de tiempo debido a responsabilidades laborales, la ausencia de recursos económicos, el desconocimiento sobre las necesidades específicas del niño y, en algunos casos, el agotamiento emocional, pueden limitar la capacidad de los padres para participar plenamente. Además, las barreras culturales y sociales también pueden influir, ya que algunas familias podrían no comprender la importancia de su rol en el proceso o podrían tener expectativas irreales sobre los resultados de los programas de estimulación [4].

En este sentido, es fundamental que los programas de estimulación temprana incluyan estrategias para fomentar la participación familiar y superar estas barreras. Esto puede incluir desde la educación y capacitación de los padres, hasta la provisión de recursos prácticos que faciliten la aplicación de las estrategias en el hogar. Asimismo, es crucial establecer una comunicación efectiva y constante entre los profesionales y las familias, con el fin de garantizar que los objetivos y metodologías sean comprendidos y adoptados de manera adecuada. Los especialistas también deben ser sensibles a las necesidades y limitaciones de cada familia, adaptando sus intervenciones para que sean realistas y sostenibles [4].

Un aspecto igualmente importante es el impacto emocional que la participación activa puede tener en los padres y cuidadores. La sensación de ser parte integral del desarrollo del niño no solo refuerza el vínculo afectivo entre el niño y la familia, sino que también puede ser una fuente de empoderamiento y motivación para los padres. Sin embargo, también es cierto que este nivel de participación puede generar estrés, ansiedad e incluso sentimientos de culpa en aquellos casos donde los resultados no sean inmediatos o evidentes. Por ello, los programas de estimulación temprana deben también considerar el apoyo emocional a las familias, ofreciendo espacios donde puedan expresar sus preocupaciones, compartir experiencias y recibir orientación [4].

En este artículo, se analizará en profundidad cómo la participación familiar influye en la eficacia de los programas de estimulación temprana para niños con discapacidad. Se explorarán las ventajas de un enfoque colaborativo, así como los desafíos y barreras que las familias enfrentan en este contexto. Además, se presentarán recomendaciones prácticas para mejorar la interacción entre los especialistas y las familias, con el objetivo de maximizar los beneficios de estos programas y promover un desarrollo integral y sostenible en los niños. Al final, este análisis pretende no solo resaltar la importancia del rol familiar, sino también generar conciencia sobre la necesidad de diseñar intervenciones que sean inclusivas, flexibles y adaptadas a las realidades de cada contexto familiar [5].

La discusión también abordará la perspectiva de los profesionales y su responsabilidad en la integración de las familias en el proceso. Para ello, se analizará cómo las instituciones y los equipos de trabajo pueden fortalecer sus prácticas para facilitar la participación de las familias y garantizar que esta sea significativa. Esto incluye desde la creación de protocolos claros y accesibles, hasta la implementación de estrategias innovadoras que promuevan la colaboración y el aprendizaje mutuo [6].

En conclusión, la participación familiar no es un elemento accesorio, sino un componente esencial para el éxito de los programas de estimulación temprana. Al reconocer y abordar los factores que influyen en esta participación, es posible no solo mejorar los resultados en el desarrollo de los niños con discapacidad, sino también fortalecer el papel de la familia como un agente de cambio positivo. Este artículo busca ser una contribución significativa al campo de la estimulación temprana y un llamado a la acción para todos los actores involucrados en este proceso tan crucial para el futuro de los niños y sus familias [7].

2. Materiales y métodos

La metodología propuesta tiene como objetivo evaluar de manera rigurosa la influencia de la participación familiar en la eficacia de los programas de estimulación temprana para niños con discapacidad. Para ello, se ha diseñado un estudio de tipo cuantitativo, correlacional y longitudinal, enfocado en analizar la relación entre la implicación de las familias y los avances observados en los niños que asisten a programas específicos en centros como el CDI Cucara Macara y el CDI Upala. Niños. Este enfoque no solo busca generar datos significativos, sino también aportar conocimientos que puedan ser aplicados para mejorar las prácticas en el ámbito de la estimulación temprana [8].

El proceso metodológico inicia con la selección de la población objetivo, conformada por familias y niños con discapacidad que participan activamente en estos programas. La muestra se delimita a aquellos niños que asisten regularmente a los centros mencionados, garantizando una representatividad adecuada para el análisis. Para recolectar la información necesaria, se han diseñado varios instrumentos, entre ellos una encuesta destinada a medir el nivel y tipo de

participación familiar, así como un cuestionario que evalúa la percepción tanto de los padres como de los terapeutas respecto a los avances alcanzados por los niños. Además, se contempla la observación directa como una complementaria, permitiendo registrar comportamientos y dinámicas específicas durante las sesiones de estimulación [9].

El desarrollo del estudio comprende varias etapas cuidadosamente estructuradas. En primer lugar, se lleva a cabo una revisión exhaustiva de la literatura existente, con el objetivo de identificar antecedentes relevantes y teorías que sirvan como base para la investigación. Paralelamente, se diseñan y validan los instrumentos de recolección de datos, asegurando su confiabilidad y pertinencia. Una vez definidos estos elementos, se procede a capacitar al personal involucrado, incluyendo investigadores y terapeutas, quienes recibirán capacitación específica sobre los procedimientos y el uso de las herramientas diseñadas [10].

La fase de recolección de datos se inicia con el reclutamiento de las familias participantes, garantizando que comprendan los objetivos del estudio y otorguen su consentimiento informado. Posteriormente, se aplican las encuestas y cuestionarios previamente diseñados, los cuales son distribuidos tanto a padres como a terapeutas. De manera simultánea, se realizan observaciones directas durante las sesiones de estimulación, documentando aspectos clave del proceso y la interacción familiar. Estos datos son cuidadosamente procesados, ingresados y limpiados para evitar inconsistencias.

El análisis de los datos recolectados se realiza utilizando métodos estadísticos descriptivos y correlacionales, lo que permite identificar patrones y relaciones significativas entre la participación familiar y la eficacia de los programas. Los resultados obtenidos son interpretados en el contexto de los objetivos planteados y contrastados con la literatura existente, lo que contribuye a validar las conclusiones del estudio [11].

Finalmente, los hallazgos son divulgados de manera sistemática a las familias participantes, profesionales de la salud y la comunidad académica. Esto no solo permite sensibilizar a los involucrados sobre la importancia de la participación familiar, sino también fomentar la implementación de prácticas basadas en evidencia. Para llevar a cabo este proceso, se consideran diversos recursos, incluyendo personal capacitado, materiales adecuados para la recolección de datos y el desarrollo de las sesiones, así como apoyo financiero para garantizar la sostenibilidad del estudio. En conjunto, esta metodología busca no solo cumplir con los objetivos del proyecto, sino también contribuir al bienestar y desarrollo integral de los niños con discapacidad.

3. Resultados

Tabla 1. Factores que influyen en la participación familiar en programas de estimulación temporal

Característica demográfica	Mínimo : Máximo	Media (DS)
Edad de PPFF	<29 – > 40	30 - 39 (69,23%)
Nivel educativo	Frecuencia	Porcentaje
Bachiller	7	53,85%
Superior	6	46,15%
Total	13	100,0

Característica demográfica	Mínimo : Máximo	Media (DS)
Edad de PPFF	<29 – > 40	30 - 39 (40%)
Nivel educativo	Frecuencia	Porcentaje
Bachiller	3	15%
Superior	17	85%
Total	20	100,0

En ambos centros, la mayoría de los padres y representantes legales se encuentran en el rango de edad de 30 a 39 años. Sin embargo, los datos revelan una diferencia notable en el nivel educativo de los participantes entre los dos centros. En Cúcara Mácara, predomina un nivel educativo superior, alcanzando un 85%, mientras que en Úpala Kids el nivel de bachillerato es el más frecuente, representando un 53,85%.

Tabla 2. Factores que influyen en la participación familiar en programas de estimulación temprana en Úpala Kids y Cúcara Mácara

Ocupación	Frecuencia	Porcentaje
Secretaria	2	15%
Ama de casa	10	76%
Comerciante	1	7,69%
Total	13	100%
Hijos 1 - 4	MIN – MAYUS 1 (7,69 %) – 7(53,85%)	MEDIA 2 (15,38%) – 3(23,08%)
Ocupación	Frecuencia	Porcentaje
Secretaria	0	0,00%
Ama de casa	1	5,00%
Comerciante	4	20,00%
Criminalista	1	5,00%
Contador	2	10,00%
Médico	8	40,00%
Derecho	2	10,00%
Licenciado/tecnico	2	10,00%
Total	20	100,00%
Hijos 1 - 4	Min – mayus 3 (15 %) – 0(0%)	Media 14 (70%) – 3(15%)

La ocupación de ama de casa es la más común en ambos centros, representando el 76% en Úpala Kids y el 5% en Cúcara Mácara. A diferencia de Úpala Kids, donde la mayoría de los padres de familia son ama de casa, en Cúcara Mácara se destaca una mayor diversidad de ocupaciones, incluyendo profesionales en áreas como salud, derecho y contabilidad.

Tabla 3. Participación familiar y programas de estimulación temprana en Úpala Kids y Cúcara Mácara, 2024

Frecuencia de actividades en casa	Frecuencia	%
Nunca	0	0,00%
A veces	1	7,69%
Frecuente	5	38,46%
Siempre	7	53,85%
Total	13	100,00%

Frecuencia de actividades en casa	Frecuencia	Porcentaje
Nunca	1	5,00%
A veces	9	45,00%
Frecuente	8	40,00%
Siempre	2	10,00%
Total	20	100%

En general, las familias del Centro de Desarrollo Infantil Particular “Cúcara Mácara” informan una mayor frecuencia en la realización de actividades de estimulación temprana en casa en comparación con las familias de Úpala Kids. En el caso de Úpala Kids, se observa una mayor variabilidad en la frecuencia de estas actividades. Un porcentaje significativo de familias (53,85%) indica que las realizaciones de manera constante, mientras que, en Cúcara Mácara, un porcentaje considerable (38,46%) reporta que las lleva a cabo solo ocasionalmente o nunca (7,69%). Este contraste sugiere que las familias de Cúcara Mácara, probablemente, tienen una mayor integración de las actividades de estimulación temprana en su rutina diaria, mientras que las de Úpala Kids presentan una adopción más discontinua de estas prácticas, lo que podría estar relacionado con diferencias en el acceso a recursos, tiempo disponible o percepciones sobre la importancia de estas actividades.

Tabla 4. Relación entre la participación familiar y los programas de estimulación temprana en Úpala Kids y Cúcara Mácara, 2024.

Apoyo adicional	Frecuencia	%
Grupo de apoyo	5	38,46%
Asesoramiento psicológico	3	23,08%
Más información de actividades	5	38,46%
Total	13	100,00%

Apoyo adicional	Frecuencia	Porcentaje
Grupo de apoyo	7	35%

Asesoramiento psicológico	11	55%
Más información de actividades	2	10%
Total	20	100%

Las familias del Centro de Desarrollo Infantil “Cúcara Mácara” manifestaron una mayor necesidad de asesoramiento psicológico, representando el 55% de las solicitudes totales en ese centro. Esta demanda refleja una posible vulnerabilidad emocional o psicológica que podría estar impactando el bienestar de las familias. Tanto en Úpala Kids como en Cúcara Mácara, un porcentaje significativo de familias expresó la necesidad de contar con un grupo de apoyo, lo que resalta la importancia de crear espacios de intercambio y aprendizaje entre ellas. Estos espacios no solo permitirían brindar apoyo emocional, sino también fortalecer la red de apoyo mutuo. En cuanto a la solicitud de información sobre las actividades de estimulación temprana, las familias de Cúcara Mácara mostraron un interés menor en comparación con las de Úpala Kids. Esto podría indicar que en Cúcara Mácara las familias ya cuentan con un nivel de conocimiento adecuado sobre estas actividades o bien tienen otros recursos disponibles que satisfacen sus necesidades.

Tabla 5. Participación familiar y programas de estimulación temprana en Úpala Kids y Cúcara Mácara, 2024

Dificultades	Frecuencia	%
Tiempo por el trabajo	3	23,08%
Desconocimiento	3	23,08%
Precio de consulta	7	53,85%
Otras:.....	0	0,00%
Total	13	100,00%

Dificultades	Frecuencia	Porcentaje
Tiempo por el trabajo	19	95,00%
Desconocimiento	1	5,00%
Precio de consulta	0	0,00%
Otras:.....	0	0,00%
Total	20	100,00%

La principal dificultad reportada por las familias es la falta de tiempo debido al trabajo. Sin embargo, esta dificultad es significativamente más frecuente en Cúcara Mácara. En Úpala Kids, el desconocimiento sobre los programas y sus beneficios es una dificultad relevante, representando el 23.08% de las respuestas. Esta dificultad es casi inexistente en Cúcara Mácara. En Úpala Kids, el precio de las consultas es mencionado como una dificultad por el 53.85% de las familias, mientras que en Cúcara Mácara no se reporta esta dificultad.

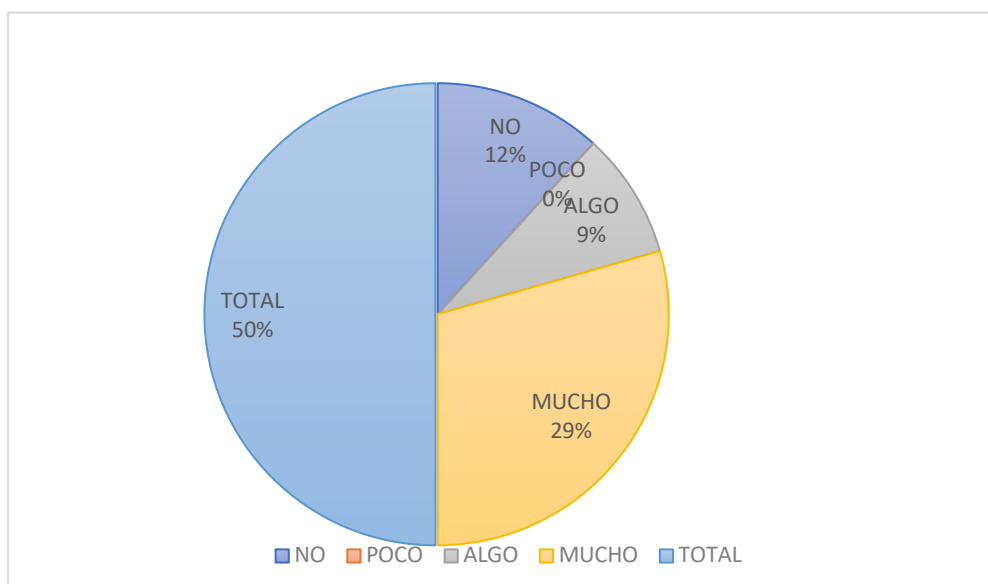
Tabla 6. Relación entre participación familiar y estimulación temprana en Úpala Kids y Cúcara Mácara, 2024

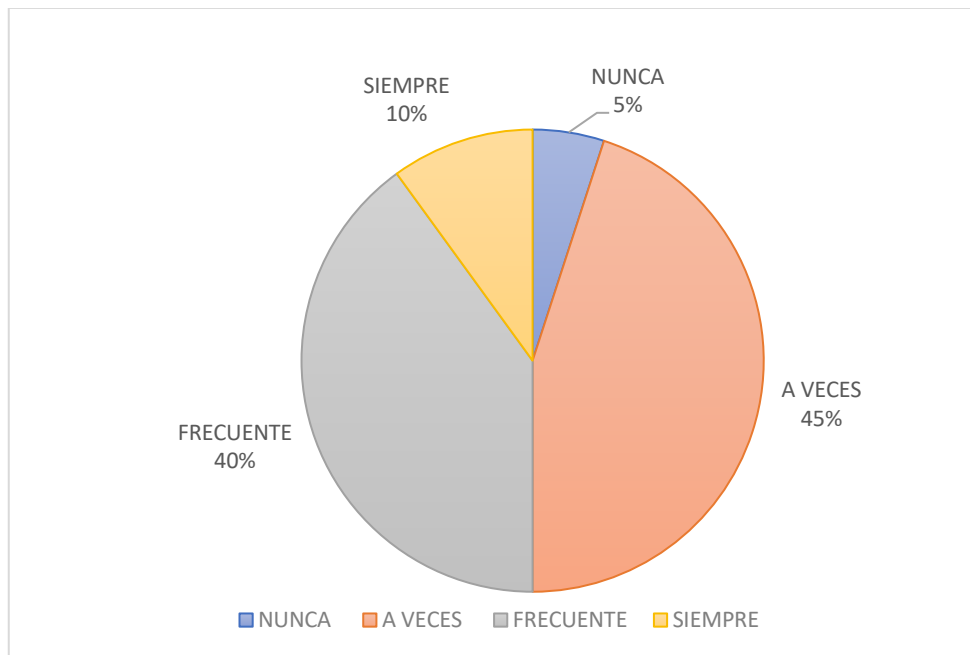
Preguntas sobre el programa	Frecuencia	%
No	0	0,00%
Poco	0	0,00%
Algo	3	23,08%
Mucho	10	76,92%
Total	13	100,00%

Preguntas sobre el programa	Frecuencia	Porcentaje
No	0	0,00%
Poco	0	0,00%
Algo	1	5,00%
Mucho	19	95,00%
Total	20	100,00%

El 95% de las familias del centro Cúcara Mácara reportaron estar "muy" satisfechas con el programa, lo que refleja un alto nivel de satisfacción general con los servicios brindados. En cambio, en Úpala Kids, se observa una mayor variabilidad en los niveles de satisfacción: aunque el 76.92% de las familias expresó estar "muy" satisfecho, un 23.08% se mostró "algo" satisfecho. Esto sugiere que, para un pequeño grupo de familias, existen aspectos del programa que podrían mejorar. Cabe destacar que en ambos centros, ninguna familia reportó estar "poco" o "nada" satisfecha, lo que indica que, en general, las familias valoran positivamente los servicios ofrecidos.

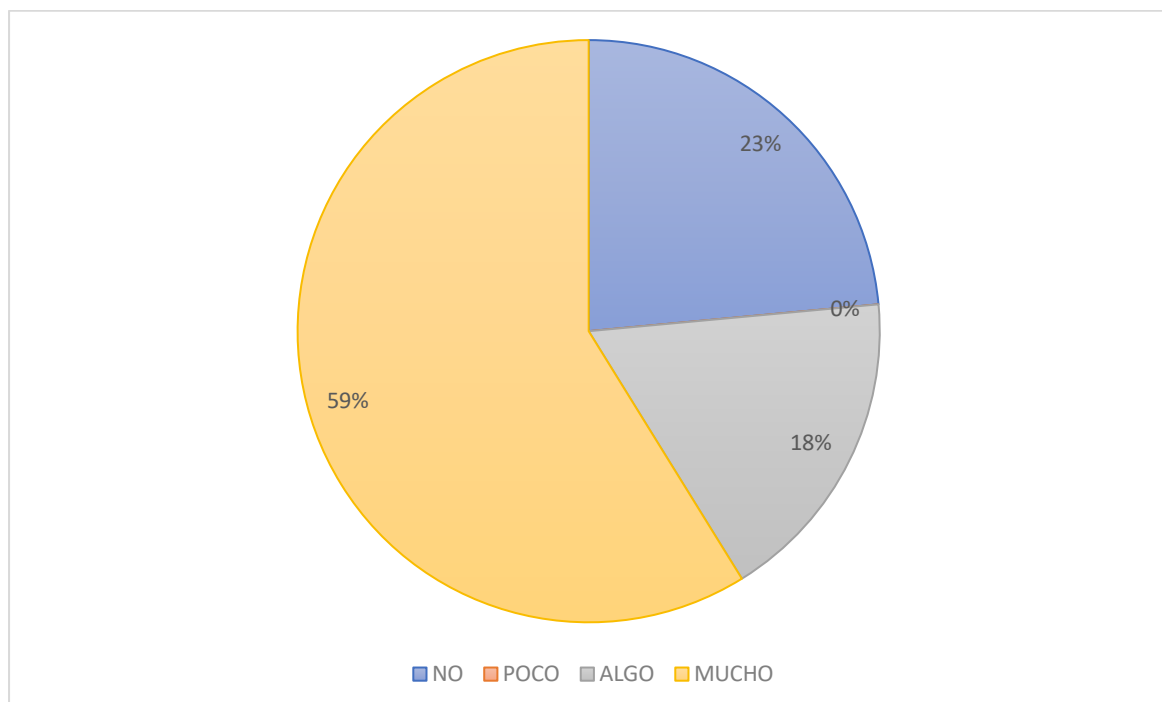
Gráfico 1. Frecuencia de actividades repetidas en casa en familias de Úpala Kids y Cúcara Mácara, 2024

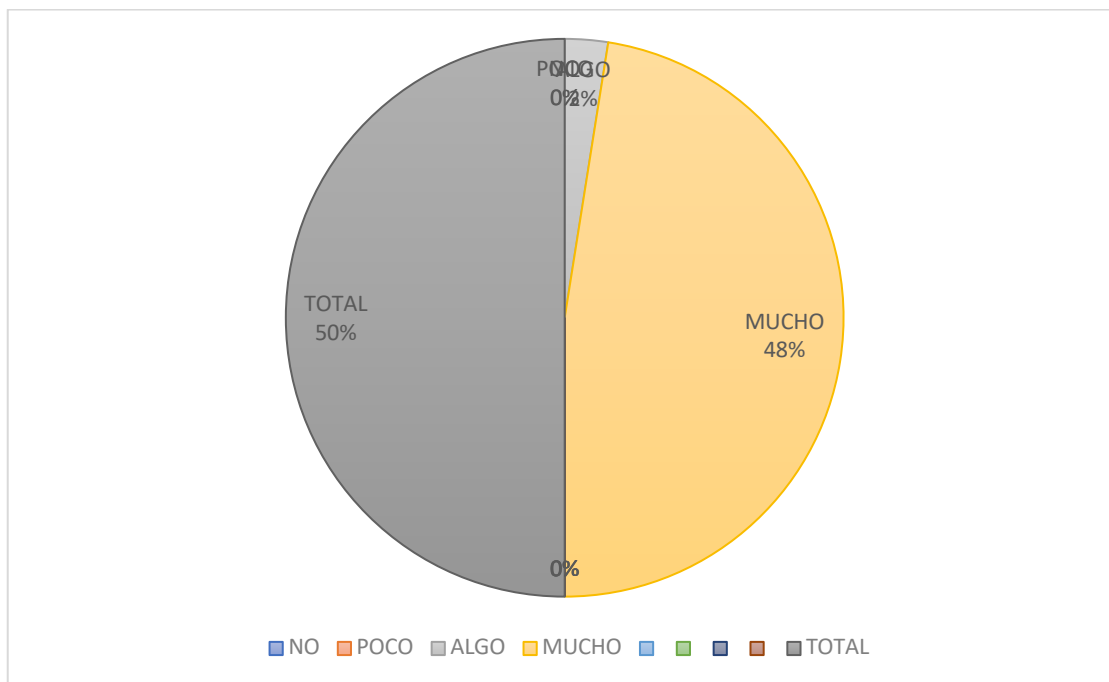




El gráfico revela que en el centro Cúcara Mácara, la mayoría de las familias (85%) realizan actividades de estimulación temprana en casa, con un 45% reportando que las hacen "a veces" y un 40% "frecuentemente". Esto indica un compromiso activo y consistente por parte de las familias para reforzar las actividades del centro en el hogar. En contraste, en el centro Úpala Kids, se observa una mayor variabilidad en las respuestas. Aunque un 45% de las familias también realiza actividades "a veces", hay un grupo considerable que las hace "siempre" (10%) y otro grupo que las realiza "poco" o "nada" (22%). Esta dispersión podría reflejar diferencias en el nivel de involucramiento o en la percepción de la importancia de las actividades de estimulación temporal.

Gráfico 2. Frecuencia de preguntas sobre programas de estimulación temprana en Úpala Kids y Cúcara Mácara, 2024.





El gráfico muestra que en el centro Cúcara Mácara, la mayoría de las familias (48%) reportan realizar "muchas" preguntas sobre los programas de estimulación temprana. Esto sugiere un alto nivel de interés y compromiso de las familias en obtener información sobre el programa. En el centro Úpala Kids, se observa una mayor dispersión en las respuestas. Si bien un porcentaje significativo de familias también realiza "muchas" preguntas (23%), un grupo considerable realiza "algunas" preguntas (18%) y otro grupo no realiza preguntas (59%). En ambos centros, un porcentaje muy bajo de familias reporta "poco" o "nada" de preguntas, lo que indica que en general, las familias están interesadas en obtener información sobre los programas.

4. Discusión

La participación familiar en los programas de estimulación temprana es un factor crucial para el éxito de estos programas, ya que la implicación activa de los padres contribuye significativamente al desarrollo de los niños. Sin embargo, los factores que influyen en esta participación varían según las características demográficas, las ocupaciones, las necesidades de apoyo y las dificultades que enfrentan las familias en diferentes contextos.

En cuanto a las características demográficas, se observa que, en ambos centros (Úpala Kids y Cúcara Mácara), la mayoría de los padres se encuentran en el rango de edad de 30 a 39 años, lo que podría indicar que estos padres se encuentran en una etapa madura en cuanto a la toma de decisiones educativas y el interés en el desarrollo de sus hijos. Sin embargo, la diferencia más destacada entre los centros se refiere al nivel educativo. En Cúcara Mácara, el 85% de los padres tienen un nivel educativo superior, mientras que en Úpala Kids, la mayoría de los padres solo alcanzan el nivel de bachillerato. Esta diferencia en el nivel educativo podría tener un impacto directo en la percepción de la importancia de las actividades de estimulación temprana, así como en la forma en que las familias abordan estos programas.

La ocupación también juega un papel relevante en la participación familiar. En Úpala Kids, la mayoría de los padres son amas de casa, lo que podría indicar que tienen más tiempo disponible para involucrarse en las actividades del programa. En cambio, en Cúcara Mácara, se observa una

mayor diversidad ocupacional, incluyendo profesionales de distintas áreas, lo que podría implicar que estos padres tienen horarios más rígidos y menos tiempo disponible para participar activamente. Esta diferencia podría influir en la manera en que las familias incorporan las actividades de estimulación temprana en su rutina diaria, con las familias de Úpala Kids reportando una mayor constancia en la realización de estas actividades.

En cuanto a la participación en las actividades de estimulación temprana en casa, los datos muestran que las familias de Cúcara Mácara son más consistentes en su implicación, con un 85% de las familias realizando actividades en casa "frecuentemente" o "siempre". En cambio, en Úpala Kids, la frecuencia de estas actividades es más variable, lo que podría indicar que la integración de estas actividades en la rutina familiar es menos constante, posiblemente debido a dificultades como el desconocimiento sobre la importancia de estas actividades o limitaciones de tiempo.

Además, la necesidad de apoyo adicional es una constante en ambos centros. Las familias de ambos centros manifiestan la necesidad de contar con grupos de apoyo y más información sobre las actividades de estimulación temprana. Sin embargo, en Cúcara Mácara, se observa una mayor solicitud de asesoramiento psicológico, lo que podría indicar que las familias en este centro enfrentan mayores desafíos emocionales o sociales. Este tipo de apoyo es crucial para fortalecer el bienestar de las familias y permitirles participar de manera más activa en los programas de estimulación temprana.

Por otro lado, las dificultades reportadas también reflejan contrastes importantes. Mientras que en Úpala Kids, la principal dificultad es el desconocimiento sobre los programas, en Cúcara Mácara, la falta de tiempo debido al trabajo es la barrera más significativa. Esto resalta las diferentes realidades socioeconómicas y culturales de las familias de ambos centros, y sugiere que los programas deben adaptarse para abordar estas barreras de manera efectiva.

Finalmente, la satisfacción general con los programas de estimulación temprana es alta en ambos centros, con la mayoría de las familias reportando un alto nivel de satisfacción. Sin embargo, la variabilidad en la satisfacción en Úpala Kids sugiere que existen aspectos del programa que podrían mejorarse, como la información proporcionada o el apoyo recibido. En general, estos datos evidencian que la participación familiar en los programas de estimulación temprana está influenciada por múltiples factores, y que cada centro enfrenta desafíos y realidades diferentes que deben ser considerados para optimizar la participación y el impacto de estos programas en el desarrollo infantil.

5. Conclusión

En conclusión, los datos obtenidos de los centros Úpala Kids y Cúcara Mácara reflejan importantes diferencias y similitudes en la participación familiar en los programas de estimulación temprana, lo que sugiere una interacción compleja de factores demográficos, ocupacionales y socioeconómicos que influyen en el nivel de involucramiento de las familias.

Uno de los hallazgos más relevantes es la diferencia en el nivel educativo de los padres entre los dos centros. Mientras que en Cúcara Mácara la mayoría de los padres tienen estudios superiores (85%), en Úpala Kids el nivel educativo predominante es el bachillerato (53,85%). Esta disparidad en los niveles educativos puede tener un impacto significativo en la participación de las familias, ya que se sabe que los padres con mayor nivel educativo tienden a estar más informados sobre la importancia de la estimulación temprana y su papel en el desarrollo infantil. Este factor podría explicar la mayor frecuencia con la que las familias de Cúcara Mácara realizan actividades de estimulación en casa, en comparación con la mayor variabilidad observada en Úpala Kids.

La ocupación también juega un papel crucial en la participación familiar. En Úpala Kids, la ocupación predominante es ama de casa (76%), lo que sugiere una mayor disponibilidad de tiempo para la participación en actividades relacionadas con el desarrollo de los niños. Sin embargo, en Cúcara Mácara, la diversidad de ocupaciones, que incluye profesionales de la salud, derecho y contabilidad, refleja una población más heterogénea, lo que puede generar un desafío para la

integración de actividades familiares en sus rutinas diarias. A pesar de esta diversidad, las familias de Cúcara Mácara muestran una mayor disposición a participar en actividades de estimulación temprana, lo que resalta la importancia del compromiso de los padres en la educación de sus hijos.

Además, las dificultades reportadas por las familias en ambos centros están asociadas principalmente con la falta de tiempo, debido a las responsabilidades laborales, y el costo de las consultas, especialmente en Úpala Kids. Este último punto es particularmente relevante, ya que refleja una barrera económica que podría estar limitando el acceso y la participación en los programas de estimulación temprana. Las familias de Cúcara Mácara, por otro lado, no reportan dificultades económicas, lo que podría indicar que tienen más recursos para acceder a estos servicios, o bien, que los costos no son una barrera significativa en su contexto.

En términos de apoyo adicional, ambas comunidades manifiestan la necesidad de grupos de apoyo y asesoramiento psicológico, lo que destaca la importancia de crear redes de apoyo familiar que fortalezcan la participación y el bienestar de los padres y sus hijos. La necesidad de mayor información sobre actividades de estimulación temprana también fue evidente, especialmente en Úpala Kids, lo que sugiere que estas familias pueden beneficiarse de un mayor acceso a recursos educativos y formativos.

Finalmente, en relación con la satisfacción general con los programas, se observa que la mayoría de las familias en ambos centros están muy satisfechas con los servicios ofrecidos. No obstante, la mayor satisfacción reportada en Cúcara Mácara, junto con la frecuencia constante de actividades de estimulación temprana, sugiere que los programas en este centro podrían estar mejor integrados en la vida cotidiana de las familias. En cambio, las familias de Úpala Kids, aunque satisfechas, muestran una mayor dispersión en cuanto a la frecuencia y el nivel de compromiso con las actividades, lo que podría indicar áreas de mejora, especialmente en la promoción de la participación activa.

En conclusión, para optimizar la participación familiar en los programas de estimulación temprana, es crucial tener en cuenta las características demográficas, ocupacionales y socioeconómicas de las familias, así como las barreras económicas y de tiempo que puedan enfrentar. A través de un enfoque más inclusivo y flexible, se pueden crear condiciones que favorezcan la mayor implicación de las familias en el desarrollo de sus hijos, lo que redundará en beneficios a largo plazo para el bienestar infantil y familiar.

Contribución de autores: Los autores contribuyeron de forma igualitaria al desarrollo de esta investigación.

Financiamiento: Los autores financiaron a integridad el estudio.

Conflictos de interés: Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Referencias

1. Acebo, M.E.C.; Poveda, A.G.C. Aspectos Fundamentales de Los Programas de Estimulación Temprana y Sus Efectos En El Desarrollo de Los Niños de 0 a 6 Años. *RECIMUNDO* **2020**, *4*, 499–520.
2. Flores, J. Efectividad Del Programa de Estimulación Temprana En El Desarrollo Psicomotor de Niños de 0 a 3 Años. *Rev. Cienc. y Tecnol.* **2013**, *9*, 101–117.
3. Montero Cabrera, I.D.; Gómez Vázquez, Y.E.; Góngora Gómez, O. Efectividad de La Estimulación Temprana En Lactantes Con Riesgos de Retardo En El Desarrollo Psicomotor. *Correo Científico Médico* **2020**, *24*, 637–654.
4. Tineo Carrasco, L.V. Influencia de Sesiones Educativas Sobre Estimulación Temprana En Las Madres y Padres de Los Niños Menores de Tres Años Del Programa de Control de

- Crecimiento y Desarrollo, Centro de Salud Pimentel, 2016. **2016**.
5. Atoche Castillo, S.G. Influencia Del Soporte Familiar En El Desarrollo de Habilidades Sociales de Los Niños Con Discapacidad En El Programa de Intervención Temprana En Educación Especial PRITE-EE Del Hospital Regional Docente de Trujillo, Año 2016. **2017**.
 6. Andreucci Annunziata, P.; Morales Cabello, C. Discapacidad Intelectual En Primera Infancia: La Perspectiva de Los/as Hermanos/as de Niños/as Con Síndrome de Down. *Rev. Latinoam. Educ. inclusiva* **2019**, *13*, 191–208.
 7. Robles-Bello, M.A.; Sánchez-Teruel, D. Atención Infantil Temprana En España. *Papeles del psicólogo* **2013**, *34*, 132–143.
 8. Sacravilca Gomez, M.T. Compromiso Parental y Desarrollo de Habilidades Adaptativas En Estudiantes de Un PRITE En Lima Sur, 2024. **2024**.
 9. Florentini Carrasco, B.A.; Jimenez Jara, M.A.; Rodas Torres, K. Calidad En El Servicio Del Programa de Tamizaje Neonatal Universal y Su Relación Con La Percepción de Las Madres Sobre El Bienestar Del Recién Nacido. **2024**.
 10. Hernandez Andrade, B.J. Psicoprofilaxis En Mujeres Gestantes Del Hospital San Luis de La Ciudad de Otavalo. 2024.
 11. Cabrera Florentino, K.J.; Morillo Soto, M.E. Estrategia Lúdica Para Desarrollar La Competencia Lógico-Matemática En Niños Del Nivel Inicial En Una Escuela Pública, República Dominicana. **2024**.



© 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

RESEARCH ARTICLE

Resistencia a compresión de plástico PEAD y PP reciclado mezclado con arena.

Eduardo Palma ¹  Michelle Córdova ¹  Daiana Arnold ² 

¹ Universidad Católica de Cuenca, EC 010101 Cuenca, Ecuador

² Universidad Feevale EC 93042-230 Novo Hamburgo, Brasil

✉ Correspondencia: eduardo.palma@ucacue.edu.ec ☎ + 593 984286979

DOI/URL: <https://doi.org/10.53313/gwj81198>

Resumen: La acumulación de residuos plásticos presenta un desafío ambiental significativo. Este estudio investiga el potencial de utilizar plásticos reciclados de polietileno de alta densidad (PEAD) y polipropileno (PP) mezclados con arena como materiales alternativos en la construcción; **Métodos:** Se prepararon muestras cilíndricas con diferentes proporciones de PEAD, PP y arena (0-40%). Se realizaron ensayos de compresión, determinación del módulo de elasticidad y coeficiente de Poisson siguiendo las normas ASTM; **Resultados:** La resistencia a la compresión y el módulo de elasticidad aumentaron significativamente con la adición de arena. El PEAD alcanzó una resistencia máxima de 287.14 kgf/cm² con 40% de arena, un incremento del 31.4% respecto al PEAD puro. El coeficiente de Poisson mostró variaciones con la adición de arena; **Conclusiones:** La incorporación de arena en plásticos reciclados PEAD y PP mejora significativamente sus propiedades mecánicas, sugiriendo su potencial uso en aplicaciones de construcción como una alternativa sostenible a los materiales tradicionales. Estos hallazgos tienen implicaciones prácticas para el desarrollo de materiales de construcción más ecológicos, la reducción de residuos plásticos y el fomento de una economía circular en la industria de la construcción.

Palabras claves: Economía Circular; PEAD; PP; arena; módulo de elasticidad; coeficiente de Poisson; materiales compuestos.

Compressive Strength of Recycled HDPE and PP Plastic Mixed with Sand

Abstract: Background: The accumulation of plastic waste presents a significant environmental challenge. This study investigates the potential of using recycled high-density polyethylene (HDPE) and polypropylene (PP) plastics mixed with sand as alternative construction materials; **Methods:** Cylindrical samples were prepared with different proportions of HDPE, PP, and sand (0-40%). Compression tests, determination of elastic modulus, and Poisson's ratio were performed following ASTM standards; **Results:** Compressive strength and elastic modulus increased significantly with the addition of sand. HDPE reached a maximum strength of 287.14 kgf/cm² with 40% sand, a 31.4% increase compared to pure HDPE. The Poisson's ratio showed variations with the addition of sand; **Conclusions:** The incorporation of sand in recycled HDPE

Green World Journal /Vol 06/ Issue 02/070/ May - August 2023 /www.greenworldjournal.com



Cita: Palma, E., Córdova, M., & Arnold, D. (2025). Resistencia a compresión de plástico PEAD y PP reciclado mezclado con arena. Green World Journal, 8(1), 1998. <https://doi.org/10.53313/gwj81198>

Received: 23/February/2025

Accepted: 03/March/2025

Published: 16/March/2025

Prof. Carlos Mestanza-Ramón, PhD.
Editor-in-Chief / CaMeRa Editorial
editor@greenworldjournal.com

Editor's note: CaMeRa remains neutral with respect to legal claims resulting from published content. The responsibility for published information rests entirely with the authors.



© 2025 CaMeRa license, Green World Journal. This article is an open access document distributed under the terms and conditions of the license.

Creative Commons Attribution (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>

and PP plastics significantly improves their mechanical properties, suggesting their potential use in construction applications as a sustainable alternative to traditional materials. These findings have practical implications for the development of more environmentally friendly construction materials, reduction of plastic waste, and promotion of a circular economy in the construction industry.

Keywords: Circular Economy; HDPE; PP; sand; modulus of elasticity; Poisson's ratio; composite materials.

1. Introducción

La protección del medio ambiente se ha convertido en una preocupación global apremiante, especialmente en el campo de la ingeniería civil, donde la búsqueda de alternativas de construcción más ecológicas es cada vez más crucial. Tradicionalmente, la industria de la construcción ha dependido en gran medida de materiales como el hormigón, el acero y la madera, los cuales tienen un impacto ambiental significativo en términos de extracción de recursos y emisiones de carbono. En este contexto, la investigación sobre el uso de plásticos reciclados como alternativa viable para la fabricación de elementos estructurales ha ganado un interés considerable en los últimos años.

La acumulación de residuos plásticos, particularmente en embalajes, ha generado problemas ambientales graves debido a la baja tasa de reciclaje y al predominio del polietileno (PE), que constituye más del 50% de estos desechos. Aunque el polietileno de alta densidad (PEAD) se recicla con relativa eficiencia, el reciclaje de PE mixto enfrenta dificultades significativas debido a la contaminación y al bajo rendimiento del material resultante (1,2). Estudios recientes han demostrado el potencial del plástico PEAD reciclado en aplicaciones de construcción, como la fabricación de adoquines, lo que no solo ayuda a reducir los residuos plásticos, sino que también aumenta la durabilidad del material y ofrece una alternativa más ecológica a los materiales tradicionales como el cemento y el asfalto (3). Sin embargo, la investigación sobre el uso de plásticos reciclados mixtos, especialmente la combinación de PEAD y polipropileno (PP), en aplicaciones estructurales aún es limitada.

El PEAD y el PP son ampliamente utilizados en diversas industrias debido a su resistencia y versatilidad, especialmente en envases y tuberías, gracias a su durabilidad y resistencia al calor. No obstante, su uso extendido presenta desafíos ambientales, como la acumulación de residuos y la migración de sustancias químicas, lo que subraya la necesidad de mejorar su reciclaje y manejo sostenible (2,4). La transición hacia una economía circular en el sector de los plásticos es urgente, y los esfuerzos se centran en aumentar la reciclabilidad y reutilización de estos materiales (5,6).

A pesar de los avances en el aumento del contenido reciclado en diversos productos, el reciclaje de plásticos aún enfrenta desafíos significativos debido a la contaminación cruzada y la degradación de propiedades (7–9). La integración de plásticos reciclados en aplicaciones como membranas y ligantes asfálticos ha demostrado ser prometedora (10–12), pero existe una brecha de conocimiento en cuanto a su uso en elementos estructurales que requieren una resistencia mecánica significativa. Estos esfuerzos optimizan la sostenibilidad de los materiales reciclados al abordar problemas como la degradación y la contaminación cruzada (13–15).

En este contexto, el presente estudio tiene como objetivo investigar el potencial de utilizar plásticos reciclados PEAD y PP, mezclados con arena, como materiales alternativos en la construcción, con un enfoque específico en su resistencia a la compresión y otras propiedades mecánicas relevantes. Esta investigación busca abordar la brecha de conocimiento existente sobre el comportamiento mecánico de estos materiales compuestos y su viabilidad para aplicaciones estructurales.

Para lograr este objetivo, se llevará a cabo un estudio experimental exhaustivo que incluirá la preparación de muestras con diferentes proporciones de PEAD, PP y arena, y la realización de ensayos de compresión, determinación del módulo de elasticidad y coeficiente de Poisson siguiendo las normas ASTM. Los resultados de este estudio tienen el potencial de proporcionar información valiosa sobre la viabilidad de utilizar estos materiales compuestos en aplicaciones de construcción, contribuyendo así a la reducción de residuos plásticos y al desarrollo de prácticas de construcción más sostenibles.

2. Materiales y métodos

En este estudio se empleó una metodología combinada de investigación experimental, bibliográfica y de trabajo de campo para elaborar y analizar 75 probetas de materiales compuestos con diversas proporciones de plástico PEAD, PP y arena. Debido a la falta de normativas específicas para la determinación de las propiedades de estos materiales compuestos, se adaptaron las normativas ASTM (16–20) utilizadas para la fabricación de concreto y las normas INEN (21–24) para la caracterización del material granular.

2.1 Materiales

Plásticos reciclados

Se utilizaron dos tipos de plásticos reciclados:

- Polietileno de Alta Densidad (PEAD), designado como plástico tipo 2
- Polipropileno (PP), designado como plástico tipo 5

Se recolectaron y clasificaron 120 kg de residuos sólidos plásticos, destinando 60 kg a cada tipo de plástico.

Arena

Se utilizó arena como agregado fino. El análisis granulométrico de la arena mostró una distribución adecuada que cumple con los estándares de la normativa ASTM C33. El módulo de finura de la arena es de 2,42.

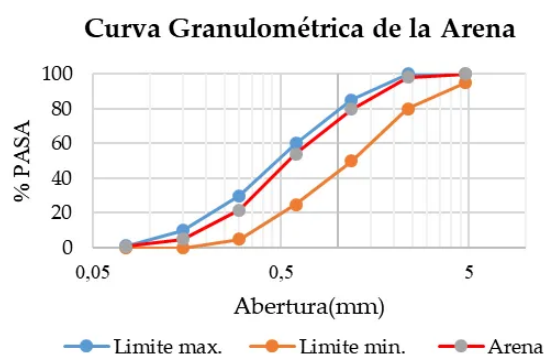


Figura 1. Curva Granulométrica de la arena

2.2 Preparación de muestras

Procesamiento de plásticos reciclados.

- Lavado: Los plásticos PEAD y PP se lavaron a fondo para eliminar residuos, polvo y lodo.
- Corte: Los plásticos se cortaron en pequeños pedazos rectangulares o cuadrados.
- Trituración: Se utilizó una trituradora eléctrica para reducir el tamaño de los plásticos, aplicando medidas de seguridad como el uso de audífonos y mascarillas.



Figura 2. Procesamiento de plásticos reciclados

Fabricación de probetas

- Extrusión de perfiles: Se fabricaron 15 tubos cilíndricos utilizando un molde metálico de 10 cm de diámetro y 128 cm de longitud (ver figura 3). El proceso consistió en fundir el plástico con las diversas dosificaciones de arena para formar los perfiles cilíndricos:
 - 5 cilindros de PEAD reciclado con porcentajes de arena de 0%, 10%, 20%, 30%, y 40%
 - 5 cilindros de PP reciclado con porcentajes de arena de 0%, 10%, 20%, 30%, y 40%
 - 5 cilindros de mezcla homogénea de PEAD y PP con porcentajes de arena de 0%, 10%, 20%, 30%, y 40%
- Corte de probetas: Los tubos cilíndricos se cortaron para obtener probetas con una relación altura: diámetro de 2:1 (Ver figura 3). De cada tubo cilíndrico se obtuvieron 5 probetas, resultando en un total de 75 probetas cilíndricas de 10 cm de diámetro y 20 cm de altura. Para garantizar la uniformidad, se descartaron los bordes de los cilindros fundidos durante el proceso de corte.



Figura 3. Fabricación de probetas

2.3 Ensayos realizados

Se utilizó arena como agregado fino, cuya caracterización se realizó mediante un análisis de sus propiedades físicas. El análisis granulométrico se llevó a cabo siguiendo la norma NTE INEN 696 [21] y se verificó que la distribución cumpliera con los estándares de la normativa ASTM C33 [20]. Además, se determinaron la densidad aparente y los vacíos de la arena según ASTM C29 [18] y NTE INEN 858 [22], mientras que la densidad relativa (gravedad específica) y la absorción se evaluaron conforme a ASTM C128 [19] y NTE INEN 0856 [23]. El muestreo de la arena se realizó de acuerdo con NTE INEN 695 [24] para garantizar representatividad. Estas propiedades fueron fundamentales para la preparación de las probetas, cuyos ensayos de compresión y determinación del módulo de elasticidad y coeficiente de Poisson se realizaron siguiendo ASTM C39 [16] y ASTM C469 [17], respectivamente. El módulo de finura de la arena fue de 2,42, confirmando su idoneidad para las mezclas.

Se realizaron sobre las probetas cilíndricas los siguientes ensayos:

Densidad de los materiales compuestos

Se determinó la densidad de las probetas de PEAD, PP y su mezcla con diferentes porcentajes de arena.

Ensayo de compresión

Se realizó el ensayo de compresión siguiendo la norma ASTM C39. La velocidad de carga aplicada fue de 0.25 ± 0.05 MPa/s. Ver figura 4

Determinación del módulo de elasticidad y coeficiente de Poisson

Se siguió la norma ASTM C469. Se aplicó una carga axial gradual hasta la falla de las probetas, registrando las deformaciones transversales y longitudinales con deformímetros montados en anillos sobre las probetas.



Figura 4. Ensayos realizados

3. Resultados

A continuación, se presenta una tabla resumen de los diversos valores encontrados para la densidad, resistencia a compresión, módulo de elasticidad y coeficiente de Poisson de las distintas probetas cilíndricas con los diversos porcentajes de arena y tipos de material.

Tabla 1 Propiedades del PEAD con diferentes porcentajes de arena

% Arena	Densidad (kg/m³)	Resistencia a Compresión (MPa)	Módulo de Elasticidad (GPa)	Coefficiente de Poisson
0%	690	21,85	0,61	0,29
10%	740	22,01	0,67	0,22
20%	810	21,97	0,79	0,29
30%	980	25,06	0,75	0,51
40%	1000	28,71	0,99	0,46

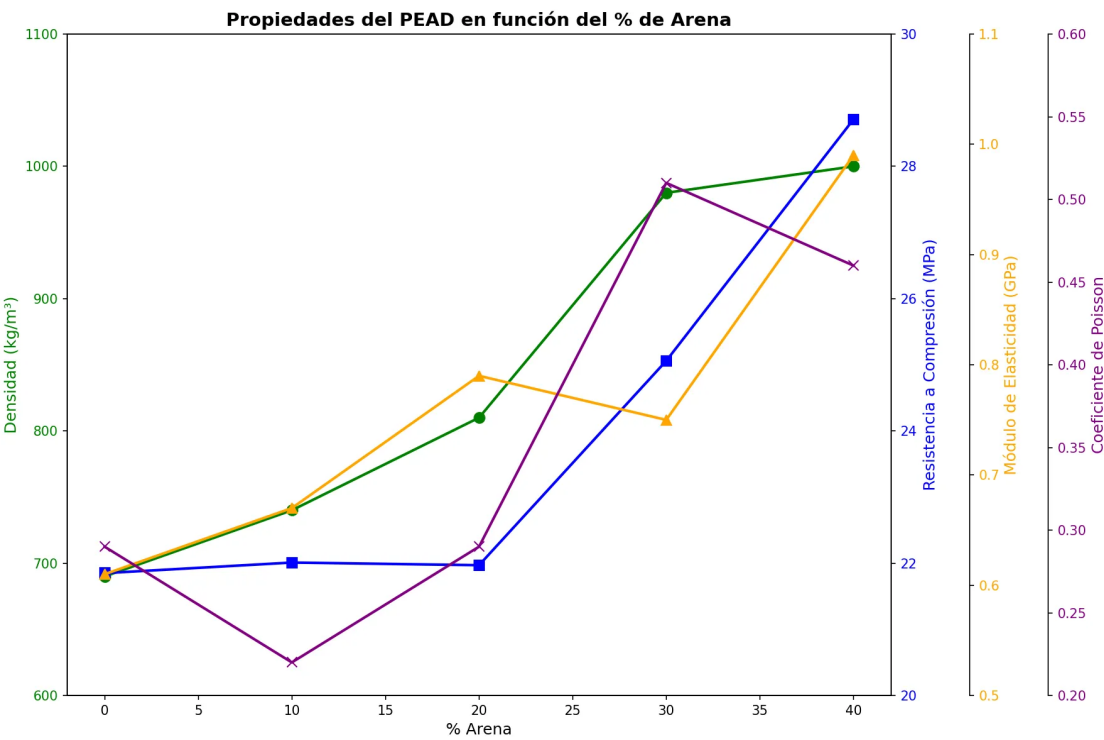


Figura 5. Propiedades del PEAD en función del % de Arena

Tabla 2 Propiedades del PP con diferentes porcentajes de arena

% Arena	Densidad (kg/m³)	Resistencia a Compresión (MPa)	Módulo de Elasticidad (GPa)	Coefficiente de Poisson
0%	710	15,39	0,53	0,32
10%	800	17,30	0,71	0,47
20%	890	17,76	0,88	0,40
30%	980	17,45	0,92	0,43
40%	1270	22,01	1,10	0,38



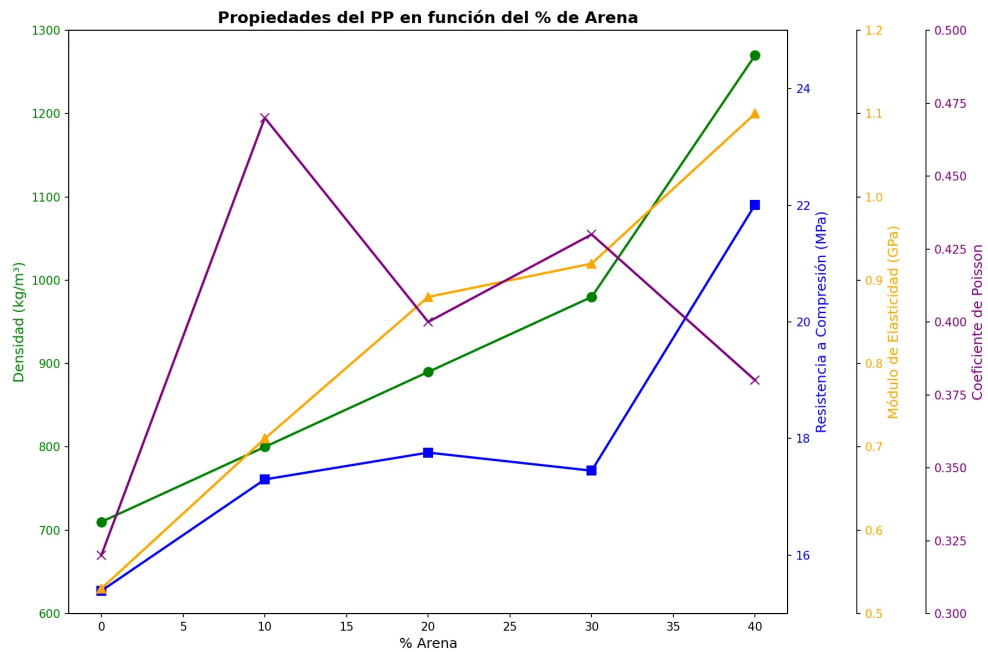


Figura 6. Propiedades del PP en función del % de Arena

Tabla 3 Propiedades de la mezcla PEAD+PP con diferentes porcentajes de arena

% Arena	Densidad (kg/m³)	Resistencia a Compresión (MPa)	Módulo de Elasticidad (GPa)	Coefficiente de Poisson
0%	690	18,46	0,50	0,33
10%	750	18,88	0,76	0,39
20%	860	20,99	0,74	0,50
30%	980	21,24	0,78	0,51
40%	1050	24,43	0,97	0,47

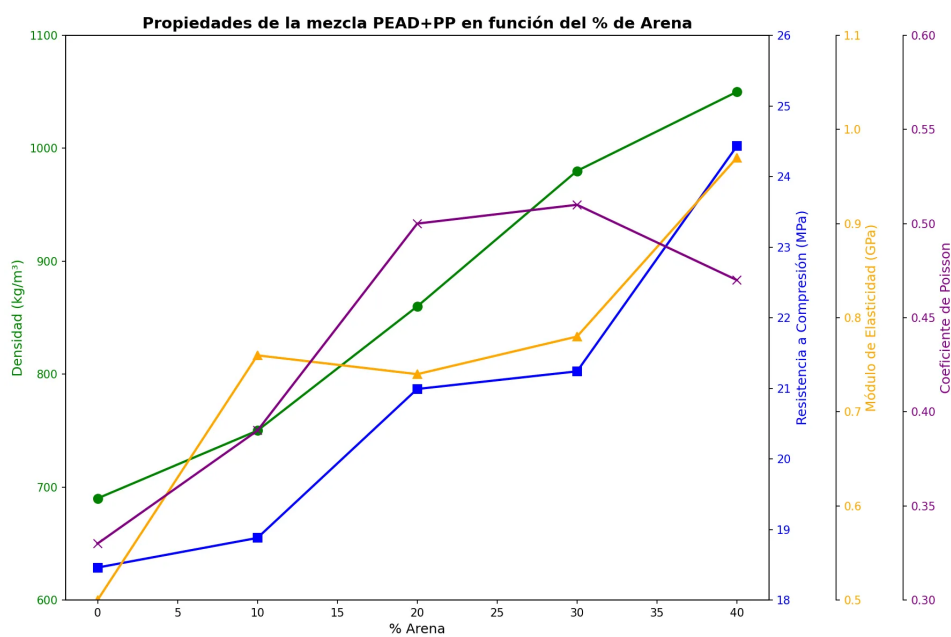
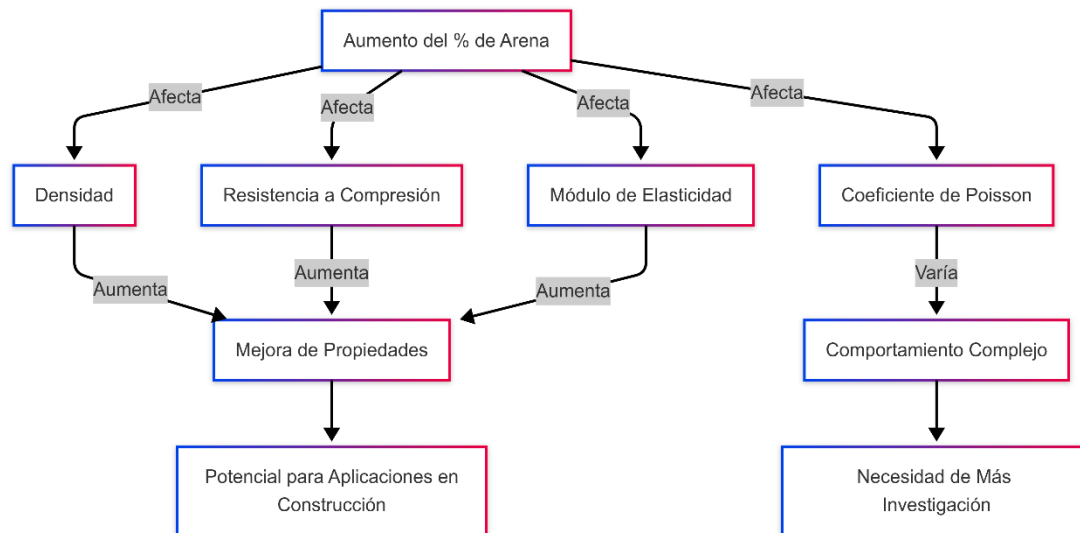


Figura 6. Propiedades de la mezcla PEAD + PP en función del % de Arena

4. Discusión

A partir de los datos presentados en las Figuras 4, 5 y 6, es posible identificar patrones claros sobre el impacto de la adición de arena en las propiedades mecánicas y físicas de los materiales plásticos reciclados PEAD, PP y su mezcla PEAD+PP. El análisis de cada propiedad se detalla a continuación:

1. **Densidad:** En todos los materiales, la densidad incrementa con el aumento del porcentaje de arena. Esto es especialmente notable en el PP, que alcanza una densidad de 1270 kg/m^3 con un 40% de arena, sugiriendo una reducción en la porosidad y una mejor cohesión en la matriz del material. En el caso de la mezcla PEAD+PP, también se observa un aumento constante, lo que refleja la influencia de la arena como refuerzo. Este incremento en densidad es común al introducir partículas minerales, como lo confirman estudios previos, y sugiere una mayor compactación y resistencia del material.
2. **Resistencia a Compresión:** La resistencia a compresión también incrementa significativamente con la adición de arena. El PEAD alcanza una resistencia máxima con un incremento del 31.4% respecto al material sin arena. Este aumento puede atribuirse a la disminución de porosidad y a una mejor distribución de cargas en la matriz del material compuesto. En particular, la mezcla PEAD+PP presenta un comportamiento intermedio entre los materiales individuales, lo cual sugiere una sinergia al combinar ambos polímeros, alcanzando niveles de resistencia adecuados para ciertas aplicaciones en construcción.
3. **Módulo de Elasticidad:** El aumento en el módulo de elasticidad es mayor en el PP, que logra un incremento del 109.7% al alcanzar 1.10 GPa con un 40% de arena. Esto implica que el material se vuelve más rígido, lo cual puede ser ventajoso en aplicaciones donde la deformación debe ser limitada. En el PEAD, se observa una ligera disminución en el módulo de elasticidad al 30% de arena, posiblemente debido a una distribución no uniforme de las partículas o a la formación de aglomeraciones que interfieren con la homogeneidad de la matriz.
4. **Coefficiente de Poisson:** La variabilidad observada en el coeficiente de Poisson con diferentes porcentajes de arena constituye un hallazgo relevante de este estudio. En el caso del PEAD, el coeficiente aumenta significativamente al 30% de arena (0,51) y luego disminuye ligeramente al 40% (0,46). Un comportamiento similar se observa en la mezcla PEAD+PP, donde el valor aumenta progresivamente hasta el 30% de arena (0,51) para luego descender (0,47) con el 40%. El PP muestra un patrón diferente, con valores que oscilan sin una tendencia clara. Esta variabilidad no muestra una correlación lineal con el porcentaje de arena, lo que sugiere que existen factores complejos que influyen en la deformación transversal de estos materiales compuestos. Desde un punto de vista práctico, estos cambios en el coeficiente de Poisson tienen implicaciones directas en aplicaciones donde la deformación lateral bajo carga es un factor crítico, como en elementos sometidos a compresión en sistemas constructivos donde se requiere un control preciso de las deformaciones. Este comportamiento no lineal del coeficiente de Poisson evidencia la necesidad de estudios más profundos y específicos para comprender mejor los mecanismos que gobiernan las deformaciones transversales en estos materiales compuestos, posiblemente mediante técnicas de caracterización avanzadas que permitan correlacionar las propiedades macroscópicas observadas con los fenómenos físicos subyacentes.



Implicaciones prácticas:

Los hallazgos de este estudio ofrecen varias implicaciones prácticas para el uso de materiales plásticos reciclados (PEAD, PP y su mezcla) combinados con arena en la industria de la construcción:

- **Mejora de Propiedades Mecánicas:** El aumento de la resistencia a la compresión y del módulo de elasticidad sugiere que estos materiales compuestos pueden ser adecuados para aplicaciones en componentes de construcción no estructurales o semi-estructurales, como en paneles de revestimiento, bloques de soporte y elementos de pavimento.
- **Optimización de Mezclas para Aplicaciones Específicas:** La mezcla de PEAD y PP muestra propiedades intermedias que ofrecen un balance entre rigidez y resistencia. Este comportamiento sugiere que se pueden ajustar las proporciones de PEAD, PP y arena para diseñar compuestos que cumplan con los requisitos específicos de diferentes aplicaciones en construcción, optimizando así la relación costo-beneficio.
- **Sostenibilidad y Economía Circular:** El uso de plásticos reciclados combinado con arena, un material abundante y de bajo costo, no solo mejora las propiedades del material, sino que también contribuye a la sostenibilidad. La reducción de residuos plásticos a través de su reutilización en materiales de construcción ofrece un enfoque valioso para el desarrollo de prácticas constructivas más sostenibles, contribuyendo a la economía circular.
- **Consideraciones en el Diseño:** La variabilidad observada en el coeficiente de Poisson indica que este parámetro puede cambiar significativamente con la cantidad de arena, lo que debe considerarse al diseñar componentes que dependan de la deformación lateral o donde las deformaciones transversales puedan influir en el desempeño del material bajo carga. Esto es relevante en aplicaciones donde el comportamiento elástico es crítico.
- **Potencial Económico:** La posibilidad de mejorar las propiedades mecánicas de plásticos reciclados mediante la adición de arena abre una oportunidad económica para producir materiales compuestos con menor costo en aplicaciones de construcción. Estos compuestos pueden convertirse en una opción viable y económica en aplicaciones que demandan resistencia y rigidez sin requerir materiales completamente estructurales.

Estos resultados y sus implicaciones prácticas abren nuevas oportunidades para el uso de materiales compuestos de plásticos reciclados en la construcción, promoviendo un enfoque de sostenibilidad

y eficiencia económica. Sin embargo, para optimizar su rendimiento en aplicaciones más exigentes, sería beneficioso realizar estudios adicionales de caracterización microestructural, como microscopía electrónica de barrido, para entender mejor la distribución e interacción de las partículas de arena en la matriz polimérica.

5. Conclusión

Este estudio analizó las propiedades mecánicas de materiales compuestos fabricados con plásticos reciclados (PEAD y PP) mezclados con distintos porcentajes de arena, y derivó las siguientes conclusiones:

1. Mejora de las propiedades mecánicas: La adición de arena en los plásticos reciclados (PEAD y PP) mejoró significativamente sus propiedades mecánicas, especialmente en resistencia a la compresión y módulo de elasticidad. En el caso del PEAD reciclado, se alcanzó una resistencia a la compresión de 28.71 MPa con un 40% de arena, lo que representa un incremento del 31.4% respecto al PEAD sin arena (Figura 4). Estos resultados sugieren el potencial de estos compuestos como alternativas sostenibles para aplicaciones en construcción no estructurales o semi-estructurales.
2. Comportamiento sinérgico de mezclas: La mezcla de PEAD y PP con arena mostró un comportamiento mecánico más uniforme y predecible que los materiales individuales. Este comportamiento sinérgico permite diseñar mezclas optimizadas para aplicaciones específicas, ampliando así el rango de uso de estos materiales reciclados en la construcción. La mezcla PEAD+PP presentó un aumento equilibrado en sus propiedades, lo que resalta su versatilidad (Figura 6).
3. Incremento en densidad: Con la adición de arena, la densidad de los materiales compuestos aumentó de manera significativa, alcanzando valores de 1270 kg/m³ en el PP y 1050 kg/m³ en la mezcla PEAD+PP al 40% de arena (Figuras 5 y 6). Este aumento indica una reducción en la porosidad y sugiere que la arena actúa como un refuerzo efectivo en la matriz polimérica, contribuyendo a mejorar las propiedades mecánicas.
4. Variabilidad del coeficiente de Poisson: Se observaron variaciones en el coeficiente de Poisson con el incremento de arena, lo que sugiere cambios en la microestructura del material y en la interacción entre la arena y la matriz polimérica. Esta variabilidad es relevante para el diseño de aplicaciones en las que el coeficiente de Poisson es crítico, y se recomienda realizar estudios adicionales para comprender mejor su comportamiento (Figuras 4, 5 y 6).
5. Implicaciones para la sostenibilidad: Este estudio demuestra el potencial de utilizar plásticos reciclados mezclados con arena como una alternativa sostenible a los materiales de construcción tradicionales. La reducción de residuos plásticos y el fomento de una economía circular en la construcción son beneficios clave de esta aplicación, que además disminuye la dependencia de recursos vírgenes.
6. Optimización económica: La incorporación de arena, un material de bajo costo, mejora las propiedades mecánicas de estos materiales compuestos, haciéndolos viables para ciertas aplicaciones de construcción. La combinación de sostenibilidad y rendimiento convierte a estos materiales en una opción económica y atractiva para aplicaciones específicas.
7. Limitaciones y áreas de investigación futura: Aunque los resultados son prometedores, se identifican áreas clave para futuras investigaciones:
 - o Evaluación de la durabilidad a largo plazo y la resistencia a la intemperie de estos compuestos.

- Análisis de propiedades térmicas y acústicas para aplicaciones en construcción.
- Estudios microestructurales para comprender mejor la interacción entre arena y matriz polimérica.
- Evaluación de las propiedades de fractura y fatiga bajo cargas cíclicas.
- Desarrollo de métodos de procesamiento optimizados para la producción en gran escala.

En resumen, este estudio proporciona evidencia del valor de los compuestos de plásticos reciclados y arena para la industria de la construcción. Los hallazgos obtenidos sientan las bases para futuros desarrollos en materiales de construcción sostenibles, apoyando la economía circular y abordando los desafíos ambientales relacionados con los residuos plásticos y la demanda de materiales de construcción más ecológicos.

Contribución de autores: E.P. contribuyó con la conceptualización, metodología, supervisión y revisión-edición; M.C. aportó en metodología, investigación (preparación y ensayo de muestras) y redacción del borrador original; D.A. participó en la revisión-edición del manuscrito

Financiamiento: Esta investigación fue financiada por la Universidad Católica de Cuenca bajo el proyecto PIC5P23-31 titulado "Elaboración de estructuras plásticas, mobiliario urbano, ropa ecológica, y calzado a través de la implementación de Economía Circular."

Conflictos de interés: Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Referencias

1. Shaker M, Hamdani SS, Muzata TS, Rabnawaz M. Driving selective upcycling of mixed polyethylene waste with table salt. *Scientific Reports* 2024 14:1 [Internet]. 2024 Jun 22 [cited 2024 Aug 24];14(1):1–11. Available from: <https://www.nature.com/articles/s41598-024-63482-1>
2. Núñez SS, Ortuño N, Fernández-Durán S, Moltó J, Conesa JA. Analysis and removal of bisphenols in recycled plastics using polyethylene glycol. *Scientific Reports* 2024 14:1 [Internet]. 2024 Jun 4 [cited 2024 Aug 24];14(1):1–11. Available from: <https://www.nature.com/articles/s41598-024-63800-7>
3. Saraswat P, Singh B. Utilization of recycled concrete aggregates in LDPE-bonded cementless paver blocks. *Constr Build Mater*. 2024 Mar 15;419:135467.
4. Zhang Z, Zhang X, Huang W, Zheng X, Ding B, Wang X. Breathable and wearable graphene/waterborne polyurethane coated regenerated polyethylene terephthalate fabrics for motion sensing and thermal therapy. *Discover Nano* [Internet]. 2024 Dec 1 [cited 2024 Aug 24];19(1):1–14. Available from: <https://link.springer.com/article/10.1186/s11671-024-04004-w>
5. Esmaeili M, Ara I, Ippolitov V, Rissanen T, Anugwom I. Unlocking sustainable solutions: Harnessing recycled polyester from waste polyester/cotton blended textiles for membrane development. *Chem Eng Sci*. 2024 Oct 5;298:120367.
6. Gonçalves M, Freire F, Garcia R. Material flow analysis and circularity assessment of plastic packaging: An application to Portugal. *Resour Conserv Recycl*. 2024 Oct 1;209:107795.
7. Khaki A, Gerlach C, Ragaert K, Fiorio R. Root causes of post-consumer high-density polyethylene failing in new bottles. *Resour Conserv Recycl*. 2024 Oct 1;209:107776.
8. Tosarkani BM, Amin SH, Ghiasvand MR. Designing a sustainable plastic bottle reverse logistics network: A data-driven optimization approach. *Expert Syst Appl*. 2024 Oct 1;251:123918.
9. Krämer J, Guedes de la Cruz G del C, Kern W, Roitner J, Witschnigg A, Rittmannsberger F, et al. Increasing the melt viscosity of post-consumer recycled polypropylene via E-Beam techniques. *Radiation Physics and Chemistry*. 2024 Sep 1;222:111846.

10. Oyelere A, Wu S, Hsiao KT, Kang MW, Dizbay-Onat M, Cleary J, et al. Evaluation of cracking susceptibility of asphalt binders modified with recycled high-density polyethylene and polypropylene microplastics. *Constr Build Mater*. 2024 Aug 9;438:136811.
11. Geier J, Barretta C, Hinczica J, Haar B, Bredács M, Witschnigg A, et al. Feasibility study on the production of low melt flow rate recycled polypropylene from postconsumer waste. *J Appl Polym Sci* [Internet]. 2024 Aug 10 [cited 2024 Aug 24];141(30):e55694. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/app.55694>
12. Liu YQ, Li ZK, Zhang HR, Wang ZW, Hu CY. Effect of recycled polypropylene on migration of six processing aids in polypropylene film to milk. *Food Packag Shelf Life*. 2024 Jul 1;44:101316.
13. Fan C, Huang YZ, Lin JN, Li J. Microplastic constituent identification from admixtures by Fourier-transform infrared (FTIR) spectroscopy: The use of polyethylene terephthalate (PET), polyethylene (PE), polypropylene (PP), polyvinyl chloride (PVC) and nylon (NY) as the model constituents. *Environ Technol Innov*. 2021 Aug 1;23:101798.
14. Khabbaz HS, Demets R, Gahleitner M, Duschler B, Stam R, Dimitrova A, et al. Rheological insights into the degradation behavior of PP/HDPE blends. *Polym Degrad Stab*. 2024 Jul 1;225:110819.
15. Angulo C, Shackelford LR, Ning H, Pillay S. Comparative study on the mechanical behaviors of compression molded, additively manufactured, and injection molded recycled carbon fiber reinforced rHDPE composites. *Compos B Eng*. 2024 Apr 15;275:111323.
16. ASTM International. ASTM C39/C39M-23: Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens. West Conshohocken, PA: ASTM International; 2023 [cited 2024 May 14]. Available from: https://www.astm.org/c0039_c0039m-23.html
17. ASTM International. ASTM C469/C469M-22: Standard Test Method for Static Modulus of Elasticity and Poisson's Ratio of Concrete in Compression. West Conshohocken, PA: ASTM International; 2022 [cited 2024 May 14]. Available from: https://www.astm.org/c0469_c0469m-22.html
18. ASTM International. ASTM C29/C29M-23: Standard Test Method for Bulk Density ("Unit Weight") and Voids in Aggregate. West Conshohocken, PA: ASTM International; 2023 [cited 2024 May 12]. Available from: https://www.astm.org/c0029_c0029m-23.html
19. ASTM International. ASTM C128/C128M-22: Standard Test Method for Relative Density (Specific Gravity) and Absorption of Fine Aggregate. West Conshohocken, PA: ASTM International; 2022 [cited 2024 May 13]. Available from: https://www.astm.org/c0128_c0128m-22.html
20. ASTM International. ASTM C33/C33M-23: Standard Specification for Concrete Aggregates. West Conshohocken, PA: ASTM International; 2023 [cited 2024 May 14]. Available from: https://www.astm.org/c0033_c0033m-23.html
21. Instituto Ecuatoriano de Normalización. NTE INEN 696:2016: Áridos. Análisis Granulométrico en los Áridos, Fino y Grueso. Quito: Instituto Ecuatoriano de Normalización; 2016 [cited 2024 May 12]. Available from: <https://www.normalizacion.gob.ec/normas-tecnicas-ecuatorianas/>
22. Instituto Ecuatoriano de Normalización. NTE INEN 858:2010: Áridos. Determinación de la Masa Unitaria (Peso Volumétrico) y el Porcentaje de Vacíos. Quito: Instituto Ecuatoriano de Normalización; 2010 [cited 2024 May 12]. Available from: <https://www.normalizacion.gob.ec/normas-tecnicas-ecuatorianas/>
23. Instituto Ecuatoriano de Normalización. NTE INEN 0856:2010: Áridos. Determinación de la Densidad, Densidad Relativa (Gravedad Específica) y Absorción del Árido Fino. Quito: Instituto Ecuatoriano de Normalización; 2010 [cited 2024 May 13]. Available from: <https://www.normalizacion.gob.ec/normas-tecnicas-ecuatorianas/>
24. Instituto Ecuatoriano de Normalización. NTE INEN 695:2010: Áridos. Muestreo. Quito: Instituto Ecuatoriano de Normalización; 2010 [cited 2024 May 6]. Available from: <https://www.normalizacion.gob.ec/normas-tecnicas-ecuatorianas/>



© 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

RESEARCH ARTICLE

Riesgo ergonómico y su incidencia en la salud de los estudiantes-docentes de la carrera Producción Agropecuaria, Granja Mishilí, 2024

Carrión Santos Diana Lisbeth^{1*}  Vera Villón Willy Jordan¹  Palma Rivera Alex Darío¹  Jara Minaya Gustavo Javier¹ 

¹ Instituto Superior tecnológico Tsa'chila, Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador

✉ Correspondencia: dianacarrionsantos@tsachila.edu.ec  + 593 986377733

DOI/URL: <https://doi.org/10.53313/gwj81199>

Resumen: El estudio analiza el riesgo ergonómico en estudiantes y docentes de la carrera de Producción Agropecuaria en la Granja Experimental Mishilí, considerando su impacto en la salud musculoesquelética. Se identificó que las actividades académicas y laborales expone a los participantes a posturas forzadas, movimientos repetitivos y manipulación de cargas, lo que incrementa la incidencia de trastornos musculoesqueléticos. A través de un enfoque mixto, se aplicaron encuestas, entrevistas y observaciones directas para evaluar la incidencia y gravedad de estos riesgos en estudiantes y docentes. Los resultados indican que las zonas más afectadas son la espalda baja, el cuello y los hombros, con un porcentaje significativo de participantes de ambas poblaciones que reportan impedimentos funcionales y necesidad de atención médica. La discusión resalta la importancia de implementar estrategias preventivas y correctivas, como la capacitación en ergonomía, el rediseño de tareas y el uso de equipos adecuados, alineados con normativas de seguridad laboral. Se concluye que es fundamental optimizar las condiciones ergonómicas en este entorno educativo y laboral, a fin de reducir la incidencia de patologías asociadas y mejorar el bienestar tanto de los estudiantes como de los docentes.

Palabras claves: ergonomía; riesgo ocupacional; salud musculoesquelética; educación agropecuaria; prevención.

Ergonomic risk and its impact on the health of student-teachers of the agricultural production career, mishili farm, 2024.

Abstract: The study analyzes the ergonomic risk in students and teachers of the Agricultural Production career at the Mishilí Experimental Farm, considering its impact on musculoskeletal health. It was identified that the combination of academic and work activities exposes both groups to forced postures, repetitive

Green World Journal /Vol 08/Issue 01/199/ January-March 2025 /www.greenworldjournal.com



Cita: Carrión Santos, D. L., Vera Villón, W. J., Palma Rivera, A. D., & Jara Minaya, G. J. (2025). Riesgo ergonómico y su incidencia en la salud de los estudiantes-docentes de la carrera Producción Agropecuaria, Granja Mishilí, 2024. Green World Journal, 8(1), 199. <https://doi.org/10.53313/gwj81199>

Received: 30/January/2024
Accepted: 25/February/2025
Published: 06/March/2025

Prof. Carlos Mestanza-Ramón, PhD.
Editor-in-Chief / CaMeRa Editorial
editor@greenworldjournal.com

Editor's note: CaMeRa remains neutral with respect to legal claims resulting from published content. The responsibility for published information rests entirely with the authors.



© 2025 CaMeRa license, Green World Journal. This article is an open access document distributed under the terms and conditions of the license.
Creative Commons Attribution (CC BY).

movements and load handling, which increases the incidence of musculoskeletal disorders. Through a mixed approach, surveys, interviews and direct observations were applied to assess the prevalence and severity of these risks in students and teachers. Results indicate that the most affected areas are the low back, neck and shoulders, with a significant percentage of participants from both populations reporting functional impairment and need for medical attention. The discussion highlights the importance of implementing preventive and corrective strategies, such as ergonomics training, task redesign and the use of appropriate equipment, aligned with occupational safety regulations. It is concluded that it is essential to optimize ergonomic conditions in this educational and work environment in order to reduce the incidence of associated pathologies and improve the well-being of both students and teachers.

Keywords: ergonomics; occupational risk; musculoskeletal health; agricultural education; prevention.

1. Introducción

La ergonomía desempeña un papel fundamental en la prevención de trastornos musculoesqueléticos y otros problemas de salud asociados con la actividad académica y laboral. En el ámbito educativo, tanto estudiantes como docentes enfrentan desafíos ergonómicos que pueden comprometer su bienestar físico y su desempeño, como el caso de los estudiantes y docentes de la carrera de Producción Agropecuaria en la Granja Mishilí, los cuales se ven expuestos a una combinación particular de riesgos derivados tanto de su rol académico como de sus actividades prácticas. La necesidad de compaginar ambas responsabilidades genera condiciones ergonómicas específicas que requieren un análisis diferenciado, dado que los factores de riesgo pueden afectar de manera distinta a quienes se desempeñan exclusivamente como estudiantes y a quienes cumplen funciones docentes. La falta de concienciación y la insuficiente aplicación de principios ergonómicos adecuados en este contexto pueden traducirse en afectaciones a la salud tanto a corto como a largo plazo.

El problema del riesgo ergonómico en estudiantes ha sido abordado en diversos estudios, los cuales coinciden en que las malas posturas, el desconocimiento sobre ergonomía y la falta de condiciones adecuadas incrementan el riesgo de desarrollar molestias musculoesqueléticas y otros trastornos (1)(2).

Diversos factores contribuyen a la incidencia de riesgos ergonómicos en la educación técnica y agropecuaria. En primer lugar, el desconocimiento sobre ergonomía impide que los estudiantes adopten medidas preventivas adecuadas. Un estudio realizado en estudiantes de instrumentación quirúrgica reveló que la falta de información sobre los riesgos ergonómicos aumenta la incidencia de molestias musculoesqueléticas y disminuye el desempeño académico (1). En segundo lugar, el diseño de los espacios de trabajo y estudio en instituciones educativas muchas veces no se ajusta a principios ergonómicos, lo que genera condiciones inadecuadas para la realización de actividades prácticas (3). No obstante, es importante destacar que los docentes enfrentan desafíos ergonómicos distintos a los de los estudiantes, pues su labor implica no solo la enseñanza, sino también la supervisión de actividades prácticas, lo que puede exponerlos a posturas prolongadas y esfuerzos físicos repetitivos. Finalmente, la falta de capacitación y supervisión en prácticas ergonómicas influye directamente en la salud tanto de estudiantes como de docentes, incrementando la probabilidad de desarrollar trastornos musculoesqueléticos a largo plazo (4).

La justificación de esta investigación radica en la necesidad de generar conciencia sobre la importancia de la ergonomía en el ámbito educativo y laboral, especialmente en aquellos estudiantes que, además de su formación académica, desempeñan funciones y prácticas en entornos agropecuarios. La literatura ha documentado que los riesgos ergonómicos pueden derivar en patologías crónicas si no se abordan de manera temprana (5). En este contexto, la presente revisión

bibliográfica pretende identificar los principales factores de riesgo ergonómico que afectan a los estudiantes y docentes de la carrera de Producción Agropecuaria en la Granja Mishilí y analizar sus implicaciones en la salud. A través del análisis de estudios previos y levantamiento de información en campo, se busca proponer estrategias para la reducción del impacto de estos riesgos, promoviendo un entorno educativo más saludable y eficiente para ambos grupos.

En términos de viabilidad, esta revisión bibliográfica se sustenta en fuentes científicas recientes y pertinentes al tema de estudio. La accesibilidad a investigaciones previas sobre ergonomía en entornos educativos permite realizar un análisis comparativo y fundamentado sobre la situación actual de los estudiantes y docentes en la Granja Mishilí. Además, los hallazgos obtenidos podrán servir como base para futuras intervenciones y políticas orientadas a mejorar las condiciones ergonómicas en la educación técnica agropecuaria (3). Al considerar las diferencias en la exposición y en los riesgos específicos entre estudiantes y docentes, los resultados de esta investigación podrán contribuir a diseñar estrategias diferenciadas y más eficaces para cada grupo.

El objetivo de este estudio es analizar la incidencia del riesgo ergonómico en la salud de los estudiantes y docentes de la carrera de Producción Agropecuaria en la Granja Mishilí durante el año 2024. Se pretende identificar los principales factores de riesgo, sus consecuencias en la salud y las estrategias de mitigación más efectivas, con el fin de proporcionar información valiosa para la mejora de las condiciones ergonómicas en este ámbito educativo. Es esencial reconocer que los estudiantes y docentes, al desempeñar cada uno un rol diferente, están expuestos a riesgos diferentes a los de un estudiante común o un docente experimentado, lo que justifica un enfoque específico en este análisis.

En síntesis, el estudio del riesgo ergonómico en los estudiantes y docentes de la Granja Mishilí es una necesidad urgente que requiere un enfoque integral basado en la evidencia científica. La combinación de actividades académicas con trabajo físico presenta desafíos ergonómicos que, si no son abordados de manera adecuada, pueden repercutir negativamente en la salud y el rendimiento de los estudiantes y docentes. Mediante esta revisión bibliográfica, se espera contribuir al conocimiento sobre los riesgos ergonómicos en entornos educativos agropecuarios y proporcionar herramientas para la mejora de las condiciones de estudio y trabajo de los estudiantes y docentes.

2. Materiales y métodos

La presente investigación adoptó un enfoque mixto, combinando métodos cuantitativos y cualitativos para proporcionar un análisis integral sobre la incidencia del riesgo ergonómico en la salud de los estudiantes y docentes de la carrera de Producción Agropecuaria en la Granja Mishilí. A través de este diseño metodológico, no solo se diagnosticó la problemática identificada, sino que también se propusieron alternativas orientadas a mitigar los efectos del riesgo ergonómico en la población objeto de estudio.

El estudio se llevó a cabo mediante la aplicación de encuestas estructuradas para recopilar información cuantitativa sobre la incidencia de trastornos musculoesqueléticos en los estudiantes y docentes. Estas encuestas permitieron obtener datos sobre la frecuencia, intensidad y localización de molestias físicas, facilitando la identificación de patrones asociados a la exposición ergonómica en el entorno agropecuario. Además, se realizaron entrevistas semiestructuradas con el objetivo de comprender las percepciones de los participantes respecto a sus condiciones de trabajo, identificando experiencias, preocupaciones y recomendaciones relacionadas con la ergonomía en sus actividades académicas y laborales.

Asimismo, se llevaron a cabo inspecciones visuales directas en el lugar de trabajo con el propósito de observar y registrar las condiciones ergonómicas del entorno en el que los estudiantes y docentes desarrollan sus actividades. Se evaluaron posturas, disposición del espacio, herramientas utilizadas y la naturaleza de las tareas realizadas, con el fin de contrastar los datos obtenidos en las encuestas y entrevistas con evidencia observacional.

En cuanto al alcance de la investigación, se abordó un nivel exploratorio y descriptivo. La fase exploratoria permitió indagar sobre la problemática en un contexto con información limitada respecto a los estudios ergonómicos en actividades agropecuarias, para lo cual se recurrió a la revisión de literatura, entrevistas y observaciones en la Granja Mishilí. Por otro lado, la fase descriptiva se centró en el análisis de datos cuantitativos obtenidos mediante encuestas, lo que permitió caracterizar de manera sistemática los síntomas musculoesqueléticos, las condiciones laborales, los factores de riesgo y su frecuencia dentro de la población estudiada.

El estudio se desarrolló en la Granja Experimental Mishilí, ubicada en Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador, donde los estudiantes y docentes de la carrera de Producción Agropecuaria llevan a cabo sus actividades prácticas. La recolección de datos se realizó dentro de un período determinado, acorde con los requerimientos de la investigación y los recursos disponibles. Se gestionaron los permisos correspondientes con los responsables de la Granja Experimental Mishilí para garantizar el acceso a las instalaciones, asegurando el cumplimiento de los protocolos internos y la confidencialidad de la información recopilada. Asimismo, se obtuvo el consentimiento informado de todos los participantes, asegurando que comprendieran los objetivos, metodología y alcance del estudio.

La población objeto de estudio incluyó a todos los estudiantes y docentes de la Granja Experimental Mishilí que participan en actividades agropecuarias. Debido a la factibilidad de la investigación, se optó por incluir a la totalidad de la población en el estudio, lo que permitió obtener datos precisos y eliminar posibles errores derivados del muestreo.

El diseño de la investigación adoptó un enfoque transversal o transaccional, lo que permitió observar y analizar la relación entre las condiciones ergonómicas y los efectos en la salud de los participantes en un momento determinado. Este diseño facilitó la evaluación eficiente del problema, permitiendo generar recomendaciones prácticas sin necesidad de un seguimiento prolongado en el tiempo.

El procedimiento de investigación se estructuró en varias fases. En primer lugar, se definió la estructura y el enfoque del estudio, estableciendo los objetivos y delimitando el problema de investigación. Posteriormente, se seleccionó la población de estudio y se diseñaron los instrumentos de recolección de datos, los cuales fueron validados para garantizar su confiabilidad y relevancia. Una vez definidos los instrumentos, se llevó a cabo la recopilación de información mediante encuestas, entrevistas y observación directa en la Granja Mishilí.

Los datos obtenidos fueron procesados y organizados en tablas y cuadros para su análisis. Se aplicaron técnicas de estadística descriptiva para evaluar la incidencia y distribución de los síntomas musculoesqueléticos entre los participantes, mientras que la información cualitativa fue categorizada y analizada a fin de identificar tendencias y percepciones clave sobre las condiciones ergonómicas en el entorno agropecuario.

A partir del análisis de los datos, se formularon conclusiones que permitieron sintetizar los hallazgos y responder a los objetivos de la investigación. Finalmente, se detallaron todos los

resultados obtenidos, proporcionando recomendaciones orientadas a mejorar las condiciones ergonómicas de los estudiantes y docentes en la Granja Mishilí.

Este estudio se desarrolló siguiendo principios éticos en la investigación, asegurando el uso responsable de la información y el respeto a la autonomía y dignidad de los participantes. La metodología adoptada permitió obtener una visión integral del problema, facilitando la identificación de riesgos ergonómicos y contribuyendo a la formulación de estrategias preventivas que favorezcan un ambiente de aprendizaje y trabajo más seguro para los estudiantes y docentes de la carrera de Producción Agropecuaria.

3) Resultados

3.1. Factores de riesgo ergonómico en las actividades de los estudiantes y docentes

El riesgo ergonómico en el ámbito educativo es un problema que afecta tanto a estudiantes como a docentes, especialmente en entornos donde las actividades requieren esfuerzo físico prolongado, posturas forzadas y movimientos repetitivos. La exposición constante a estos factores puede generar trastornos musculoesqueléticos, disminuyendo la calidad de vida y el desempeño académico y laboral de los afectados. En este sentido, diversas investigaciones han identificado los principales factores de riesgo ergonómico en contextos educativos y laborales, resaltando la necesidad de implementar estrategias de prevención y control para minimizar sus efectos negativos en la salud.

En el ámbito estudiantil, se ha evidenciado que los estudiantes presentan una alta exposición a factores de riesgo ergonómico debido a la falta de condiciones adecuadas en los espacios de trabajo y estudio. Según (6), los principales problemas ergonómicos en estudiantes están relacionados con la adopción de posturas inadecuadas, el uso de mobiliario no ajustable y la repetición de movimientos que afectan principalmente la zona lumbar y cervical. Estos factores pueden generar molestias musculoesqueléticas a corto plazo y derivar en afecciones crónicas si no se implementan medidas correctivas oportunas.

En el caso de la educación en modalidad híbrida, (7) destacan que la combinación de actividades presenciales y virtuales incrementa los riesgos ergonómicos debido a la prolongada permanencia en posiciones estáticas, la inadecuada configuración de los espacios de trabajo y la falta de conciencia sobre hábitos posturales saludables. Esta situación es especialmente preocupante en los estudiantes y docentes de la Granja Experimental Mishilí, quienes realizan actividades prácticas en entornos agrícolas, donde además de los riesgos ergonómicos tradicionales, se suman factores como el levantamiento de cargas, la manipulación de herramientas y la exposición a condiciones climáticas adversas.

Por otro lado, (8) señalan que los factores de riesgo ergonómico no solo afectan a los estudiantes en entornos académicos, sino que también impactan significativamente en aquellos que desempeñan labores prácticas en condiciones poco favorables. La falta de capacitación en ergonomía y la ausencia de evaluaciones ergonómicas periódicas pueden contribuir a la aparición de lesiones musculoesqueléticas, afectando la productividad y el bienestar de los involucrados.

3.1.1. Análisis de estudios ergonómicos en la Granja Experimental Mishilí

Diversos estudios han evaluado la presencia de riesgos ergonómicos en las actividades desarrolladas en la Granja Experimental Mishilí durante los años 2023 y 2024. A continuación, en

la Tabla 1 se presentan los resultados obtenidos en distintas investigaciones, donde se evidencia la incidencia de posturas forzadas, movimientos repetitivos y la manipulación de cargas en las actividades agropecuarias realizadas por estudiantes y docentes.

Tabla 1. *Análisis de estudios ergonómicos efectuados en la Granja Experimental Mishilí, periodo 2023-2024*

Artículo	Método aplicado	Actividad evaluada	Factores de riesgo evaluados	Resultados
Evaluación de los Riesgos Ergonómicos Aplicados a las Actividades Desarrolladas por los Estudiantes en el Vivero de la Granja Experimental Mishilí, Santo Domingo, 2023	RULA / CHECK LIST OCRA	Producción de plantas en el vivero de la granja	Posturas forzadas, movimientos repetitivos, manipulación de cargas	Se requieren cambios urgentes en la tarea, ya que actualmente provoca posturas forzadas, levantamiento de cargas y movimientos repetitivos, lo que puede generar dolencias musculoesqueléticas, especialmente en las articulaciones de hombro, muñeca y espalda baja.
Gestión de Riesgos Ergonómicos Aplicado en el Cultivo de Plátano, en la Granja Experimental Mishilí Santo Domingo, 2023	RULA / OWAS	Cultivo de plátano	Posturas forzadas	La actividad de fumigación mostró un alto nivel de riesgo ergonómico, requiriendo cambios inmediatos en la tarea. Para la actividad de deshoje, se identificó un nivel de riesgo 2 en el desarrollo de trastornos musculoesqueléticos, afectando principalmente la zona lumbar.
Identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos Laborales (Ergonómicos) en los Procesos Agrícolas Desarrollados en la Granja Experimental Mishilí, 2024	OWAS	Cultivo de cacao y plátano	Posturas forzadas	Se identificó que tareas como la preparación del suelo, la siembra, la eliminación de malezas, la cosecha y el procesamiento del cacao implican riesgos ergonómicos que necesitan intervenciones para evitar trastornos musculoesqueléticos.
Validación de Criterios de Mejora Continua en la Gestión Preventiva de Riesgos Ergonómicos: Estudio en la Granja	RULA	Cultivo de plátano y maracuyá	Posturas forzadas	Se identificaron riesgos significativos en las etapas del ciclo de cultivo, incluyendo lesiones físicas, trastornos musculoesqueléticos y exposición a condiciones ambientales adversas. Se

Artículo	Método aplicado	Actividad evaluada	Factores de riesgo evaluados	Resultados
Experimental Mishilí 2024				destaca la importancia de implementar prácticas seguras y formación en seguridad.
Implementación de controles para la reducción de riesgo ergonómico en la producción de maracuyá en la Granja Experimental Mishilí del cantón Santo Domingo de los Colorados, 2024	REBA	Cultivo de maracuyá	Posturas forzadas	Se evidenció una alta incidencia de posturas laborales riesgosas, con impacto en la región lumbar. Se implementaron controles ergonómicos para mitigar estos riesgos.
Implementación de controles para la eliminación de peligros y reducción de riesgos ergonómicos en la producción de plátano en la Granja Mishilí, 2024	REBA	Cultivo de plátano	Posturas forzadas	Se detectó una brecha significativa en la aplicación de estrategias de control de riesgos, destacando la necesidad de mejorar la formación y supervisión en seguridad laboral.

Nota: (9), (10), (11), (12), (13).

Los estudios realizados en la Granja Experimental Mishilí confirman la presencia de factores de riesgo ergonómico en diversas actividades agropecuarias. En particular, se identificó que la producción de plantas en viveros, el cultivo de plátano, cacao y maracuyá, así como las tareas de fumigación, deshoje y cosecha, presentan una alta exposición a posturas forzadas y movimientos repetitivos.

El método RULA permitió detectar niveles de riesgo elevados en tareas específicas como la fumigación y el deshoje en el cultivo de plátano, lo que indica la necesidad de rediseñar estas actividades para minimizar el impacto en la salud de los trabajadores. Asimismo, el método OWAS reveló que las labores de preparación del suelo, siembra y cosecha en los cultivos de cacao y plátano presentan un riesgo significativo de lesiones musculoesqueléticas, especialmente en la zona lumbar.

Finalmente, la implementación de controles ergonómicos en el cultivo de maracuyá demostró la importancia de aplicar estrategias preventivas para reducir la incidencia de trastornos musculoesqueléticos. Sin embargo, aún persisten deficiencias en la aplicación práctica de estas medidas, lo que sugiere la necesidad de fortalecer la capacitación en seguridad laboral y ergonomía en los estudiantes y docentes de la Granja Experimental Mishilí.

Estos hallazgos resaltan la urgencia de diseñar e implementar estrategias ergonómicas efectivas que reduzcan los factores de riesgo identificados y mejoren las condiciones de trabajo en este entorno educativo y laboral.

3.2. Incidencia de los factores de riesgo ergonómico en la salud de los estudiantes y docentes

Los factores de riesgo ergonómico tienen un impacto significativo en la salud de los estudiantes y docentes, especialmente en entornos donde las actividades diarias requieren esfuerzo físico, posturas forzadas y movimientos repetitivos. Diversos estudios han demostrado que la exposición prolongada a estos factores puede derivar en trastornos musculoesqueléticos que afectan el rendimiento académico y laboral, generando ausentismo, reducción en la productividad y, en casos severos, la necesidad de tratamiento médico o rehabilitación (14).

La educación técnica y agropecuaria, como la que se imparte en la Granja Experimental Mishilí, conlleva un alto nivel de exigencia física, lo que incrementa el riesgo de lesiones musculoesqueléticas. (15) destacan que los estudiantes que combinan actividades académicas con labores prácticas tienden a presentar mayores niveles de fatiga física y molestias en articulaciones clave como la espalda, cuello y extremidades superiores. Estas dolencias están asociadas a la carga biomecánica de las tareas, la inadecuada ergonomía de los espacios de trabajo y la falta de medidas preventivas eficaces.

3.2.1. Evaluación de la incidencia de molestias musculoesqueléticas en estudiantes

Para analizar la incidencia del riesgo ergonómico en la población estudiada, se aplicó el Cuestionario Nórdico de Percepción de Síntomas Musculoesqueléticos. Los resultados obtenidos muestran una incidencia significativa de molestias en distintas zonas del cuerpo, confirmando la afectación de los estudiantes y docentes debido a las condiciones ergonómicas de su entorno.

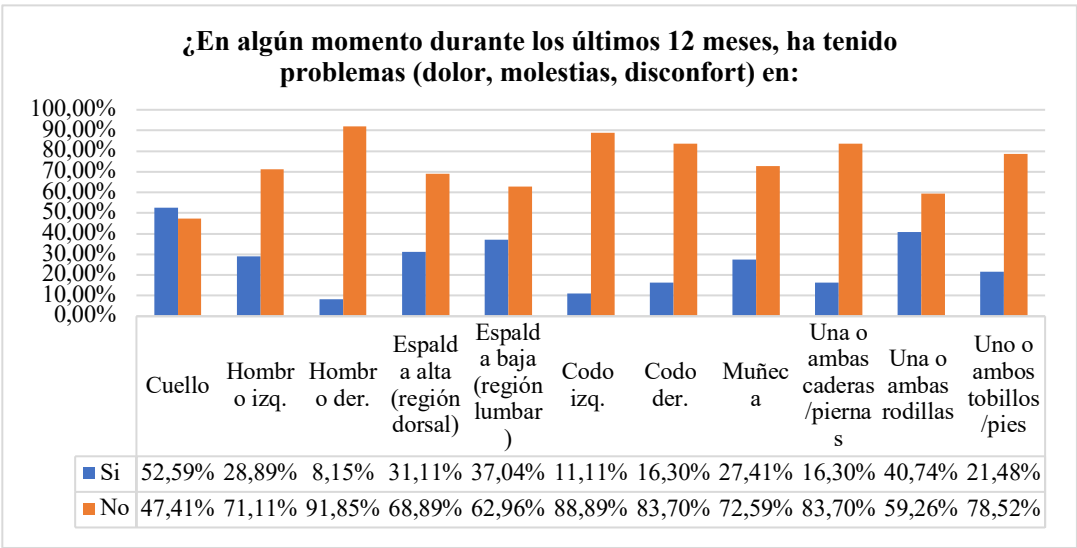


Figura 1. Resultados de la pregunta 1 del Cuestionario Nórdico

Como se observa en la Figura 1, los problemas musculoesqueléticos más frecuentes se reportan en la región lumbar (37,04%), dorsal (31,11%) y cuello (52,59%). Esto coincide con investigaciones previas que han demostrado que la carga física y postural prolongada en entornos educativos y laborales puede provocar dolencias crónicas (16).

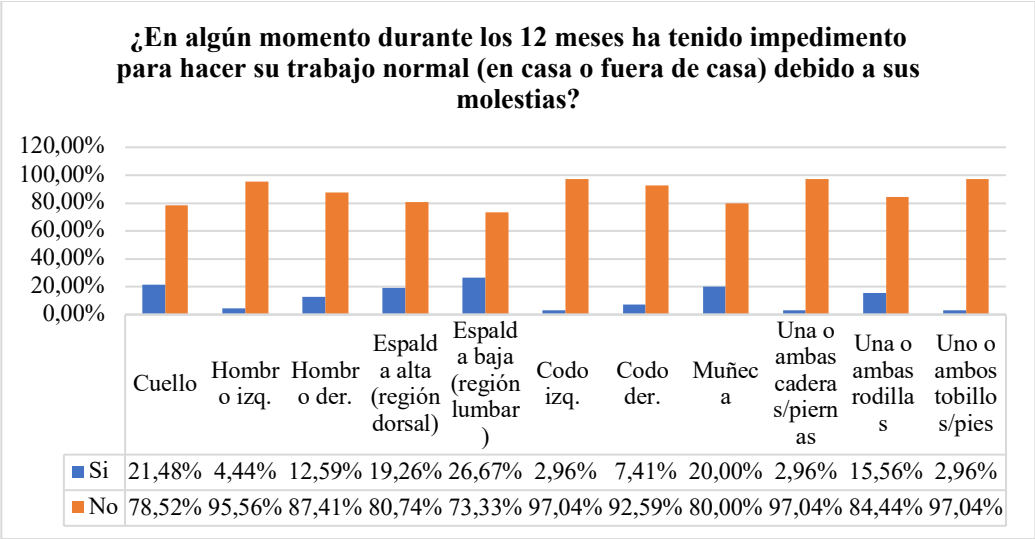


Figura 2. Resultados de la pregunta 2 del Cuestionario Nórdico aplicado a los estudiantes.

Los datos reflejan que el 26,67% de los encuestados ha experimentado dificultades para realizar sus actividades normales debido a dolor en la espalda baja. Asimismo, se observa un impacto significativo en la movilidad de extremidades superiores e inferiores, lo que sugiere una relación directa entre las tareas realizadas en la Granja Mishilí y la aparición de molestias persistentes (17).

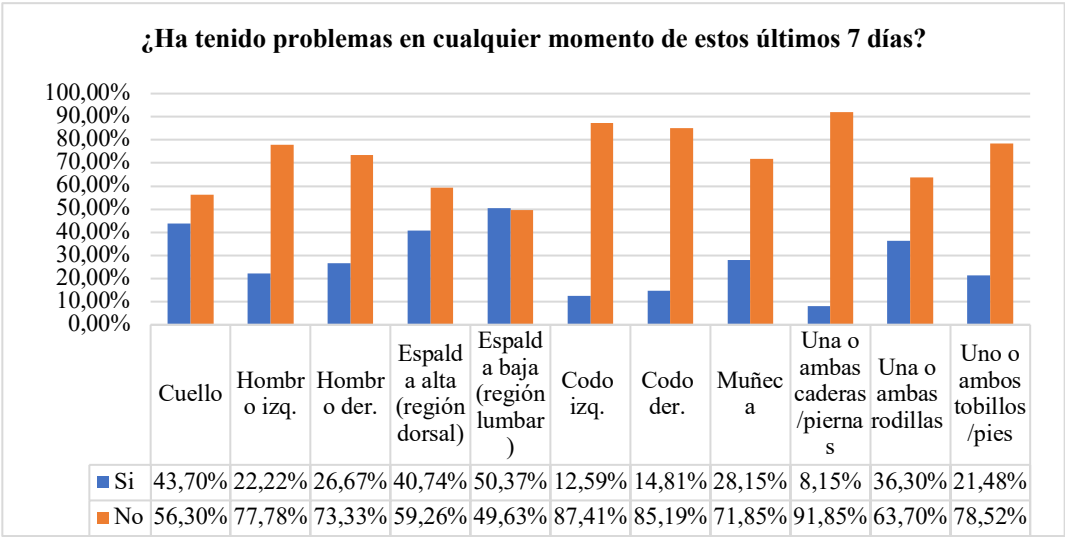


Figura 3. Resultados de la pregunta 3 del Cuestionario Nórdico aplicado a los estudiantes

Los datos muestran que el 50,37% de los encuestados ha experimentado molestias recientes en la espalda baja, lo que indica una constante exposición a factores de riesgo ergonómico sin una mitigación efectiva. Este hallazgo resalta la importancia de implementar estrategias de prevención para reducir la carga postural y los movimientos repetitivos en las actividades agropecuarias (18)



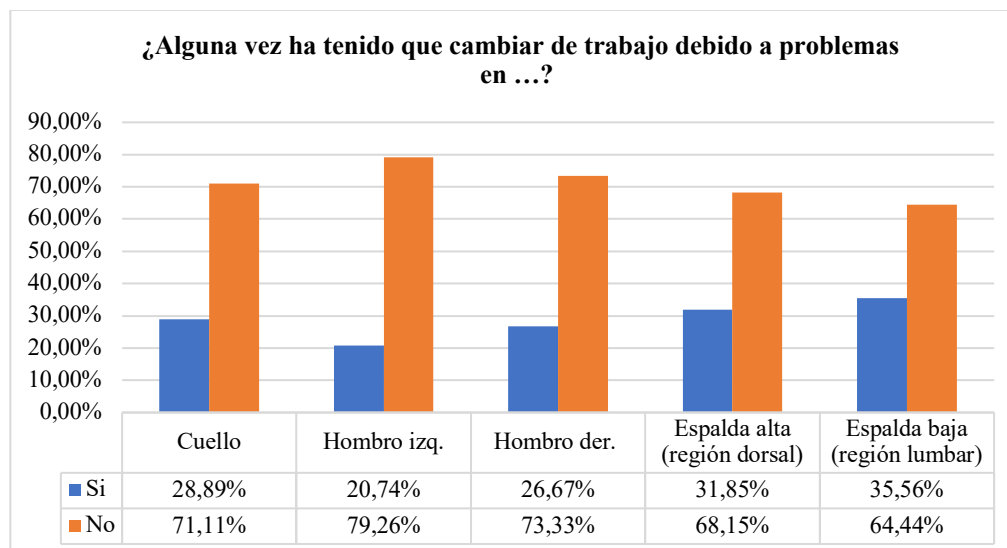


Figura 4. Resultados de la pregunta 4 del Cuestionario Nórdico aplicado a los estudiantes

El 35,56% de los encuestados ha tenido que modificar sus actividades laborales debido a molestias en la región lumbar, lo que sugiere que estos problemas afectan de manera directa la productividad y el desempeño en el entorno educativo. Este dato es consistente con estudios previos que evidencian que el dolor crónico puede generar limitaciones en la movilidad y la capacidad funcional de los trabajadores y estudiantes (14).

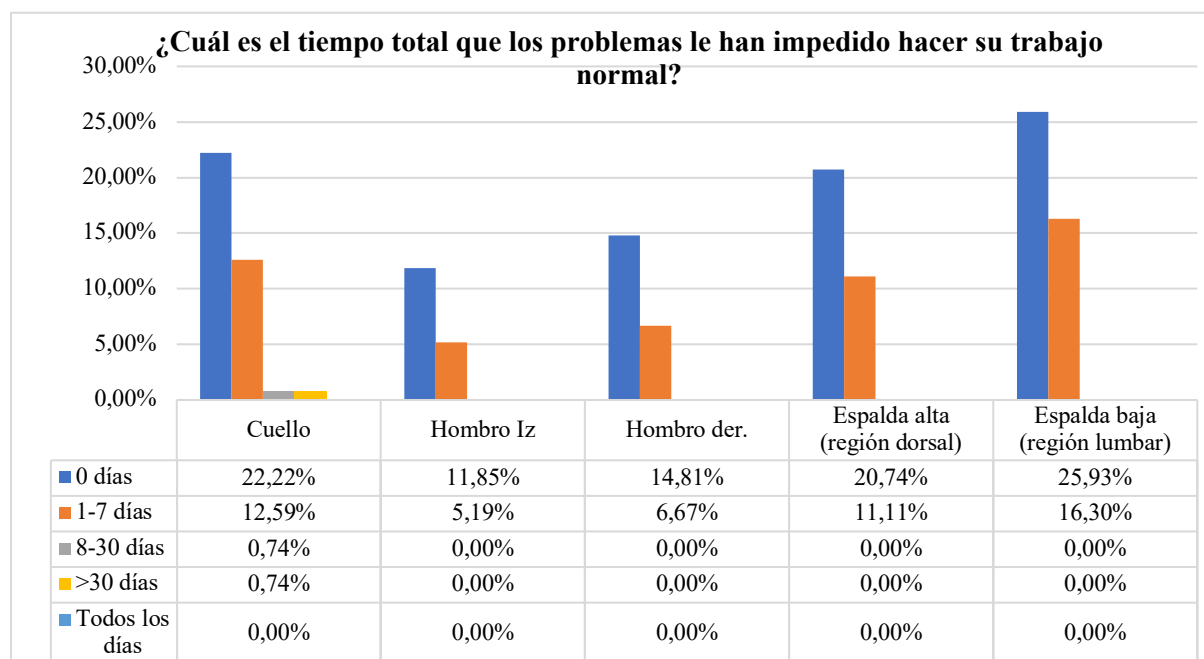


Figura 5. Resultados de la pregunta 5 del Cuestionario Nórdico aplicado a los estudiantes

El 16,30% de los participantes ha reportado que el dolor en la espalda baja le ha impedido trabajar durante más de una semana. Este hallazgo es preocupante, ya que indica que un porcentaje considerable de los afectados experimenta limitaciones prolongadas debido a la exposición a factores de riesgo ergonómico sin medidas correctivas adecuadas (15).

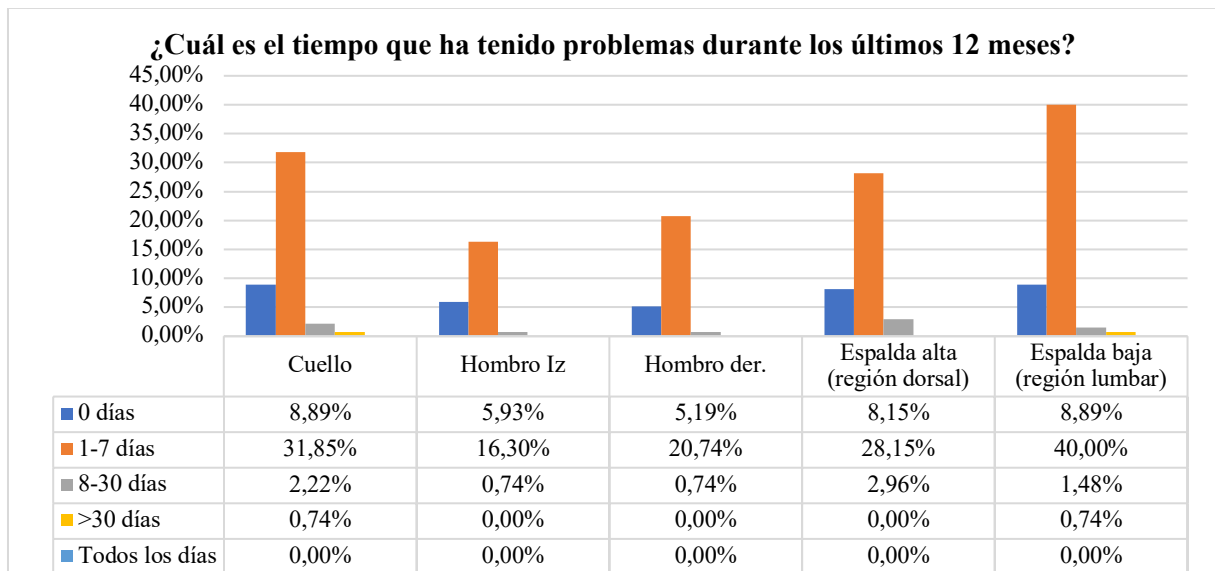


Figura 6. Resultados de la pregunta 6 del Cuestionario Nórdico aplicado a los estudiantes

El 40% de los encuestados ha reportado problemas recurrentes en la espalda baja, mientras que el 31,85% ha experimentado molestias en la zona cervical. Estos datos refuerzan la idea de que la carga física en las actividades agropecuarias genera un impacto negativo en la salud de los estudiantes y docentes (16)

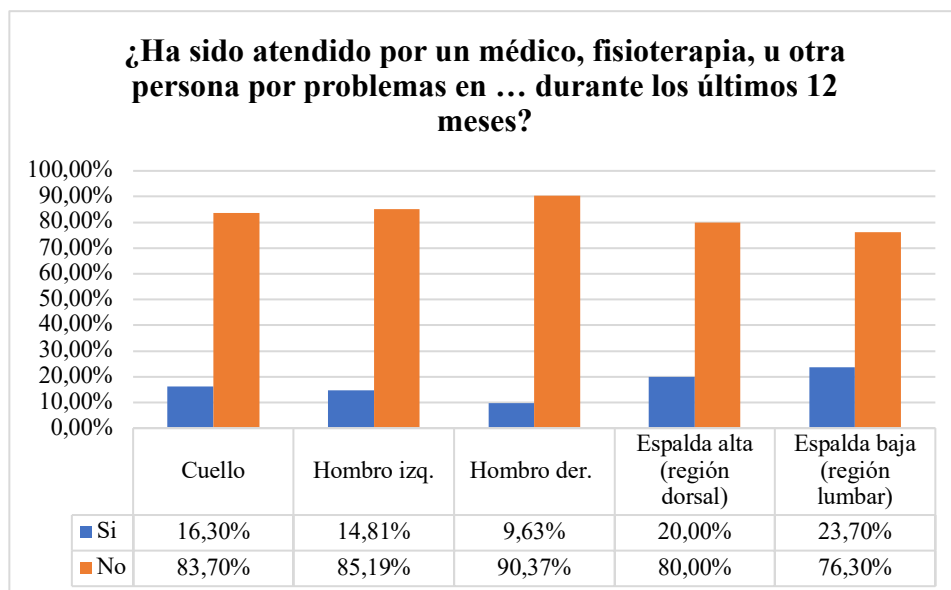


Figura 7. Resultados de la pregunta 7 del Cuestionario Nórdico aplicado a los estudiantes

Los resultados indican que el 23,70% de los participantes ha requerido atención médica debido a problemas en la región lumbar, mientras que el 20% ha necesitado asistencia por molestias en la espalda alta. Esto demuestra que una proporción significativa de los afectados ha desarrollado síntomas lo suficientemente severos como para buscar tratamiento profesional (18).

Los resultados obtenidos evidencian que los estudiantes de la Granja Experimental Mishilí están expuestos a factores de riesgo ergonómico que afectan su salud de manera significativa. La alta incidencia de molestias musculoesqueléticas en la región lumbar, dorsal y cervical sugiere la necesidad urgente de implementar estrategias de prevención y mitigación, tales como la adecuación

de posturas, la optimización del entorno laboral y la formación en ergonomía. Estos hallazgos refuerzan la importancia de continuar con estudios más detallados que permitan desarrollar intervenciones efectivas para reducir el impacto de los riesgos ergonómicos en el ámbito educativo y laboral.

3.2.2. Evaluación de la incidencia de molestias musculoesqueléticas en docentes

El análisis de la incidencia de molestias musculoesqueléticas en docentes revela que una proporción significativa ha experimentado algún tipo de malestar en distintas regiones del cuerpo durante el último año. La Figura 8 presenta los resultados de la primera pregunta del Cuestionario Nórdico, donde se observa que los problemas más frecuentes se presentan en el cuello (63,64 %), la espalda baja (54,55 %) y la espalda alta (45,45 %). Mientras tanto, las molestias en otras áreas, como los hombros y las extremidades, son menos prevalentes. Estos resultados son consistentes con estudios previos que indican que la adopción de posturas inadecuadas y la falta de conocimiento ergonómico pueden incrementar la aparición de trastornos musculoesqueléticos (1).

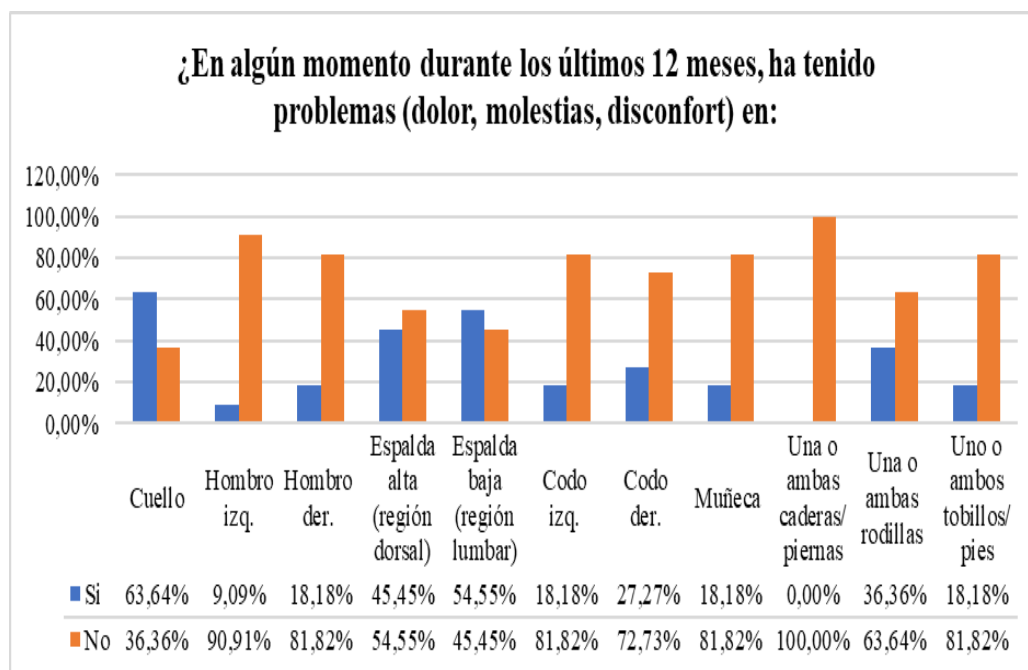


Figura 8. Resultados de la pregunta 1 del Cuestionario Nórdico aplicado a los docentes

A pesar de la alta incidencia de molestias musculoesqueléticas, la Figura 9 muestra que la mayoría de los docentes no ha experimentado impedimentos funcionales para realizar su trabajo habitual. Solo un 9,09 % reportó haber tenido dificultades para desempeñar sus tareas debido a molestias en el cuello, mientras que, en el resto de las zonas evaluadas, el 100 % de los encuestados indicó que no ha tenido restricciones laborales significativas. Este hallazgo sugiere que, si bien las molestias están presentes, no siempre alcanzan una intensidad que limite el desempeño docente, lo que podría estar relacionado con la tolerancia al dolor o la falta de percepción del riesgo ergonómico (Benites Lapeyre, 2021).

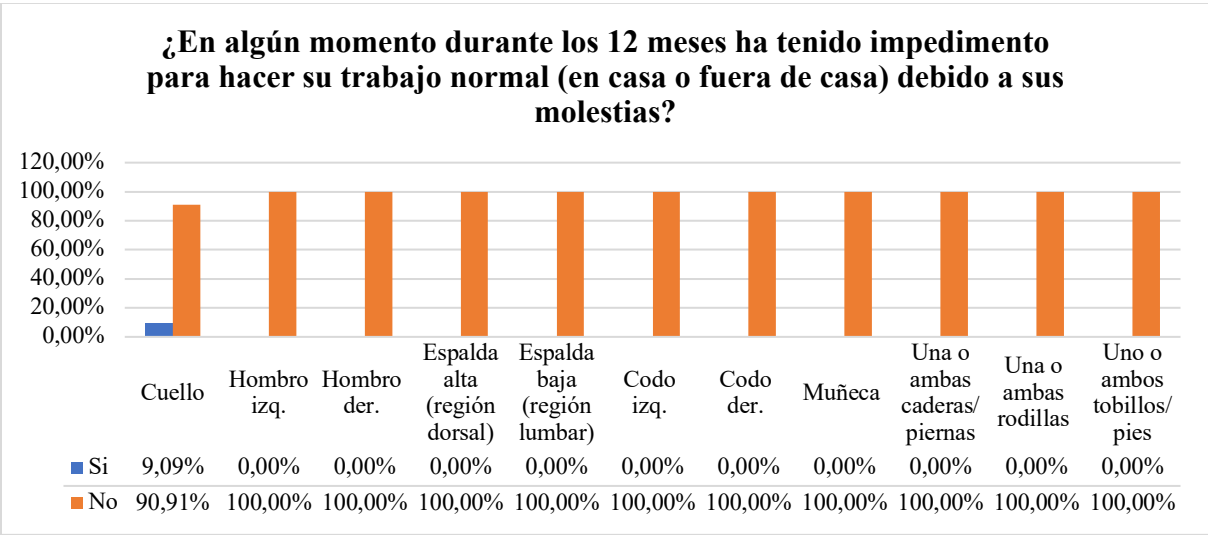


Figura 9. Resultados de la pregunta 2 del Cuestionario Nórdico aplicado a los docentes

En cuanto a la recurrencia de las molestias en el corto plazo, la Figura 10 muestra que, durante los últimos siete días, el 72,73 % de los docentes reportó molestias en el cuello, mientras que el 63,64 % señaló problemas en la espalda baja. Estos valores reflejan una tendencia preocupante en la persistencia de los síntomas, lo que podría derivar en afecciones crónicas si no se implementan medidas correctivas. Investigaciones previas han demostrado que el riesgo ergonómico en entornos educativos está directamente relacionado con la falta de prevención y la exposición repetitiva a posturas estáticas prolongadas (3)

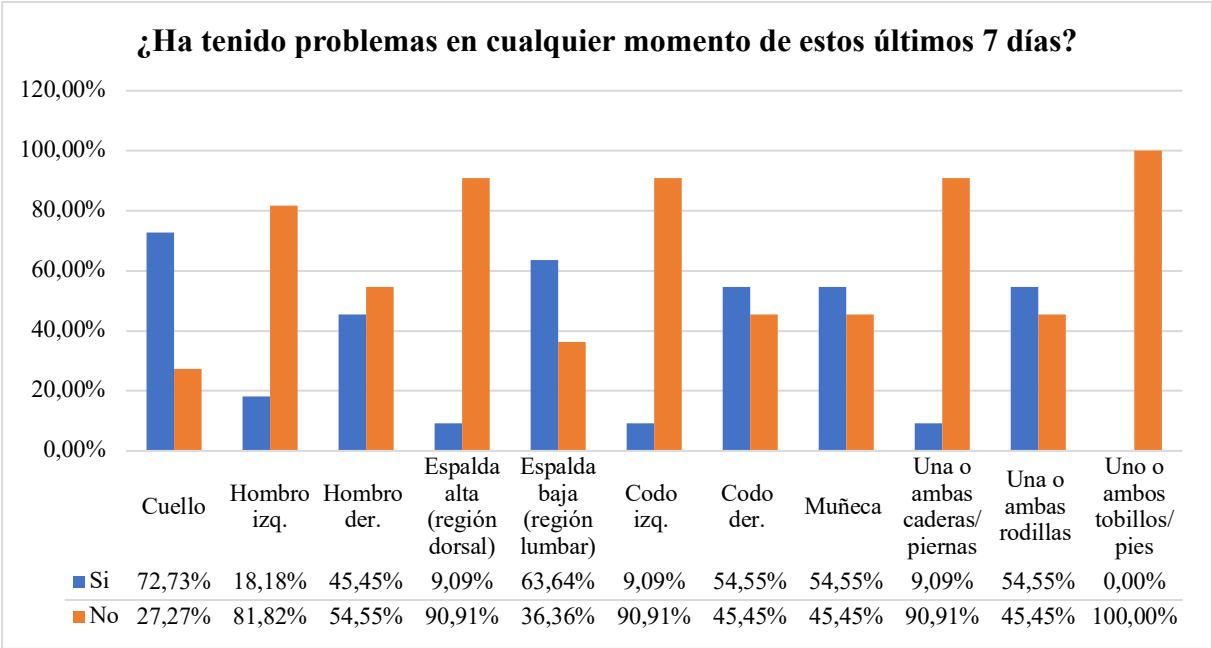


Figura 10. Resultados de la pregunta 3 del Cuestionario Nórdico aplicado a los docentes

Por otro lado, la Figura 11 evidencia que solo un 9,09 % de los docentes ha tenido que cambiar de actividad laboral debido a problemas musculoesqueléticos, lo que confirma que, aunque las molestias son frecuentes, su impacto en la continuidad laboral es limitado. Sin embargo, la literatura científica ha señalado que la acumulación de lesiones a lo largo del tiempo puede derivar en restricciones laborales significativas si no se implementan estrategias de mitigación tempranas (4).

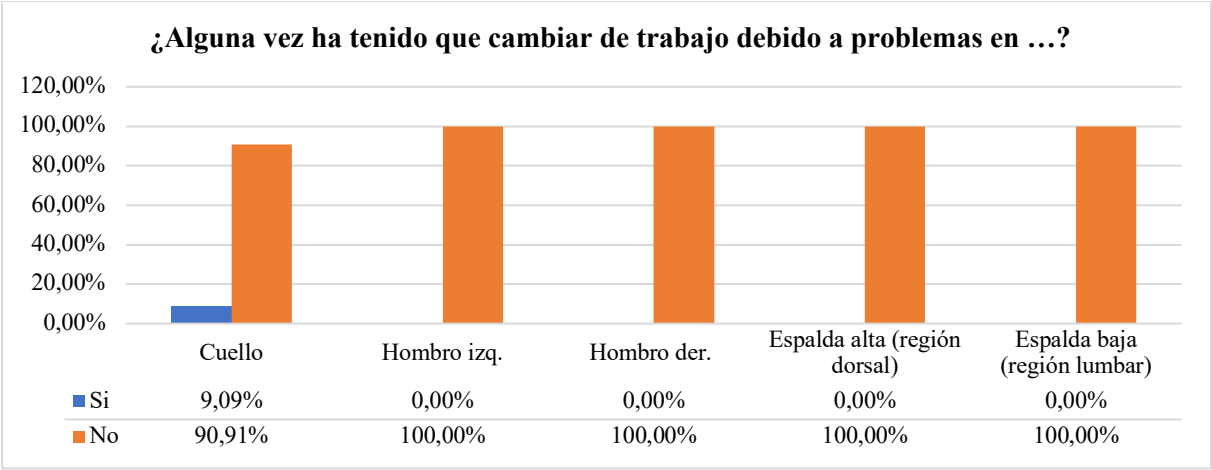


Figura 11. Resultados de la pregunta 4 del Cuestionario Nórdico aplicado a los docentes

El análisis del tiempo de duración de las molestias musculoesqueléticas en los últimos 12 meses, reflejado en la Figura 12, indica que el 36 % de los docentes ha experimentado dolor en el cuello entre 1 y 7 días, mientras que, en la espalda baja, el 27 % ha presentado molestias por más de 8 días. Este patrón es consistente con estudios que han encontrado una correlación entre la duración de las molestias y la exposición a factores de riesgo ergonómicos, como la mala postura y la ausencia de pausas activas en la jornada laboral (5).

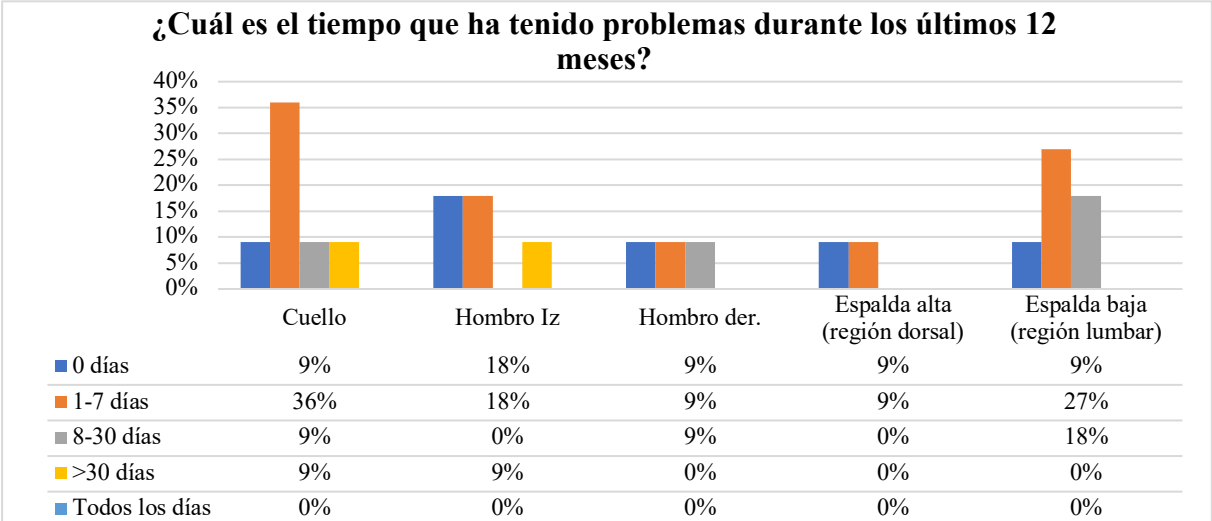


Figura 12. Resultados de la pregunta 5 del Cuestionario Nórdico aplicado a los docentes

En términos de impacto en el desempeño laboral, la Figura 13 muestra que el 45,45 % de los docentes ha experimentado limitaciones para realizar su trabajo durante 1 a 7 días debido a molestias en el cuello, mientras que el 36,36 % ha tenido dificultades por problemas en la espalda baja. Estos datos refuerzan la necesidad de mejorar las condiciones ergonómicas en los entornos educativos, ya que el trabajo prolongado en posturas inadecuadas incrementa el riesgo de discapacidad temporal o permanente.



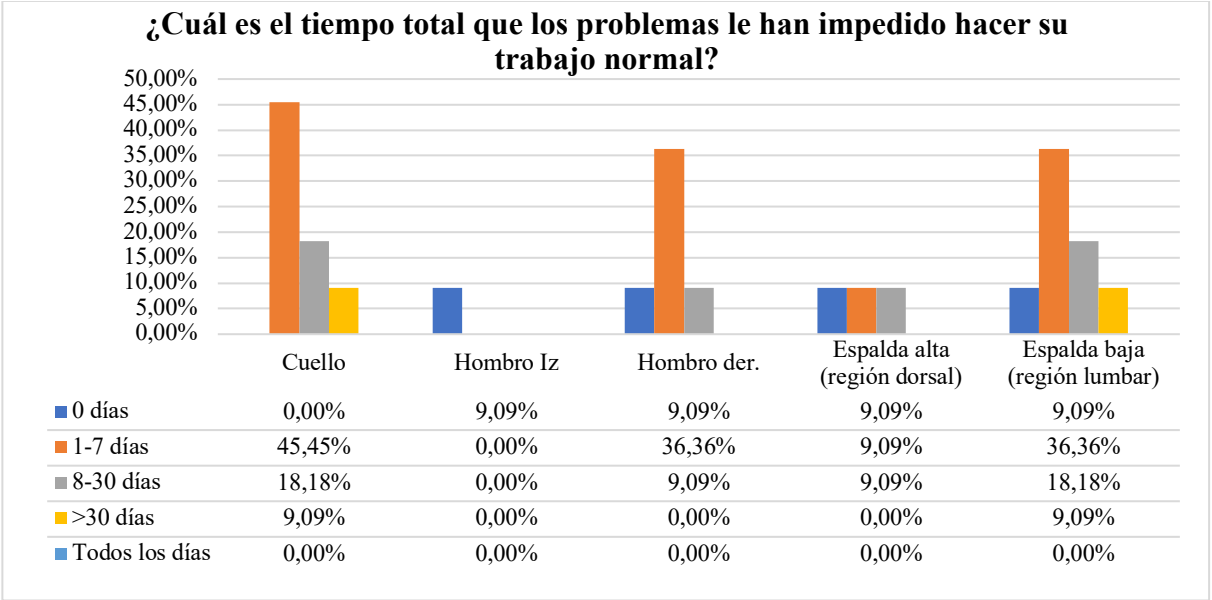


Figura 13. Resultados de la pregunta 6 del Cuestionario Nórdico aplicado a los docentes

Finalmente, la Figura 14 revela que solo un pequeño porcentaje de los docentes ha buscado atención médica o fisioterapéutica por sus molestias musculoesqueléticas. En el caso del cuello, el 18,18 % de los encuestados ha acudido a un especialista, mientras que, en la espalda baja, el porcentaje es del 9,09 %. La baja frecuencia de consultas médicas podría deberse a la subestimación de los síntomas o a la falta de acceso a servicios de salud especializados en ergonomía. La literatura científica ha identificado que la falta de atención oportuna puede agravar los trastornos musculoesqueléticos y aumentar el riesgo de incapacidades a largo plazo (1).

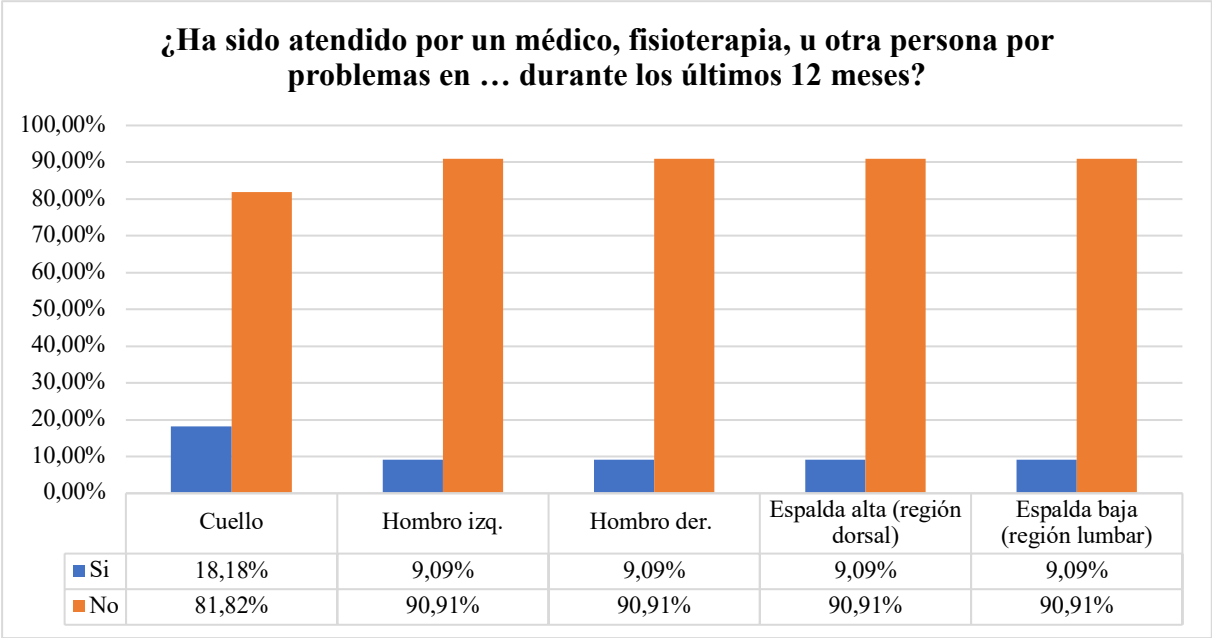


Figura 14. Resultados de la pregunta 7 del Cuestionario Nórdico aplicado a los docentes

En conclusión, los resultados evidencian una alta incidencia de molestias musculoesqueléticas en docentes, con especial énfasis en el cuello y la espalda baja. Aunque la mayoría no ha experimentado impedimentos severos en su labor diaria, la persistencia de los síntomas en el corto



y largo plazo sugiere la necesidad de implementar estrategias ergonómicas preventivas, como capacitaciones, rediseño de espacios de trabajo y promoción de pausas activas. La intervención temprana es clave para evitar la progresión de estos problemas hacia patologías crónicas que puedan afectar la calidad de vida y el desempeño profesional de los docentes.

3.3. Estrategias preventivas y correctivas para la mejora de las condiciones ergonómicas

La implementación de estrategias preventivas y correctivas en ergonomía es fundamental para reducir la incidencia de trastornos musculoesqueléticos en entornos educativos y laborales. En el caso de los estudiantes y docentes de la Granja Experimental Mishilí, donde las actividades agropecuarias demandan esfuerzos físicos constantes, es crucial aplicar medidas de prevención y control que optimicen las condiciones de trabajo y minimicen los riesgos ergonómicos.

El Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo del Ecuador establece que todas las instituciones deben garantizar condiciones adecuadas de seguridad y salud ocupacional para sus trabajadores, promoviendo la prevención de enfermedades relacionadas con el trabajo (19). En este contexto, la adopción de un sistema de gestión de seguridad y salud basado en la mejora continua permite identificar, evaluar y mitigar los riesgos ergonómicos de manera eficiente (20).

Estrategias preventivas

Las estrategias preventivas tienen como objetivo evitar la aparición de trastornos musculoesqueléticos mediante la optimización del entorno de trabajo y la capacitación de los estudiantes y docentes en prácticas ergonómicas adecuadas. Según (21), en el ámbito agropecuario, estas estrategias incluyen:

- **Diseño ergonómico de herramientas y mobiliario:** Ajustar las herramientas de trabajo y los espacios de estudio para reducir la carga física y mejorar la postura de los trabajadores.
- **Rotación de tareas:** Implementar sistemas de rotación laboral para evitar la sobrecarga en grupos musculares específicos.
- **Capacitación en ergonomía:** Brindar formación regular sobre posturas adecuadas, manejo de cargas y uso correcto de herramientas agropecuarias.
- **Descansos programados:** Establecer pausas activas para reducir la fatiga muscular y mejorar la circulación sanguínea.

Además, el uso de la tecnología educativa puede contribuir significativamente a la formación ergonómica de los estudiantes. (22) destacan que las herramientas digitales permiten el acceso a simulaciones interactivas y programas de capacitación en ergonomía, facilitando la adquisición de conocimientos de manera efectiva.

Cuando los riesgos ergonómicos ya han generado afectaciones en la salud de los estudiantes y docentes, es necesario implementar estrategias correctivas orientadas a minimizar el impacto de las lesiones y mejorar las condiciones laborales. Entre las medidas más efectivas se encuentran:

- **Rediseño de actividades de alto riesgo:** Modificar los procesos laborales para reducir la exposición a posturas forzadas y movimientos repetitivos.
- **Uso de equipos de protección ergonómica:** Implementar el uso de soportes lumbares, rodilleras y guantes ergonómicos para disminuir la carga sobre las articulaciones.
- **Fisioterapia y rehabilitación:** Ofrecer acceso a programas de recuperación física para aquellos afectados por trastornos musculoesqueléticos.

- **Evaluaciones periódicas:** Realizar mediciones ergonómicas continuas para detectar factores de riesgo emergentes y corregirlos oportunamente.

Asimismo, (23) resalta la importancia de la innovación pedagógica en la educación técnica, recomendando la inclusión de metodologías activas que permitan a los estudiantes aplicar conocimientos ergonómicos en su entorno laboral de manera dinámica y efectiva.

La adopción de estrategias preventivas y correctivas es esencial para mejorar las condiciones ergonómicas en la Granja Experimental Mishilí. La combinación de medidas estructurales, tecnológicas y formativas permitirá reducir la incidencia de trastornos musculoesqueléticos, optimizando el bienestar y el rendimiento de los estudiantes y docentes. La implementación de normativas y buenas prácticas basadas en la evidencia garantizará un ambiente de trabajo más seguro y eficiente.

3. Discusión

La problemática del riesgo ergonómico en estudiantes y docentes de la Granja Experimental Mishilí refleja una realidad ampliamente documentada en la literatura científica, donde la combinación de actividades académicas y laborales en entornos agropecuarios genera una alta exposición a factores de riesgo musculoesquelético. Estudios previos han señalado que la adopción de posturas inadecuadas, la manipulación de cargas pesadas y la repetición de movimientos constituyen los principales desencadenantes de trastornos musculoesqueléticos, afectando el desempeño y la salud de los trabajadores del sector educativo y agrícola (1,2).

Los datos obtenidos mediante la aplicación del Cuestionario Nórdico de Percepción de Síntomas Musculoesqueléticos evidencian una alta incidencia de molestias en la región lumbar, cervical y dorsal, lo que coincide con investigaciones previas en distintos entornos laborales y educativos. En particular, se identificó que el 37,04% de los participantes experimentó molestias en la espalda baja en los últimos doce meses, mientras que el 52,59% reportó dolor en el cuello. Estos hallazgos sugieren que las tareas agropecuarias realizadas por estudiantes y docentes imponen una carga biomecánica significativa, lo que puede derivar en la aparición de patologías crónicas si no se implementan estrategias preventivas adecuadas (3,4).

El impacto de estas afecciones no solo se limita a la presencia de dolor, sino que también se traduce en impedimentos funcionales que afectan la productividad y el rendimiento académico. Los resultados del estudio revelaron que el 26,67% de los encuestados experimentó limitaciones en sus actividades diarias debido a molestias en la espalda baja, lo que indica que el riesgo ergonómico no es un problema marginal, sino una amenaza tangible para la continuidad educativa y laboral de los afectados. Este fenómeno ha sido ampliamente discutido en estudios recientes, donde se ha determinado que la falta de medidas ergonómicas en entornos educativos y agrícolas no solo afecta la salud física de los individuos, sino que también repercute en su estabilidad emocional y desempeño cognitivo (5,6).

En este sentido, los principios establecidos en el Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo del Ecuador enfatizan la necesidad de aplicar sistemas de gestión de riesgos ergonómicos que permitan mitigar el impacto de los factores de riesgo en las actividades laborales y educativas (7). La implementación de controles ergonómicos ha demostrado ser una estrategia efectiva en la reducción de trastornos musculoesqueléticos, como lo evidencian diversas investigaciones centradas en la mejora de las condiciones de trabajo en sectores con alta exigencia física. En estudios previos, se ha sugerido que la aplicación de metodologías como RULA, REBA y OWAS permite evaluar de

manera sistemática las posturas de trabajo y diseñar estrategias correctivas para minimizar el impacto biomecánico en los trabajadores (8,9).

La educación y capacitación en ergonomía también se presentan como un pilar fundamental en la prevención de estos riesgos. Se ha demostrado que la sensibilización sobre posturas adecuadas, pausas activas y ejercicios de estiramiento contribuye significativamente a la reducción de lesiones musculoesqueléticas en estudiantes y docentes. La Organización Internacional del Trabajo (OIT) ha resaltado la importancia de la educación en seguridad laboral como una herramienta clave para la mejora continua en la prevención de riesgos ergonómicos, destacando que los programas de formación adaptados a cada entorno laboral pueden reducir significativamente la incidencia de afecciones musculoesqueléticas en el largo plazo (10).

Asimismo, la incorporación de tecnologías educativas y metodologías pedagógicas innovadoras podría representar una estrategia complementaria para la mejora de las condiciones ergonómicas en el ámbito educativo. El uso de plataformas digitales para la capacitación en ergonomía, junto con la integración de dispositivos tecnológicos que faciliten la evaluación de posturas y la optimización del entorno de trabajo, ha sido identificado como una tendencia emergente en la gestión de la seguridad ocupacional en el sector educativo (11,12).

Los hallazgos obtenidos en el presente estudio reflejan la necesidad urgente de desarrollar estrategias preventivas y correctivas para mejorar las condiciones ergonómicas de los estudiantes y docentes de la Granja Experimental Mishilí. La aplicación de medidas correctivas basadas en el rediseño de tareas, la mejora del equipamiento y la capacitación en ergonomía podría reducir significativamente la incidencia de trastornos musculoesqueléticos y mejorar el bienestar general de los afectados. La evidencia científica respalda la efectividad de estas estrategias, enfatizando que una intervención temprana y estructurada es clave para prevenir la aparición de patologías crónicas relacionadas con el riesgo ergonómico (13,14).

En conclusión, la incidencia de los factores de riesgo ergonómico en los estudiantes y docentes de la Granja Experimental Mishilí evidencia la necesidad de una intervención inmediata para reducir la exposición a posturas forzadas, movimientos repetitivos y carga física excesiva. La implementación de estrategias preventivas y correctivas basadas en la gestión del riesgo, la educación en ergonomía y la optimización del entorno laboral constituye una prioridad para garantizar la salud y seguridad de la población estudiada. En este contexto, es imperativo fortalecer las políticas de seguridad y salud en el trabajo, promoviendo un enfoque integral que combine la prevención, la educación y el seguimiento continuo para mitigar los efectos adversos del riesgo ergonómico en el ámbito educativo y agropecuario.

4. Conclusión

El presente estudio permitió identificar y analizar los factores de riesgo ergonómico que afectan a los estudiantes y docentes de la Granja Experimental Mishilí, evidenciando una alta incidencia de molestias musculoesqueléticas derivadas de la exposición prolongada a posturas forzadas, movimientos repetitivos y manipulación de cargas. Los hallazgos obtenidos a partir de la aplicación del Cuestionario Nórdico reflejan que las zonas más afectadas son la región lumbar, dorsal y cervical, lo que confirma la existencia de una carga biomecánica significativa en las actividades agropecuarias desarrolladas dentro de este entorno educativo.

Se constató que la presencia de molestias musculoesqueléticas no solo implica un malestar físico transitorio, sino que también afecta la funcionalidad de los individuos, limitando su capacidad para

desempeñar sus tareas académicas y laborales con normalidad. Un porcentaje considerable de los encuestados reportó que el dolor les ha impedido realizar sus actividades habituales, e incluso, algunos han requerido modificar su trabajo debido a la intensidad de las molestias. Esto evidencia que el impacto del riesgo ergonómico trasciende la esfera de la salud individual y se convierte en un problema institucional que debe abordarse con estrategias correctivas y preventivas.

El diseño de la investigación permitió obtener un panorama detallado sobre la incidencia del riesgo ergonómico en la salud de los participantes, validando la necesidad de implementar medidas que permitan mejorar las condiciones de trabajo y estudio en la Granja Experimental Mishilí. En este sentido, se destaca la urgencia de adoptar intervenciones ergonómicas dirigidas a minimizar la carga postural, optimizar los espacios de trabajo y garantizar que los estudiantes y docentes cuenten con las herramientas necesarias para desarrollar sus actividades sin comprometer su bienestar físico.

Entre las principales estrategias preventivas identificadas se encuentran la educación y sensibilización en ergonomía, el rediseño de tareas, la implementación de pausas activas y el ajuste de las condiciones físicas del entorno laboral. La formación en ergonomía resulta crucial para que los estudiantes y docentes adquieran conocimientos sobre posturas adecuadas y prácticas seguras que reduzcan el impacto de las actividades en su salud. Asimismo, la incorporación de equipos ergonómicos y la redistribución de cargas pueden contribuir significativamente a la reducción de riesgos y prevenir la aparición de lesiones a largo plazo.

Otro aspecto fundamental es la integración de la tecnología en la gestión de riesgos ergonómicos, lo que permitiría un monitoreo continuo de las condiciones laborales y académicas para realizar ajustes oportunos. Las herramientas digitales y metodologías innovadoras pueden facilitar la identificación de factores de riesgo y mejorar la capacitación en ergonomía, promoviendo entornos más seguros y eficientes para los estudiantes y docentes.

Además, la normativa vigente en materia de seguridad y salud en el trabajo establece lineamientos específicos para la prevención de riesgos ergonómicos, los cuales deben ser adoptados de manera integral en instituciones educativas con actividades de alto impacto físico. La correcta aplicación de estas normativas garantizaría la implementación de un sistema de gestión de riesgos que favorezca la prevención de enfermedades musculoesqueléticas y el mejoramiento de las condiciones de trabajo.

A pesar de los avances en la identificación de los riesgos ergonómicos en la Granja Experimental Mishilí, se reconoce la necesidad de continuar con estudios más específicos que permitan evaluar el impacto a largo plazo de estos factores en la salud de los estudiantes y docentes. La realización de mediciones ergonómicas más detalladas, el seguimiento de casos y la implementación de programas de mejora continua son esenciales para consolidar una cultura de prevención y bienestar en el ámbito educativo agropecuario.

En síntesis, la investigación pone en evidencia la relevancia de la ergonomía en la educación técnica y agropecuaria, subrayando la necesidad de adoptar un enfoque integral que combine la prevención, la educación y la optimización del entorno laboral. La aplicación de estrategias correctivas y preventivas permitirá reducir la incidencia de trastornos musculoesqueléticos y mejorar la calidad de vida de los estudiantes y docentes, garantizando un desempeño académico y laboral óptimo en un ambiente seguro y saludable.

Referencias

1. Luna KB. Desconocimiento sobre riesgos ergonómicos en estudiantes de la carrera de instrumentación quirúrgica..
2. Benites Lapeyre JA. Discapacidad lumbar y nivel de riesgo ergonómico en estudiantes de fisioterapia del centro de capacitación Inspecadem Piura, 2021..
3. Chacón Cruz MI&UPAC. Factores determinantes en el nivel de riesgo ergonómico durante la educación virtual en estudiantes de Enfermería..
4. Colca Segura KM MBNRAB. Nivel de riesgo ergonómico en estudiantes de Tecnología Médica de la Universidad Continental de Huancayo durante la pandemia del COVID- 19..
5. Saldaña Taminche R,&GQEL. Molestias musculoesqueléticas y riesgo ergonómico en estudiantes de computación del centro de educación técnica productiva Maynas..
6. HUAMAN MJH. Riesgo ergonómico y trastornos músculo esqueléticos en clases virtuales de estudiantes de una facultad de salud de una universidad privada de Lima, Perú..
7. Criollo MAA,LMNN,BAJA,&QSV. Prevención de riesgos ergonómicos en estudiantes de modalidad híbrida: rol educativo de enfermería. Polo del Conocimiento. Revista científico-profesional. 2022; 7(12)(979–992).
8. Maquera L,&EL. Factores de riesgo ergonómico en estudiantes del 5to y 6to grado del nivel primario de la Institución Educativa José Antonio Encinas Franco, Tacna-2022..
9. Cabrera A,VW,&SP. Implementación de controles para la reducción de riesgo ergonómico en la producción de maracuyá en la Granja Experimental Mishili del Cantón Santo Domingo. Reincisol. 2024;(1466–1489).
10. Cedeño D,GR,PA,&JG. Implementación de controles para la eliminación de peligros y reducción de riesgos ergonómicos en la producción de plátano en la granja Mishilí, 2024. Boletín Científico Ideas y Voces. 2024;(102–121).
11. Flores G,TL,PA,&JG. Gestión de Riesgos Ergonómicos Aplicado en el Cultivo De Plátano, en la Granja Experimental Mishili Santo Domingo, 2023. Ciencia Latina Internacional. 2023;(5476–5491).
12. Rodríguez D,RH,JG,&PA. identificación de peligros y evaluación de riesgos laborales (Ergonómicos) en los procesos agrícolas desarrollados en la Granja Experimental Mishili, 2024. Green World Journal. 2024; 1–2.
13. Velez M,AK,JG,&PA. Validación de Criterios de Mejora Continua en la Gestión Preventiva de Riesgos Ergonómicos: Estudio en la Granja Experimental Mishilí 2024. Green World Journal. 2024;(103).
14. Ruiz-Sánchez CI,HFRJ,&HJDF. Análisis integral de los riesgos ergonómicos y psicosociales en el contexto educativo. Editorial Grupo AEA. 2024.

15. Moreno-Rodriguez CJ,OCIA,GCNN,DAJR,ORRD,MGBP,PARS,&OOJJ. Gestión del Conocimiento y Educación en el Desarrollo Organizacional y Académico. Editorial Grupo AEA. 2024.
16. Granja AAT,&BAEI. Valoración del riesgo ergonómico de estudiantes de odontología mediante el método Owas. Odontología. 2020; 22(2)(60–71).
17. Ramos Cruz KE. Relación entre molestias musculoesqueléticas y riesgo ergonómico en estudiantes de Computación del CETPRO Betania–Chulucanas..
18. Araúz E,MC,ZL,&GE. Estudio de factores de riesgos ergonómicos presentes en la educación a distancia. Revista de Iniciación Científica. 2021; 7(72–81).
19. Ecuador. PdlRd. Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo..
20. Trabajo. Old. Sistema de gestión de la STT: una herramienta para la mejora continua, Italia: Centro Internacional de Formación de la OIT..
21. Puente V,&HJ. Proposal of prevention strategies for musculoskeletal diseases in farmers. Sapienza: International Journal of Interdisciplinary Studies. 2022;(16–24).
22. Cajamarca–Correa MA,CCAL,SSSE,&PGAG. Nuevas tendencias en el uso de recursos y herramientas de la Tecnología Educativa para la Educación Universitaria. Journal of Economic and Social Science Research. 2024; 4(3)(127–150).
23. Santander–Salmon ES. Métodos pedagógicos innovadores: Una revisión de las mejores prácticas actuales. Revista Científica Zambos. 2024; 3(1)(73–90).



© 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

RESEARCH ARTICLE

Estimación de biomasa aérea en *Cedrelinga cateniformis* en bosques siempreverdes de tierras bajas de Cuyabeno: implicaciones para la conservación.

Dávila Ulloa Maricarmen ^{1*}  Conforme Garcia Mariana Magdalena ¹  Orellana Medina Carmen Iralda ¹ 
Guerrero Naranjo Luis Enrique¹ 

¹ Universidad Estatal Amazónica, Napo, Ecuador, 150950.

✉ Correspondencia: m.davilau@uea.edu.ec

☎ +593 99 771 4425

DOI/URL: <https://doi.org/10.53313/gwj81200>

Resumen: El estudio aborda la estimación de la biomasa aérea de *Cedrelinga cateniformis* en bosques siempreverdes de la Reserva de Producción Faunística Cuyabeno, Ecuador. Dada la importancia de esta especie en la captura de carbono y su potencial de aprovechamiento maderero, se desarrollaron ecuaciones alométricas para una cuantificación precisa de su biomasa. Se empleó un diseño descriptivo correlacional, utilizando variables dendrométricas como el diámetro a la altura del pecho (DAP) y la altura total (Ht), aplicando análisis de regresión mediante modelos alométricos. Los resultados indican que los árboles con DAP superior a 70 cm, aunque escasos, concentran el mayor porcentaje de biomasa aérea. Se evidenció una alta variabilidad en la estructura del bosque, con predominancia de la familia Fabaceae. Además, se determinó que el 81.22 % del volumen comercial corresponde a individuos dentro del rango del Diámetro Mínimo de Corta. Estos hallazgos destacan la relevancia de *C. cateniformis* en la dinámica ecológica del bosque y subrayan la necesidad de estrategias de manejo sostenible para evitar la sobreexplotación de individuos de gran porte, garantizando su conservación y la función ecológica del ecosistema amazónico.

Palabras claves: biomasa aérea; ecuaciones alométricas; *Cedrelinga cateniformis*; Amazonía; manejo forestal sostenible.

Estimation of aboveground biomass of *Cedrelinga cateniformis* in lowland evergreen forests of the Cuyabeno Wildlife Production Reserve.

Abstract: This study addresses the estimation of the aboveground biomass of *Cedrelinga cateniformis* in evergreen forests of the Cuyabeno Wildlife Production Reserve, Ecuador. Given the importance of this species in carbon sequestration and its potential



Check for
updates

Cita: Dávila Ulloa, M., Conforme Garcia, Mariana Magdalena Orellana Medina, C. I., & Guerrero Naranjo, L. E. (2025). Estimación de biomasa aérea en *Cedrelinga cateniformis* en bosques siempreverdes de tierras bajas de Cuyabeno: implicaciones para la conservación. Green World Journal, 8(1), 200. <https://doi.org/10.53313/gwj81200>

Received: 30/January/2024

Accepted: 27/February/2025

Published: 08/March/2025

Prof. Carlos Mestanza-Ramón, PhD.
Editor-in-Chief / CaMeRa Editorial
editor@greenworldjournal.com

Editor's note: CaMeRa remains neutral with respect to legal claims resulting from published content. The responsibility for published information rests entirely with the authors.



© 2025 CaMeRa license, Green World Journal. This article is an open access document distributed under the terms and

for timber harvesting, allometric equations were developed for an accurate quantification of its biomass. A descriptive correlational design was used, using dendrometric variables such as diameter at breast height (DBH) and total height (Ht), applying regression analysis using allometric models. The results indicate that trees with DBH greater than 70 cm, although scarce, concentrate the highest percentage of aerial biomass. A high variability in forest structure was observed, with a predominance of the Fabaceae family. In addition, it was determined that 81.22 % of the commercial volume corresponds to individuals within the range of the Minimum Cutting Diameter. These findings highlight the relevance of *C. cateniformis* in the ecological dynamics of the forest and underline the need for sustainable management strategies to avoid overexploitation of large individuals, guaranteeing their conservation and the ecological function of the Amazonian ecosystem.

Keywords: aerial biomass; allometric equations; *Cedrelinga cateniformis*; Amazon; sustainable forest management.

1. Introducción

El incremento de las concentraciones de dióxido de carbono (CO₂) en la atmósfera es un problema ambiental de gran relevancia, con implicaciones directas en el cambio climático y en la estabilidad de los ecosistemas. Los bosques tropicales, al desempeñar un papel crucial en la captura y almacenamiento de carbono, han sido objeto de múltiples investigaciones que buscan evaluar su capacidad de mitigación ante este fenómeno. En este contexto, *Cedrelinga cateniformis* se destaca como una de las especies forestales de interés debido a su importancia ecológica y su potencial en la fijación de carbono. Sin embargo, la explotación desmedida de sus recursos y la falta de información precisa sobre su biomasa aérea dificultan su manejo sostenible y su conservación en ecosistemas vulnerables como la Amazonía ecuatoriana.

La Reserva de Producción Faunística Cuyabeno, ubicada en la provincia de Sucumbíos, Ecuador, representa uno de los entornos más biodiversos del planeta y alberga una gran variedad de especies vegetales, entre ellas *C. cateniformis*. Sin embargo, la creciente presión antropogénica, impulsada principalmente por la tala de árboles con fines comerciales y la expansión de actividades agrícolas y ganaderas, ha generado un impacto negativo en la estructura y dinámica de estos ecosistemas. A pesar de su relevancia ecológica y económica, los estudios sobre la biomasa aérea de esta especie en la región son limitados, lo que impide la implementación de estrategias efectivas para su conservación y aprovechamiento sostenible. De acuerdo con (1), la distribución geográfica de *C. cateniformis* en la Amazonía ecuatoriana se ha visto afectada por cambios en el uso del suelo y por la explotación de sus recursos maderables, lo que pone en riesgo la estabilidad de sus poblaciones.

Uno de los principales factores que contribuyen a la degradación de los bosques siempreverdes donde habita *C. cateniformis* es la deforestación. (2) señala que en los últimos años se ha registrado un incremento alarmante en la tasa de deforestación en la Amazonía, lo que ha llevado a una reducción significativa de la cobertura forestal y ha puesto en peligro la biodiversidad de la región. En este contexto, la necesidad de contar con modelos que permitan estimar la biomasa aérea de *C. cateniformis* se vuelve imperante, ya que estos modelos no solo facilitan la cuantificación del carbono almacenado en la especie, sino que también proporcionan información clave para la formulación de políticas de conservación y manejo sostenible.

El desarrollo de ecuaciones alométricas específicas para la estimación de biomasa aérea en *C. cateniformis* es una alternativa viable y eficiente frente a los métodos destructivos tradicionales. Estos modelos, basados en variables dendrométricas como el diámetro a la altura del pecho (DAP) y la altura total del árbol, permiten obtener estimaciones precisas sin la necesidad de talar ejemplares, reduciendo así el impacto ambiental de la investigación. Según (3), la aplicación de estos modelos en estudios sobre la estructura poblacional y el almacenamiento de carbono en *C. cateniformis* ha

demostrado ser una herramienta útil para evaluar la dinámica de la especie y su contribución en la mitigación del cambio climático.

Además de su importancia ecológica, *C. cateniformis* posee un alto valor económico debido a la calidad de su madera, lo que ha incrementado su demanda en el mercado forestal. Sin embargo, la falta de regulaciones adecuadas y el desconocimiento sobre su capacidad de regeneración han generado un aprovechamiento no sostenible de sus poblaciones. (4) menciona que, en ciertas áreas donde se ha explotado intensivamente esta especie, la regeneración natural se ha visto comprometida, lo que podría llevar a una disminución drástica de sus poblaciones a largo plazo. Este escenario resalta la urgencia de implementar medidas de manejo basadas en información científica que permitan equilibrar su aprovechamiento con la conservación de los ecosistemas donde se desarrolla.

En este sentido, el presente estudio tiene como objetivo principal desarrollar ecuaciones alométricas para la estimación de biomasa aérea en *C. cateniformis* dentro de la Reserva de Producción Faunística Cuyabeno. A través de la recolección y análisis de datos dendrométricos, se pretende generar modelos matemáticos que permitan cuantificar con mayor precisión la cantidad de carbono almacenado en esta especie. La información obtenida contribuirá al diseño de estrategias de manejo forestal sostenible y brindará una base técnica para la toma de decisiones en la conservación de los bosques amazónicos.

Este estudio es viable tanto desde el punto de vista metodológico como en términos de su aplicabilidad en la gestión de recursos forestales. La utilización de modelos alométricos ha sido ampliamente validada en investigaciones previas y representa una alternativa eficiente para la estimación de biomasa en especies forestales sin la necesidad de recurrir a métodos destructivos. (5) destacan la importancia de estos modelos en estudios de crecimiento y desarrollo de especies arbóreas en sistemas agroforestales, lo que demuestra su potencial en diferentes contextos ecológicos y su aplicabilidad en estrategias de conservación.

Los resultados de esta investigación no solo beneficiarán a la comunidad científica, sino que también podrán ser utilizados por instituciones gubernamentales, organizaciones ambientales y comunidades locales interesadas en la conservación y manejo sostenible de los recursos forestales en la Amazonía ecuatoriana. La generación de conocimiento sobre la biomasa aérea de *C. cateniformis* permitirá fortalecer las políticas de conservación y contribuir a la mitigación del cambio climático a través de la gestión adecuada de los bosques. Asimismo, los datos obtenidos servirán como referencia para futuras investigaciones sobre la dinámica ecológica de esta especie y su respuesta ante las presiones antropogénicas en su hábitat natural.

2. Materiales y métodos

El estudio sigue un diseño descriptivo correlacional con el objetivo de obtener modelos que permitan estimar la biomasa aérea de *Cedrelinga cateniformis* en función de variables dendrométricas cuantificables. Para ello, se utilizarán medidas como el diámetro a la altura del pecho (DAP), la altura total (Ht) y la altura comercial (Hc). Se aplicará un análisis de regresión para generar ecuaciones alométricas que faciliten la estimación de la biomasa sin necesidad de recurrir a métodos destructivos.

La selección de los árboles a evaluar se realizará mediante un muestreo por conveniencia, considerando individuos con un DAP igual o superior a 10 centímetros. La identificación de los árboles será apoyada por guías locales con conocimiento sobre la vegetación del área.

El DAP se medirá con una cinta métrica a 1.3 metros del suelo, obteniendo el valor de la circunferencia y dividiéndolo por la constante π para calcular el diámetro, utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Circunferencia} = \text{Diámetro} \cdot \pi$$

$$\text{Diámetro} = \frac{\text{Circunferencia}}{\pi}$$

2.1 Área de estudio

El estudio se llevará a cabo en la Reserva de Producción Faunística Cuyabeno, situada en las provincias de Orellana y Sucumbíos, en la región nororiental de la Amazonía ecuatoriana, en la frontera con Colombia. Esta reserva tiene una extensión de 590,112 hectáreas y una altitud que varía entre 177 y 326 metros sobre el nivel del mar. La zona se caracteriza por su alta biodiversidad, con una gran variedad de especies de flora y fauna, y se encuentra protegida dentro del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP). Desde su declaratoria en 1979 como Reserva de Producción Faunística, ha estado sujeta a monitoreo y gestión con el fin de evitar impactos negativos derivados de actividades antropogénicas.

Los sitios específicos de muestreo fueron seleccionados con base en la presencia de *Cedrelinga cateniformis* y en la accesibilidad proporcionada por las comunidades locales. Se trabajará en dos sitios dentro de la reserva: Recinto Las Mercedes, parroquia Tarapoa, cantón Cuyabeno, ubicado a una altitud de 214 m.s.n.m., y la Precooperativa Marian 10, parroquia Aguas Negras, cantón Cuyabeno, a 215 m.s.n.m. Ambos sitios están integrados al SNAP y su acceso se realiza con la autorización de las comunidades locales.

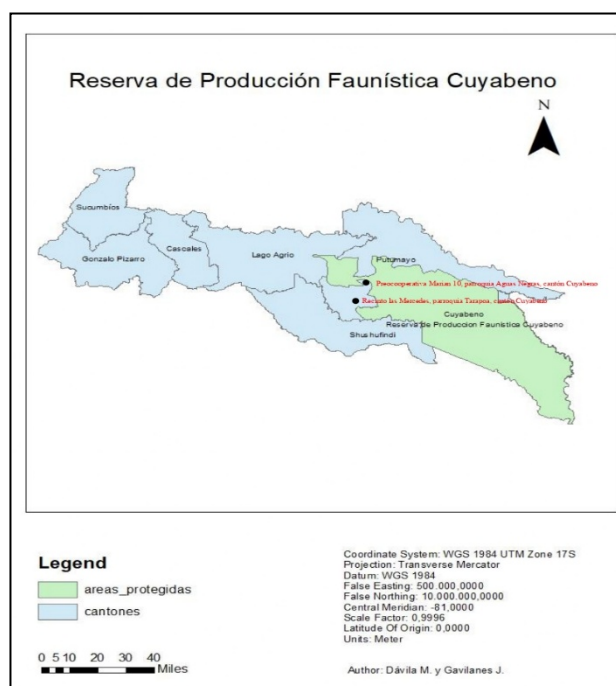


Figura 1. Mapa de ubicación de los sitios de muestreo

2.2. Métodos

Para la estimación de la biomasa aérea se emplearán modelos alométricos que permiten relacionar las variables medidas en campo con la biomasa de los individuos de *Cedrelinga*

cateniformis. Se evaluarán diferentes ecuaciones matemáticas que incluyen modelos lineales y no lineales en función del DAP y la altura del árbol.

El análisis de regresión se llevará a cabo utilizando el software SPSS (Statistical Package for the Social Sciences), el cual permitirá evaluar el ajuste de los datos a los modelos mediante coeficientes de determinación y otros criterios estadísticos. Se probarán diferentes ecuaciones comúnmente utilizadas en la estimación de biomasa, tales como las de Berkhout, Kopecky, Hohenadl-Krenn, Husch, Spurr, Stoate, Meyer y Schumacher-Hall, que incluyen combinaciones del DAP y la altura total o comercial como predictores.

Tabla 1. Modelos alométricos para la estimación de biomasa aérea

Nombre del modelo	Ecuación
Berkhout	$\text{Biomasa} = a + b * \text{DAP}$
Kopecky	$\text{Biomasa} = a + b * \text{DAP}^2$
Hohenadl-Krenn	$\text{Biomasa} = a + b * \text{DAP} + c * \text{DAP}^2$
Husch	$\ln(\text{Biomasa}) = a + b * \ln(\text{DAP})$
Spurr	$\text{Biomasa} = a + b * \text{DAP}^2 * H$
Stoate	$\text{Biomasa} = a + b * \text{DAP}^2 + c * \text{DAP}^2 * H + d * H$
Meyer	$\text{Biomasa} = a + b * \text{DAP}^2 + c * \text{DAP} * H + d * \text{DAP}^2 * H$
Schumacher-Hall	$\ln(\text{Biomasa}) = a + b * \ln(\text{DAP}) + c * \ln(H)$

Para garantizar la validez de los modelos, se verificarán los supuestos de normalidad, homogeneidad de varianzas e independencia de los datos. En caso de que los datos no cumplan con estos requisitos, se aplicarán transformaciones matemáticas mediante logaritmos, potencias o raíces. Finalmente, los modelos con mejor ajuste serán utilizados para estimar la biomasa aérea de *Cedrelinga cateniformis*, proporcionando información clave para su manejo sostenible y conservación en la Reserva de Producción Faunística Cuyabeno.

3. Resultados

Esta sección puede dividirse por subtítulos. Debe proporcionar una descripción concisa y precisa de los resultados experimentales, por lo general responderá a su hipótesis, objetivo o problema.

3.1. Estructura y composición del bosque en las zonas de estudio

La zona de estudio corresponde a un ecosistema de bosque siempreverde de tierra firme, caracterizado por la ausencia de intervención humana y la presencia de manchas naturales de vegetación. Este tipo de bosque, común en la Amazonía, se mantiene en estado primario, lo que permite la evaluación de su estructura y composición sin la influencia de actividades antrópicas. En este contexto, *Cedrelinga cateniformis* es una de las especies dominantes en la zona, debido a su gran porte y a su capacidad de adaptación a suelos con distintas condiciones físicoquímicas (6).

El levantamiento de datos se realizó en dos áreas de muestreo con características estructurales diferenciadas. En la Zona de Precooperativa Marian 10, con un área de 2,281 m², se registraron 12 árboles con diámetros a la altura del pecho (DAP) superiores a 32 cm, mientras que en la Zona de Recinto Las Mercedes, con una superficie de 410 m², se identificaron tres individuos con un DAP

superior a 35 cm. La baja densidad de individuos en esta última área sugiere una distribución espacial dispersa, lo que es común en especies de gran porte en la Amazonía (7).

La especie *Cedrelinga cateniformis* presenta características estructurales que la hacen relevante dentro del ecosistema amazónico. Su crecimiento es notablemente alto, alcanzando diámetros promedio de 5.70 m y alturas superiores a los 30 m. Estos valores reflejan su capacidad de almacenamiento de biomasa y su importancia como especie clave en la regulación del carbono dentro del bosque. Se ha observado que los árboles con DAP superior a 70 cm, aunque representan menos del 5 % del total de individuos evaluados, concentran aproximadamente el 40 % de la biomasa aérea total en pie, lo que confirma su papel como elementos esenciales en la dinámica estructural del bosque (8).

En términos de composición florística, el área de estudio presenta una alta diversidad de familias botánicas, destacándose Fabaceae, Euphorbiaceae, Lauraceae, Urticaceae, Arecaceae, Melastomataceae y Annonaceae. Estas familias son ampliamente reconocidas por su riqueza en los ecosistemas neotropicales y forman parte del ensamblaje característico del bosque húmedo tropical. En particular, Fabaceae es una de las familias con mayor representación en términos de riqueza de especies, lo que concuerda con estudios previos que la catalogan como dominante en los bosques de tierras bajas del neotrópico (7).

A pesar de esta alta riqueza florística, se evidenciaron diferencias en la distribución de especies en comparación con otros estudios en la región amazónica. Familias como Arecaceae, Rubiaceae y Moraceae, que suelen presentar una alta representatividad en bosques amazónicos, no mostraron la misma proporción en el área de estudio, lo que sugiere variaciones en la composición local de la vegetación. Estas diferencias pueden deberse a factores ambientales como la disponibilidad de luz, la competencia por recursos y las características del suelo, los cuales influyen en el establecimiento y la regeneración de las especies arbóreas (6).

El análisis de la estructura del bosque revela un alto grado de heterogeneidad, determinado por la distribución de especies, el área basal, el diámetro promedio de los árboles y la riqueza florística. Se observó que los sitios con mayor grado de perturbación presentaron una menor diversidad de familias botánicas, lo que indica que los impactos ambientales pueden alterar significativamente los patrones ecológicos del bosque siempreverde. Además, la distribución de la biomasa aérea por clases diamétricas mostró una mayor concentración de individuos en categorías de menor diámetro, lo que sugiere un proceso de regeneración activo en la zona. Este patrón es característico de bosques secundarios y refleja la influencia de disturbios naturales o antropogénicos en la dinámica del ecosistema (6).

Por otro lado, los valores de biomasa aérea encontrados en el estudio se encuentran dentro de los rangos reportados para bosques amazónicos, los cuales, en general, no superan los 350 Mg.ha⁻¹. Se ha documentado que los bosques tropicales actúan como importantes reservorios de carbono, ya que acumulan grandes cantidades de biomasa en sus estructuras arbóreas. La relación entre la biomasa aérea y las clases diamétricas sugiere que los árboles de mayor tamaño tienen una influencia significativa en la acumulación de carbono dentro del ecosistema, lo que resalta la importancia de su conservación en la mitigación del cambio climático (8).

La Figura 2 muestra la relación entre el DAP y la altura total (Ht) de los 15 árboles muestreados de *Cedrelinga cateniformis*, evidenciando una correlación positiva entre ambas variables. Este patrón es característico de especies de gran porte en bosques tropicales, donde el incremento en el diámetro se asocia con un aumento proporcional en la altura total.

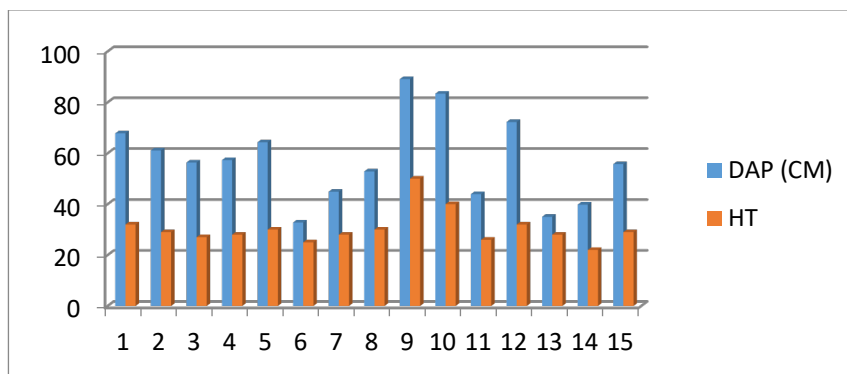


Figura 2. DAP vs Ht de los 15 árboles muestreados de la especie *Cedrelinga cateniformis*

Estos resultados subrayan la importancia de *Cedrelinga cateniformis* en la estructura del bosque amazónico y su papel en la acumulación de biomasa y carbono. La información obtenida permitirá una mejor comprensión de la dinámica del ecosistema y contribuirá al desarrollo de estrategias de manejo sostenible para la conservación de esta especie y su entorno.

3.2. Estimación de biomasa aérea y volumen maderable

La biomasa aérea es un indicador clave en la evaluación del almacenamiento de carbono y el potencial productivo de las especies forestales en los ecosistemas tropicales. En el caso de *Cedrelinga cateniformis*, su gran porte y alto volumen maderable la convierten en una especie de gran relevancia para la dinámica forestal y la mitigación del cambio climático. La estimación de la biomasa aérea en este estudio se realizó a partir de parámetros dasométricos medidos en campo, como el diámetro a la altura del pecho (DAP), la altura total (Ht) y la densidad de la madera.

Los resultados obtenidos muestran que la biomasa aérea de los árboles evaluados se distribuye principalmente en individuos con DAP mayor a 70 cm, los cuales, aunque representan una baja proporción del total de individuos muestreados, concentran la mayor cantidad de biomasa en pie. La Figura 3 muestra la distribución porcentual de la biomasa aérea de los árboles analizados, evidenciando que los árboles maduros constituyen la mayor proporción del almacenamiento de biomasa en la zona de estudio. Esta tendencia es consistente con investigaciones previas que destacan que las especies de gran porte en la Amazonía almacenan una fracción significativa de la biomasa total del ecosistema (9).

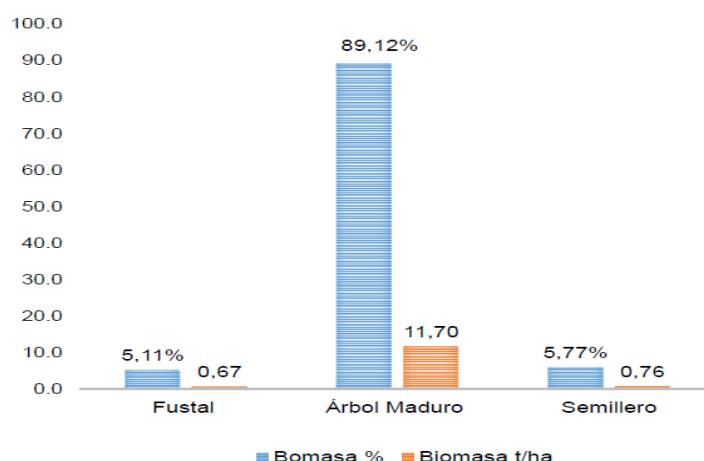


Figura 3. Biomasa aérea de los árboles

En cuanto a la distribución del volumen maderable, los resultados indican que la mayor proporción se encuentra en árboles de clases diamétricas superiores, lo que confirma la relación

entre el tamaño del árbol y su capacidad de acumulación de biomasa. La Figura 4 ilustra el porcentaje de volumen comercial por clase diamétrica, donde se observa que los árboles con DAP mayor a 50 cm contribuyen significativamente al volumen total aprovechable. Este hallazgo refuerza la importancia de la conservación y manejo sostenible de *C. cateniformis*, ya que la explotación indiscriminada de individuos de gran diámetro podría comprometer la estabilidad estructural del bosque y su capacidad de regeneración (10).

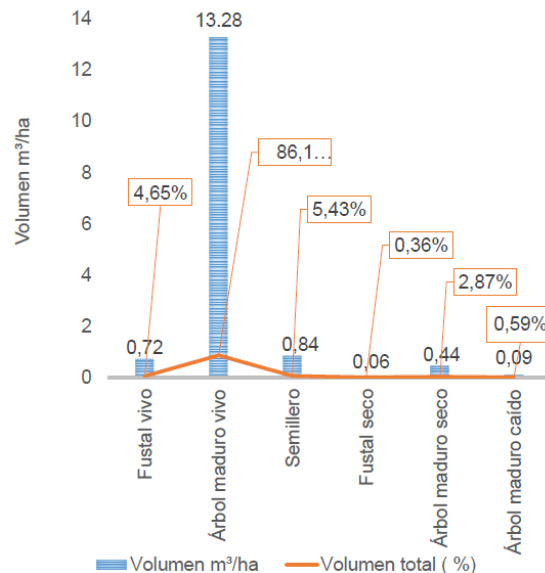


Figura 4. Volumen % y volumen comercial (m^3) por clase diamétrica de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke)

La estimación del volumen comercial aprovechable se realizó considerando el Diámetro Mínimo de Corta (DMC), lo que permite establecer los árboles que pueden ser extraídos sin afectar significativamente la regeneración natural del bosque. Según los resultados obtenidos, el 81,22 % del volumen comercial total corresponde a árboles con DAP dentro del rango establecido por el DMC, lo que indica que la mayoría de los árboles evaluados presentan dimensiones adecuadas para el aprovechamiento forestal sostenible. La Figura 5 muestra la distribución del volumen comercial aprovechable en función del DMC, lo que proporciona información clave para la planificación del manejo forestal de la especie (11).

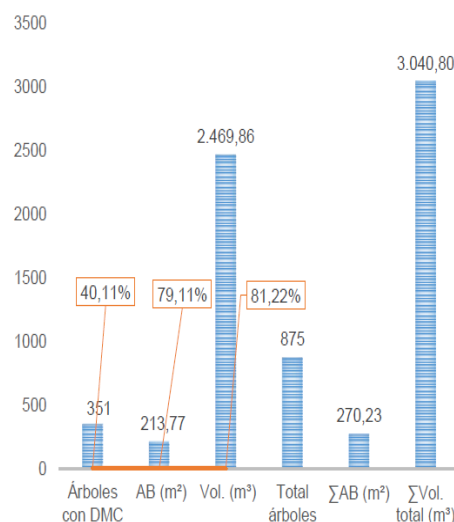


Figura 5. Volumen comercial aprovechable según el Diámetro Mínimo de Corta de la determinación de la situación actual de las variables dasométricas de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke)

Estos resultados subrayan la importancia de implementar estrategias de manejo sostenible para *Cedrelinga cateniformis*, considerando tanto su potencial como especie maderable de alto valor como su papel en la regulación de los ecosistemas amazónicos. La distribución de la biomasa y el volumen comercial evidencian la necesidad de evitar la sobreexplotación de individuos de gran porte, ya que su extracción indiscriminada podría afectar la estructura del bosque y reducir la capacidad del ecosistema para captar y almacenar carbono (12).

3.3. Aprovechamiento forestal y dinámica de regeneración de *Cedrelinga cateniformis*

El aprovechamiento forestal de *Cedrelinga cateniformis* es una actividad de gran relevancia en los ecosistemas amazónicos debido a la alta demanda de su madera y su potencial de regeneración natural. La dinámica poblacional de esta especie depende de factores como la disponibilidad de semillas viables, las condiciones del suelo y la presión de extracción forestal. En este estudio, se evaluó la estructura de la población arbórea, el estado de los individuos y la distribución del área basal, con el fin de generar información clave para el manejo sostenible de esta especie (13).

Los resultados indican que el 58.37 % de los árboles evaluados son individuos maduros vivos, mientras que el 33.94 % corresponden a fustales vivos en proceso de crecimiento. En menor proporción, se identificó un 2.27 % de árboles semilleros, los cuales desempeñan un papel fundamental en la regeneración natural de la especie. Además, se registró que el 3 % de los árboles son maduros secos en pie, el 2.54 % son fustales secos en pie y el 0.32 % corresponde a árboles caídos. Estos datos reflejan un ecosistema con una estructura relativamente estable, pero con señales de mortalidad natural que podrían estar relacionadas con factores ambientales y la competencia por recursos (14). La Figura 6 presenta la distribución porcentual de los árboles evaluados, evidenciando el predominio de individuos maduros en la población estudiada.

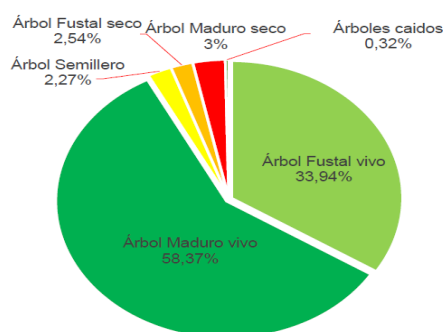


Figura 6. Diagrama porcentual de los árboles evaluados

En términos de área basal, se determinó que los árboles maduros representan el 84 % del área total, seguidos por los fustales con un 6.4 % y los semilleros con un 5.55 %. Los árboles secos en pie y los árboles caídos presentan una menor contribución, con valores de 3.22 % y 0.48 %, respectivamente. Esta distribución indica que la biomasa acumulada en los árboles en crecimiento es significativamente menor en comparación con los árboles maduros, lo que sugiere que la regeneración de la especie ocurre de manera gradual y a lo largo del tiempo (15). La Figura 7 muestra los datos porcentuales del área basal de los árboles evaluados, proporcionando una visión detallada de la estructura del bosque.

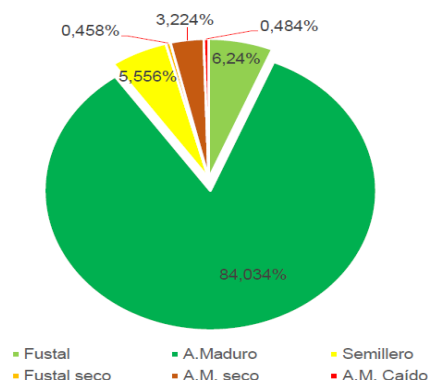


Figura 7. Datos porcentuales del área basal de los árboles de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke)

En cuanto al estado de los individuos, se observó que el 56.80 % de los árboles presentan características que los hacen aprovechables a futuro, mientras que el 33.1 % ya son considerados comerciales. No obstante, un 5.4 % de los árboles presentan daños en el fuste y un 4.7 % muestran deformaciones estructurales que podrían afectar su desarrollo y calidad maderable. La Figura 8 ilustra la proporción de árboles en cada categoría de estado, resaltando la importancia de implementar planes de manejo forestal que permitan maximizar el aprovechamiento sin comprometer la regeneración de la especie (16).

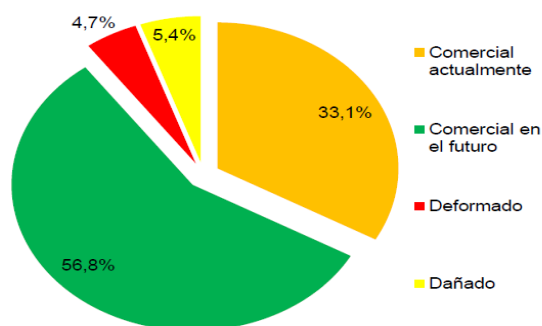


Figura 8. Estado de los árboles

El análisis de la estructura de las copas mostró que el 93.5 % de los árboles presentan copas irregulares, lo que indica una competencia por luz y espacio dentro del ecosistema. Solo el 0.9 % de los individuos tiene copas de círculo completo, mientras que el 4.2 % presenta copas semicirculares. Estas características pueden estar influenciadas por factores como la densidad del bosque, la disponibilidad de luz y la interacción con otras especies arbóreas (17). La Figura 9 representa la distribución de las copas en los árboles evaluados.

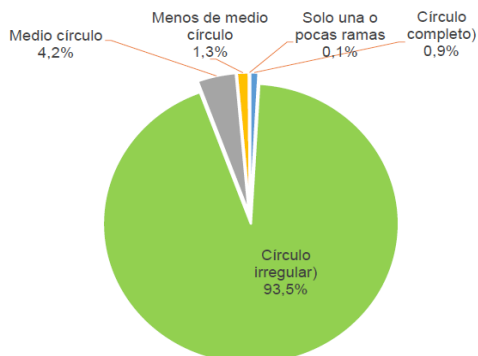


Figura 9. Regularidades de las copas de los árboles

Los resultados obtenidos sugieren que *Cedrelinga cateniformis* tiene un alto potencial de regeneración natural, siempre que se establezcan estrategias adecuadas de manejo forestal. La presencia de árboles semilleros y fustales vivos indica que la especie cuenta con una dinámica poblacional activa, pero la proporción de árboles secos y caídos resalta la necesidad de evaluar los factores que pueden estar afectando la mortalidad de los individuos. Además, la heterogeneidad en la estructura de las copas y la distribución del área basal sugiere que la regeneración y el crecimiento de la especie están influenciados por múltiples factores ecológicos y ambientales.

En este sentido, el manejo sostenible de *Cedrelinga cateniformis* debe considerar la preservación de los árboles semilleros, el monitoreo del crecimiento de los fustales y la implementación de prácticas de extracción controlada que eviten la sobreexplotación de individuos de gran diámetro. Estas medidas no solo garantizarán la conservación de la especie a largo plazo, sino que también contribuirán a mantener la estabilidad estructural del ecosistema amazónico en el que se desarrolla.

4. Discusión

El análisis de la estructura y composición del bosque en la Reserva de Producción Faunística Cuyabeno evidenció que *Cedrelinga cateniformis* es una de las especies dominantes dentro del ecosistema, presentando un crecimiento considerable en términos de diámetro y altura, lo que contribuye significativamente al almacenamiento de biomasa y carbono en la región amazónica. La distribución de individuos con DAP superior a 70 cm, aunque proporcionalmente baja en número, representa una fracción sustancial de la biomasa total, confirmando la relevancia de los árboles de gran porte en la dinámica del ecosistema. Estudios previos han señalado que especies forestales con crecimiento prolongado y gran desarrollo diamétrico cumplen un rol esencial en la captura de carbono y en la estabilización estructural del bosque (16). La heterogeneidad florística observada, con una alta representación de Fabaceae y otras familias propias del bosque húmedo tropical, concuerda con investigaciones que destacan la dominancia de este grupo en ecosistemas de tierras bajas debido a su capacidad de fijación de nitrógeno y adaptación a diferentes condiciones edáficas (15).

La biomasa aérea estimada en los árboles evaluados se encontró dentro de los rangos reportados para bosques amazónicos, los cuales, según diversas investigaciones, oscilan en valores inferiores a los 350 Mg ha⁻¹. La alta acumulación de biomasa en individuos de mayor tamaño respalda la hipótesis de que los árboles con DAP elevado almacenan un porcentaje significativo de la biomasa aérea en pie, lo que tiene implicaciones directas en la función del bosque como sumidero de carbono. Estos resultados son consistentes con estudios que demuestran que la estructura de la biomasa en los bosques tropicales está determinada en gran medida por unos pocos individuos de gran tamaño, los cuales contienen una proporción desproporcionada de la biomasa total del ecosistema (13). La relación entre el DAP y la altura total obtenida en este estudio es coherente con modelos alométricos desarrollados para bosques tropicales, en los cuales el incremento en el diámetro está directamente correlacionado con el aumento en la biomasa aérea y el volumen maderable (15).

En términos de aprovechamiento forestal, los valores de volumen comercial estimados revelaron que la mayoría de los árboles analizados presentan dimensiones adecuadas para su uso maderable, cumpliendo con los criterios establecidos por el Diámetro Mínimo de Corta. Sin embargo, el predominio de individuos en categorías diamétricas pequeñas sugiere que la regeneración de la especie es activa y que los procesos sucesionales del bosque aún se encuentran en desarrollo. La regeneración natural de *C. cateniformis* ha sido ampliamente documentada en distintos ecosistemas amazónicos, destacándose su capacidad de adaptación a diversos tipos de suelos y su resiliencia frente a perturbaciones moderadas (16). No obstante, la fragmentación del hábitat y la explotación

selectiva de individuos de gran diámetro podrían comprometer la estabilidad poblacional de la especie, lo que hace necesario el establecimiento de planes de manejo forestal que prioricen la conservación de individuos reproductivos y el mantenimiento de la diversidad genética en la población (17).

El estado de los árboles evaluados mostró que un porcentaje significativo de los individuos se encuentra en condiciones óptimas para el aprovechamiento forestal, aunque se identificaron deformaciones en el fuste y daños estructurales en algunos ejemplares, lo que podría influir en la calidad de la madera y en su potencial comercial. Estos resultados coinciden con investigaciones previas que han señalado que factores como la competencia intraespecífica, la incidencia de plagas y las condiciones edáficas pueden afectar la calidad del fuste y, en consecuencia, el valor maderable de la especie (15). La estructura de las copas de los árboles también evidenció una alta variabilidad, con predominancia de copas irregulares, lo que puede estar relacionado con la disponibilidad de luz en el dosel y con la presión de competencia con otras especies arbóreas (13).

Los hallazgos de este estudio destacan la importancia de *Cedrelinga cateniformis* como una especie clave en la dinámica ecológica del bosque amazónico, tanto en términos de acumulación de biomasa como en su potencial de aprovechamiento forestal. No obstante, la necesidad de implementar estrategias de manejo sostenible se hace evidente, dado que la sobreexplotación de individuos de gran porte podría afectar la capacidad del ecosistema para regenerarse y mantener sus funciones ecológicas. La conservación de poblaciones naturales, junto con la promoción de sistemas agroforestales y plantaciones manejadas, podría representar una alternativa viable para garantizar la sostenibilidad del recurso y su contribución a la mitigación del cambio climático (17).

5. Conclusión

El presente estudio permitió determinar la importancia de *Cedrelinga cateniformis* dentro del ecosistema amazónico, tanto por su papel en la captura y almacenamiento de carbono como por su potencial de aprovechamiento forestal sostenible. La estructura del bosque evaluado mostró una composición dominada por especies de gran porte, donde *C. cateniformis* se destacó por sus dimensiones significativas en términos de diámetro y altura, evidenciando su relevancia en la dinámica ecológica del bosque siempreverde. La distribución de individuos en distintas clases diamétricas indicó que los árboles de mayor tamaño concentran una fracción considerable de la biomasa aérea, lo que resalta la necesidad de gestionar adecuadamente su explotación para evitar impactos negativos en la estabilidad del ecosistema.

La estimación de la biomasa aérea confirmó que los valores encontrados se encuentran dentro de los rangos reportados para bosques tropicales, destacándose la acumulación de biomasa en los árboles con DAP superior a 70 cm. Esto reafirma que los individuos de mayor tamaño son fundamentales en la función de sumidero de carbono del ecosistema, contribuyendo significativamente a la mitigación del cambio climático. Además, se observó que la regeneración natural de la especie es activa, aunque la presencia de individuos en clases diamétricas pequeñas sugiere que el bosque aún se encuentra en procesos de recuperación o sucesión ecológica.

El análisis del volumen comercial aprovechable evidenció que un alto porcentaje de los árboles evaluados cumplen con los criterios mínimos para su extracción, lo que indica su potencial como recurso maderable. Sin embargo, la variabilidad en la calidad del fuste y la presencia de deformaciones estructurales en algunos individuos podrían influir en su valor comercial. La identificación de copas irregulares y diferencias en la iluminación de los árboles sugiere que la competencia intraespecífica y la estructura del dosel tienen un impacto en el crecimiento y desarrollo de la especie, lo que podría influir en su manejo silvicultural.

En cuanto a la regeneración de la especie, se constató que su establecimiento está condicionado por factores ambientales y edáficos, lo que resalta la necesidad de implementar estrategias de conservación que garanticen la sostenibilidad de la población a largo plazo. La fragmentación del hábitat y la explotación selectiva de los individuos de mayor diámetro podrían comprometer el equilibrio del ecosistema, por lo que es fundamental establecer prácticas de manejo forestal responsable que permitan la coexistencia entre el aprovechamiento maderable y la conservación de la biodiversidad.

Los resultados obtenidos subrayan la importancia de *Cedrelinga cateniformis* como un recurso clave en los ecosistemas amazónicos, con un alto valor ecológico y comercial. La planificación de estrategias de manejo sostenible, el monitoreo continuo de la regeneración de la especie y la promoción de sistemas de producción alternativos pueden contribuir a la conservación de este recurso sin comprometer su función dentro del ecosistema. Es imprescindible que futuras investigaciones continúen explorando la dinámica poblacional de la especie y su relación con las condiciones ambientales, con el fin de garantizar su preservación y aprovechamiento en el marco de la sostenibilidad forestal.

Referencias

1. Sarango-Ordóñez JP, ARKG, ARBJ, & ULDA. Distribución geográfica y estado de conservación actual de *Cedrela odorata* y *Cedrelinga cateniformis* en la Amazonía ecuatoriana. *Journal of Economic and Social Science Research*. 2024; 4(4)(89–106): p. 89–106.
2. Sierra Praeli Y. Perú alcanza cifra de deforestación más alta en los últimos 20 años. MONGABAY. 2021.
3. Quispe DE. Estimación de carbono y estructura poblacional de *Cedrelinga cateniformis* en el Santuario Nacional Megantoni, Cusco. *Cantua*. 2024; 21(1)(14–19.).
4. Monteverde-Calderón EG. Evaluación rápida de la regeneración natural de *Cedrelinga cateniformis* en un bosque premontano de Satipo, Perú. *Xilema*. 2021; 31(75–83).
5. Pashanasi-Amasifuen B, AJAN, & MFMA. Crecimiento de Tornillo (*Cedrelinga cateniformis*) y Marupa (*Simarouba amara*) dentro de un sistema agroforestal en multiestratos. *Revista Peruana de Investigación Agropecuaria*. 2022; 1(1)(e10–e10).
6. Soto Sabino G. Efecto de indicadores físicoquímicos del suelo en el crecimiento de *Cedrelinga cateniformis* (tornillo) en Supte san Jorge, Leoncio Prado–2022..
7. Izquierdo JE. Análisis de patrones de distribución espacial de individuos de *Inga thibaudiana* y *Cedrelinga cateniformis* en la región Amazonas–Perú. *Revista Forestal del Perú*. 2024; 39(1)(150–165).
8. Nava GP, & NP. Chunchu (*Cedrelinga cateniformis*)..
9. Silva Yucra L. Evaluación de la regeneración natural de *Cedrelinga cateniformis* (Tornillo) y *Schizolobium* sp. (Pashaco), en dos bosques de manejo forestal, Tambopata–Madre de Dios..
10. Garcia Namuche MA. Crecimiento de tornillo (*Cedrelinga cateniformis* Ducke, mimosaceae) bajo efecto de bocashi en suelos degradados..
11. Espinoza Ambicho LW. Calidad del suelo en plantaciones forestales coetáneas, localizadas en los departamentos San Martín y Huánuco, Perú..
12. Mancilla Beltrán JM, & SCYM. Caracterización entomológica, patológica y fisiológica de *Cedrelinga cateniformis* Ducke en fajas de enriquecimiento El Tornillo..
13. Trigo Becerril D. Efecto del manejo convencional del arroz (*Oryza sativa* L.) en indicadores físicoquímicos del suelo del fundo Mercedes y Pérez en Yurimaguas–Loreto..

15. Garay Salazar AM. Características de los indicadores físicos, químicos y biológicos en su estado actual del suelo en subparcelas con especies forestales del bosque reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (BRUNAS) Tingo María..
16. Durán Pino JA. Germinación y crecimiento de (*Cedrelinga cateniformis*) con diferentes tipos de sustrato, preparación de semillas y niveles de sombras en La Joya de los Sachas..
17. Trigos-Becerril D,FRN,&RRA. Indicadores Fisicoquímicos del suelo con Manejo Convencional Del Arroz (*Oriza sativa* L.) Bajo Riego.. LA GRANJA. Revista de Ciencias de la Vida. 2021; 37(1)(117–129).
18. Soto Sabino G. Efecto de indicadores físicoquímicos del suelo en el crecimiento de *Cedrelinga cateniformis* (tornillo) en Supte san Jorge, Leoncio Prado–2022..



© 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

RESEARCH ARTICLE

Desarrollo de un modelo de gestión de riesgos en seguridad industrial para talleres automotrices: Caso de estudio en Latacunga.

Israel Moya Espín ¹  Lenin Orozco Cantos ¹ 

¹ Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba, ECD 060118, Ecuador.

✉ Correspondencia: lenin.orocho@unach.edu.ec  + 593 992658239

DOI/URL: <https://doi.org/10.53313/gwj81201>

Resumen: La presente investigación desarrolla un plan de gestión de riesgos para un taller de reparación de vehículos pesados colisionados, el cual ha estado brindando un servicio de alta calidad a sus clientes. Sin embargo, actualmente carece de una adecuada organización en materia de seguridad e higiene laboral. El estudio se lleva a cabo identificando los procesos y líneas de trabajo, así como las ocho áreas que implementan las principales acciones y el talento humano disponible. Según la matriz de riesgos, se ha determinado que el taller enfrenta factores mecánicos y químicos, distribuidos en un 90% y 10% respectivamente. Empleando el método de William Fine, se han identificado un total de 28 factores de riesgo, de los cuales el 50% son considerados de alta peligrosidad, el 39% de mediana peligrosidad y el 11% de baja peligrosidad. Se ha encontrado que la mayoría de las áreas de trabajo requieren capacitación del personal en seguridad industrial e implementación de señalización adecuada. Asimismo, los planes de mantenimiento serán fundamentales para la gestión de riesgos, al igual que las capacitaciones periódicas. A pesar de que el taller ha operado de manera artesanal a lo largo del tiempo, la implementación de un plan de gestión de riesgos tiene el potencial de reducir el porcentaje de riesgos a un 61% de baja peligrosidad, 25% de mediana peligrosidad y 14% de alta peligrosidad.

Palabras claves: Grado de peligrosidad, Matriz de riesgos, Método de William Fine, Plan de riesgos laborales.

Development of a risk management model in industrial safety for automotive workshops: Case study in Latacunga.

Abstract: This research develops a risk management plan for a heavy vehicle crash repair shop, which has been providing a high-quality service to its customers. However, it currently lacks an adequate organization in terms of occupational health and safety. The study is carried out by identifying the processes and lines of work, as well as the eight areas that implement the main actions



Cita: Israel, M. E., & Lenin, O. C. (2025). Desarrollo de un modelo de gestión de riesgos en seguridad industrial para talleres automotrices: Caso de estudio en Latacunga. Green World Journal, 8(1), 201. <https://doi.org/10.53313/gwj81201>

Received: 01/March/2025
Accepted: 08/March/2025
Published: 16/April/2025

Prof. Carlos Mestanza-Ramón, PhD.
Editor-in-Chief / CaMeRa Editorial
editor@greenworldjournal.com

Editor's note: CaMeRa remains neutral with respect to legal claims resulting from published content. The responsibility for published information rests entirely with the authors.



© 2025 CaMeRa license, Green World Journal. This article is an open access document distributed under the terms and conditions of the license.
Creative Commons Attribution (CC BY).
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>

and the available human talent. According to the risk matrix, it has been determined that the workshop faces mechanical and chemical factors, distributed in 90% and 10% respectively. Using the William Fine method, a total of 28 risk factors have been identified, of which 50% are considered highly dangerous, 39% medium dangerous and 11% low dangerous. It has been found that most work areas require staff training in industrial safety and implementation of adequate signage. Likewise, maintenance plans will be essential for risk management, as will periodic training. Although the workshop has operated in an artisanal manner over time, the implementation of a risk management plan has the potential to reduce the percentage of risks to 61% of low danger, 25% of medium danger and 14% of high danger.

Keywords: Degree of danger, Risk matrix, William Fine method, Occupational risk plan

1. Introducción

Las muertes y enfermedades laborales representan una problemática global con implicaciones económicas, sociales y humanas significativas. Según estimaciones recientes de la Organización Internacional del Trabajo (OIT), aproximadamente 2,78 millones de trabajadores fallecen anualmente debido a incidentes relacionados con accidentes y enfermedades laborales. De estas cifras, 2,4 millones están asociadas directamente con enfermedades relacionadas con el entorno laboral, mientras que 374 millones de trabajadores sufren accidentes no mortales que afectan su desempeño y calidad de vida. Además de las consecuencias económicas, como la pérdida de un 4% del producto interno bruto (PIB) global y en algunos casos hasta un 6%, se deben considerar los costos intangibles, como el impacto psicológico y emocional en los trabajadores afectados. [1] [2]

Las investigaciones referidas a la seguridad y salud en el trabajo en el entorno empresarial, realizadas en Latinoamérica, mencionan que deficiencias hay en la adquisición, fusión y adaptación del conocimiento en el rubro. [3], [4], [5]

En el contexto ecuatoriano, los desafíos relacionados con la seguridad y salud ocupacional son aún más pronunciados debido al incumplimiento de normativas vigentes por parte de empresas y trabajadores. A pesar de contar con un marco legal que garantiza el derecho a un ambiente de trabajo seguro y saludable, según lo estipulado en la Constitución Nacional de 2008 y el Instrumento Andino de Seguridad y Salud en el Trabajo, persisten lagunas significativas en su implementación. Esta situación se agrava por la falta de conocimiento, compromiso empresarial y la creciente informalidad laboral, lo que expone a una mayor proporción de la población trabajadora a riesgos no controlados. [5] [6]

Un liderazgo efectivo en estas áreas es fundamental para garantizar el bienestar y la salud de los empleados. Esto se traduce en una reducción de bajas por enfermedades y accidentes, un aumento en la productividad y la creatividad, así como una menor rotación de personal. Para lograrlo, es esencial implementar herramientas que faciliten el análisis y la percepción de riesgos, identificando peligros y estableciendo controles adecuados en el entorno laboral. [7] [8] Los Sistemas de Gestión de Seguridad y Salud (SGSS) se orientan principalmente a evaluar los costos vinculados a los accidentes y las enfermedades ocupacionales. [9]. Para establecer un sistema preventivo efectivo, el primer paso fundamental en la gestión de riesgos laborales es definir una política empresarial clara en esta materia. Esta política, que debe ser aprobada por la dirección y respaldada por los trabajadores o sus representantes, debe expresar una declaración de principios y compromisos. Dichos principios deben fomentar el respeto por las personas y la dignidad en el trabajo, promover la mejora continua de las condiciones de seguridad y salud en el entorno laboral, y considerar una parte esencial de un trabajo. [10]

El sector automotriz en Ecuador, caracterizado por talleres de servicio que manejan actividades de mantenimiento preventivo y correctivo, constituye un ejemplo representativo de esta problemática. Las condiciones laborales en este sector incluyen una exposición constante a riesgos mecánicos, que pueden dar origen a lesiones y enfermedades laborales con impactos económicos y sociales

considerables. En este contexto, surge la necesidad de implementar estrategias preventivas, capacitar al personal y garantizar el cumplimiento de normativas para minimizar la incidencia de accidentes laborales.[11]

El presente estudio busca analizar estas problemáticas en un taller de servicio automotriz, identificando procesos, riesgos y oportunidades de mejora mediante una investigación de campo. Este enfoque permitirá recopilar información primaria y secundaria, aplicar herramientas de análisis como mapas de procesos y evaluar la efectividad de las medidas implementadas para garantizar un entorno laboral seguro y eficiente.

En Ecuador, la prevención de accidentes y enfermedades laborales ha sido priorizada a través de la implementación de sistemas de gestión de seguridad y salud ocupacional, sustentados en normativas vigentes desde 1986, como el Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores. Sin embargo, las cifras actuales reflejan una gestión insuficiente en muchas empresas, lo que motivó al Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (IESS) a instaurar en 2010 el Sistema de Auditorías de Riesgos del Trabajo (SART), que obliga a las organizaciones a implementar sistemas de gestión bajo un modelo nacional [12].

En este contexto, el taller en estudio enfrenta deficiencias en su gestión de seguridad industrial, lo que genera un ambiente laboral con riesgos potenciales. Para abordar esta problemática, se propone la implementación de un plan de gestión de riesgos que permita identificar, evaluar y minimizar los peligros en las diversas áreas de trabajo. Este plan no solo busca prevenir accidentes laborales, sino también garantizar el cumplimiento de las normativas establecidas por el Ministerio de Relaciones Laborales, promoviendo un entorno seguro y organizado para trabajadores y visitantes [13].

Como indican Acevedo et al., los Sistemas de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SGSST), tienen una incidencia favorable en la disminución de los riesgos asociados a accidentes laborales dentro de las empresas, en su trabajo concluyen que 1. La Planificación del SGSS en el Trabajo y la Inversión en tecnología, favorece la reducción de accidentes laborales, 2. La Organización del SGSS en el Trabajo y la percepción de riesgos, coadyuvan a la reducción de accidentes laborales, 3. La Dirección del SGSS en el Trabajo y la implementación de buenas prácticas, conduce a la reducción de accidentes laborales, 4. El Control del SGSS en el Trabajo y las auditorías preventivas, disminuyen el riesgo de accidentes laborales [14].

Los beneficios previstos incluyen la reducción de incidentes, optimización de los procedimientos laborales, capacitación del personal, elaboración de mapas de riesgos, y una mejora en la productividad general del taller. Además, la comunidad vinculada al taller, como clientes y trabajadores, se verá favorecida con un lugar más seguro y eficiente. La factibilidad del proyecto es alta, dado el apoyo de la gerencia y el personal, así como los bajos costos de implementación, permitiendo su ejecución inmediata y sostenible en el tiempo. [15] [16].

2. Materiales y métodos

2.1 Área de estudio

El taller objeto de estudio, especializado en servicios de enderezado y pintura de vehículos de transporte pesado, se ubica en el Barrio Santán de la parroquia Ignacio Flores, cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi. Cuenta con instalaciones que abarcan una superficie de 2190 m² en el taller principal y 212 m² en el área de pintura, además de espacios destinados a oficinas, bodegas y gestión de desechos. Aunque el equipo humano, compuesto por 15 colaboradores, posee amplia experiencia en las actividades desarrolladas, se ha identificado una serie de deficiencias en la gestión de seguridad industrial.

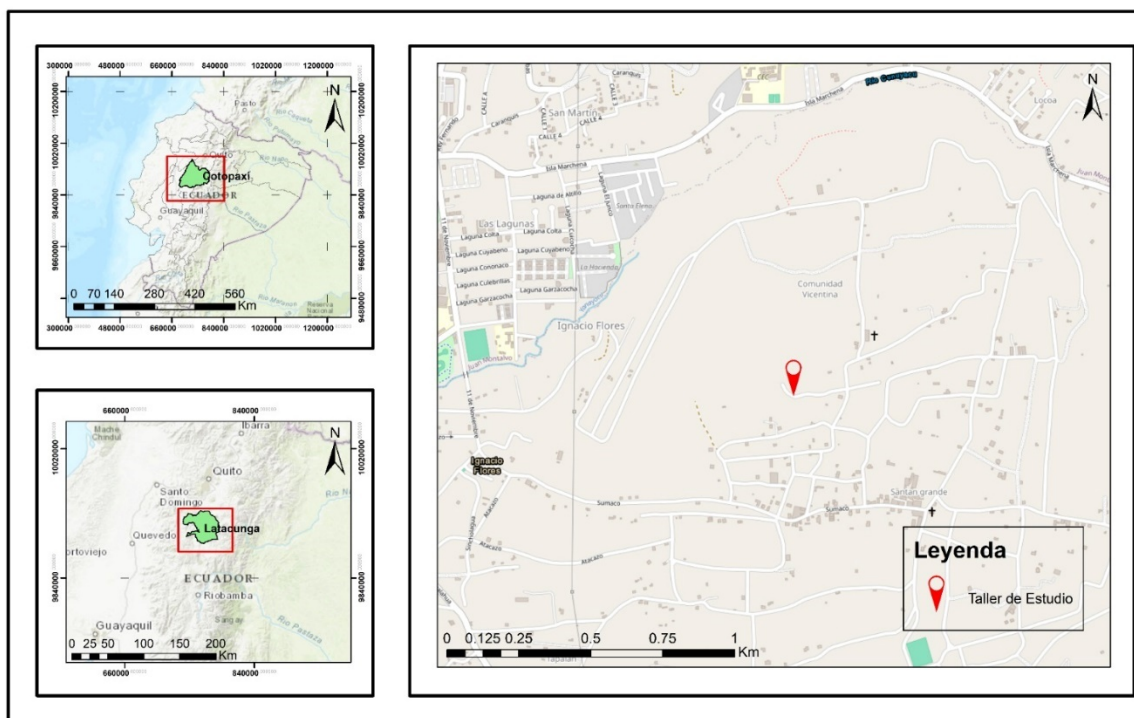


Figura 1. Ubicación del área de estudio.

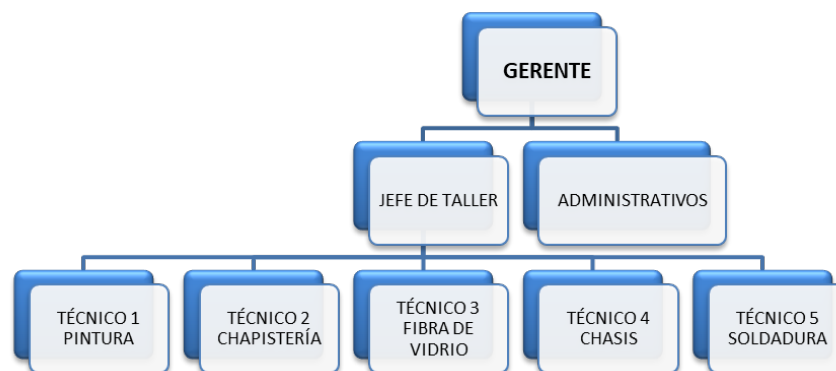


Figura 2. Diagrama organizacional del área de estudio.

La empresa carece de un plan formal de gestión de riesgos, aunque cuenta con un organigrama funcional en el cual orientaremos la asignación de responsabilidades en seguridad ocupacional como son la señalización adecuada y uso consistente de equipos de protección personal (EPP). Estas carencias actuales aumentan la exposición a riesgos laborales comunes, como ruido, vibraciones, agentes químicos, posturas inadecuadas, esfuerzos físicos, atrapamientos y caídas. El análisis inicial evidencia que los procedimientos de seguridad dependen de esfuerzos individuales más que de un enfoque estructurado, lo cual pone en riesgo la salud y el bienestar de los trabajadores. Este contexto subraya la necesidad de implementar un sistema integral de seguridad y salud ocupacional que permita minimizar los riesgos, mejorar las condiciones de trabajo y garantizar la sostenibilidad operativa de la empresa.

2.2 Metodología

A continuación, se describe un proceso de tres fases para mejorar la seguridad laboral en un taller. La Fase 1 diagnostica la situación actual analizando información, identificando áreas de trabajo, herramientas y equipos. La Fase 2 identifica riesgos laborales, los clasifica y evalúa usando métodos

como el de William Fine. La Fase 3 crea un plan de gestión de prevención de riesgos, integrando la seguridad en el sistema administrativo y garantizando la protección de los trabajadores a través de acciones preventivas, mantenimiento, capacitación en EPP y programas de concientización sobre riesgos.

Fase 1: Diagnosticar la situación actual del taller

- a) Identificación de la situación actual del taller.
- b) Descripción de las áreas de trabajo.

Fase 2: Identificar los riesgos laborales en cada área de trabajo del taller

- a) Clasificación de factores de riesgos mecánicos según MRL.
- b) Gestión de riesgos laborales según OSHAS 18001-2007.
- c) Identificación del peligro en el taller.
- d) Análisis de riesgos en el taller.
- e) Evaluación de riesgos por el método de William Fine.
- f) Interpretación de los resultados.

Fase 3: Proponer un plan de gestión de prevención de riesgos laborales en el taller

- a) Elaboración del Plan de Gestión

Para la elaboración del plan de gestión se siguieron los siguientes pasos:

- a) Establecer las acciones preventivas.
- b) Elaboración de un cronograma para las acciones de Mantenimiento de equipos.
- c) Elaboración de un plan de capacitación del uso de EPP para los colaboradores del taller.
- d) Inducción del plan de riesgos laborales.

Evaluación de riesgos por el método de William Fine.

Este método es de carácter probabilístico y propone obtener el grado de peligrosidad con una ecuación matemática. La magnitud de riesgo, también llamado grado de peligrosidad se determina de la siguiente manera [17]:

$GP = \text{Consecuencias} \times \text{Exposición} \times \text{Probabilidad}$

Valor de Consecuencias

- | | |
|----|---|
| 10 | Muerte y/o daños mayores a 6000 |
| 6 | Lesiones con incapacidades permanentes y/o daños entre 2000 y 6000 |
| 4 | Lesiones con incapacidades no permanentes y/o daños entre 600 y 2000 |
| 1 | Lesiones con heridas leves, contusiones, golpes y/o pequeños daños económicos |

Valor de Exposición

- | | |
|----|--|
| 10 | La situación de riesgo ocurre continuamente o muchas veces en el día |
| 6 | Frecuentemente una vez al día |
| 2 | Ocasionalmente o una vez por semana |
| 1 | Remotamente posible |

Valor de Probabilidad

- | | |
|----|--|
| 10 | Es el resultado más probable y esperado, si la situación de riesgo tiene lugar |
| 7 | Es completamente posible, nada extraño, tiene una probabilidad de ocurrencia del 50% |
| 4 | Sería una rara coincidencia, tiene una probabilidad del 20% |
| 1 | Nunca ha sucedido en muchos años de exposición de riesgo, pero es concebible. |

A continuación, se puede observar según el grado de peligrosidad GP los valores que indiquen un calificación de alto medio o bajo. Esta ordenación puede variar según la empresa en atención a criterios económicos y actores frente al riesgo.

Valor de Índice de William Fine para GP

0-18 Bajo
 18-85 Medio
 85-200 Alto
 >200 Critico

Mediante la misma lógica anterior se puede calcular el grado de repercusión:
 $GR = \text{Grado de Peligrosidad} \times \text{Factor de Ponderación}$

Factor de ponderación: Es un valor que se encuentra tabulado y depende del número de personas que están expuestas. El número de personas son los trabajadores que se encuentran laborando en el área que se realiza la identificación de riesgos. Este valor de personas expuestas debe estar de manera porcentual respecto de la totalidad de trabajadores en la planta.

Factor de ponderación

% Expuesto	Factor de ponderación FP
1 -20 %	1
21 - 40 %	2
41 - 60 %	3
61 - 80 %	4
81 - 100 %	5

Finalmente, el grado de repercusión se identifica de la siguiente manera:

1 – 1500: Bajo
 1500 – 3000: Medio
 3000 – 5000: Alto

3. Resultados

3.1 Fase 1

Como parte de la descripción general de las áreas de trabajo del taller los chivos, se puede mencionar que son 464 m² que se ocupa en área neta de trabajo. En total son 9 secciones que se ha podido describir tanto sus actividades como las características actuales enfocadas al sistema de gestión y seguridad en el trabajo.

Al haber sido realizada la descripción de cada una de las áreas se nota la necesidad de elaborar un plan de gestión de riesgos laborales debido a los siguientes motivos:

- Falta de señalización
- Desconocimiento del uso correcto de equipo de protección personal
- Necesidad de capacitación al personal para prevención de incidentes

3.2 Fase 2

Identificación de riesgos en cada área de trabajo según MRL (Matriz de Riesgos Laborales). El análisis de riesgos, mediante matrices, identifica agentes que causan accidentes o enfermedades laborales. La evaluación de riesgos determina la probabilidad y gravedad de eventos, utilizando información del área de estudio. La norma ISO 45001 [18] [19] define el riesgo como la combinación de la probabilidad y severidad del daño a la salud. Para conocer los riesgos, se requiere un estudio descriptivo de las condiciones laborales, facilitando la implementación de medidas en el Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo. En el taller de estudio, la mayoría de los riesgos son mecánicos, excepto en las áreas de pintura y fibra de vidrio, donde existen riesgos químicos.

El Análisis de Riesgos del Trabajo (ART) identifica peligros y evalúa riesgos durante la ejecución de tareas específicas, esta información se la puede observar en las tablas contiguas.

Nombre del área	Factores de riesgo
Elevador con tecla mecánico	Atrapamiento por o entre objetos
	Atrapamiento por vuelco de máquinas o carga
	Atropello o golpe con vehículo.
	Caída por manipulación de objetos.
	Choque de objetos desprendidos
	Desplome o derrumbamiento

Tabla 1. Factores de riesgo en elevador con tecla mecánico.

Nombre del área	Factores de riesgo
Mesa de trabajo común e individual	Choque contra objetos inmóviles
	Choque contra objetos desprendidos
	Atrapamiento por o entre objetos

Tabla 2. Factores de riesgo en mesa de trabajo común e individual.

Nombre del área	Factores de riesgo
Mesa de trabajo con entenalla	Choque contra objetos inmóviles
	Choque contra objetos desprendidos
	Atrapamiento por o entre objetos

Tabla 3. Factores de riesgo en mesa de trabajo con entenalla.

Nombre del área	Factores de riesgo
Baroladora	Caída por manipulación de objetos.
	Choque de objetos desprendidos
	Atrapamiento por o entre objetos
	Manejo de herramientas cortopunzantes.

Tabla 4. Factores de riesgo en Baroladora.

Nombre del área	Factores de riesgo
Dobladora	Caída por manipulación de objetos.
	Choque de objetos desprendidos
	Atrapamiento por o entre objetos
	Manejo de herramientas cortopunzantes.

Tabla 5. Factores de riesgo en área de trabajos en fibra de vidrio.

Nombre del área	Factores de riesgo
Trabajos en fibra de vidrio	Manejo de herramientas cortopunzantes.
	Choque de objetos desprendidos
	Choque contra objetos desprendidos
	Atrapamiento por o entre objetos
	Falta de limpieza
	Falta de Ventilación
	Contacto químico

Tabla 6. Factores de riesgo en dobladora.

Nombre del área	Factores de riesgo
Cámara de Pintura	Caída por manipulación de objetos.

Caídas mismo/diferente nivel	Espacio confinado.
Golpeado por/contra	Choque contra objetos inmóviles.
Contacto con Superficies filosas	Contactos eléctricos indirectos.
Atrapado por/entre	Proyección de partículas.
Incendios/explosiones	Manejo de herramientas cortopunzantes.
Contacto con sustancias químicas	
Disergonómicos	

Tabla 7. Factores de riesgo en cámara de pintura.

Tabla 8. Factores de riesgo en bodega.

Nombre del área	Factores de riesgo
Bodega	Atrapamiento en instalaciones.
	Caída de personas al mismo nivel.
	Trabajo en altura.
	Caída por manipulación de objetos.

A partir de este análisis, se establecen medidas para prevenir las consecuencias negativas de los riesgos profesionales. Se ha realizado un análisis e identificación de los factores de riesgos en las áreas de trabajo del taller de estudio. La gráfica contigua representa la cantidad de riesgos existentes en cada área de trabajo, y de que grado de criticidad es cada uno de estos.

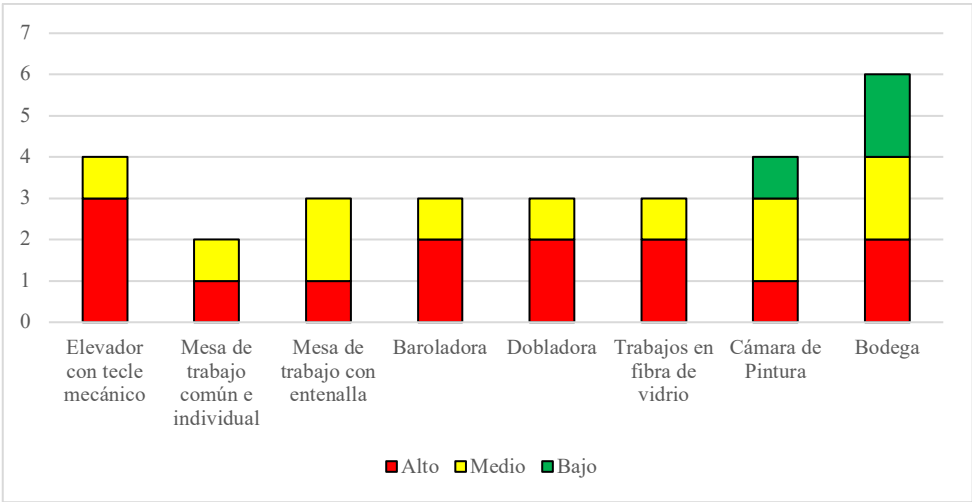


Figura 3. Número de riesgos existentes por cada área de trabajo

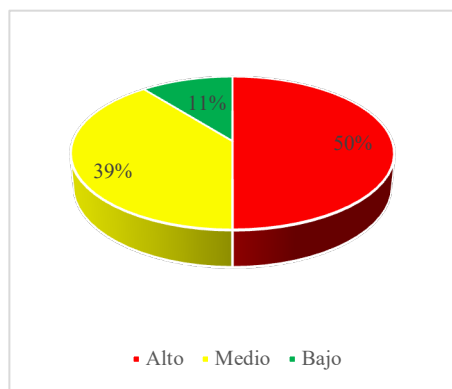


Figura 4. Grados de peligro en el taller de estudio

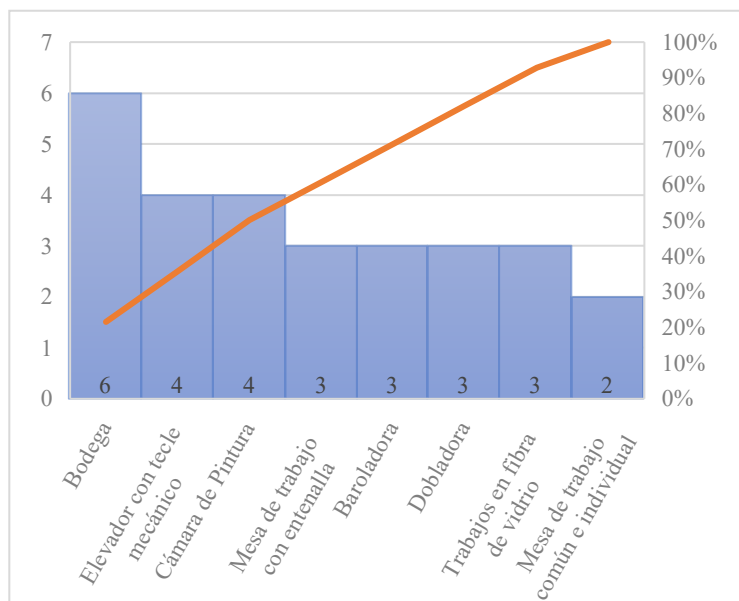


Figura 5. Diagrama de Pareto para riesgos identificados por áreas

El 50% de los factores de riesgo en el taller de estudio son de alto riesgo, a continuación, se puede enlistar cuales son estos factores en las diferentes áreas:

- Atrapamiento por o entre objetos en áreas de trabajo
- Atropello o golpe con vehículo en áreas de trabajo
- Caídas de personas al mismo nivel en áreas de trabajo
- Choque de objetos desprendidos en áreas de trabajo
- Manejo de herramientas cortopunzantes en áreas de trabajo
- Exposición a químicos en áreas de trabajo

3.3 Fase 3

Propuesta de plan de gestión de riesgos de seguridad industrial para el taller. Este trabajo describe un plan de gestión de riesgos para la seguridad industrial, enfatizando el cumplimiento de las leyes laborales ecuatorianas como son: Artículos 403 y 430 del Código del Trabajo [20], que exigen medidas de prevención de riesgos en los lugares de trabajo con más de diez empleados. El plan propuesto se basa en valores fundamentales como la excelencia, la igualdad, la responsabilidad, la competitividad, el trabajo en equipo, la disciplina y la perseverancia, en consonancia con la misión y visión de la empresa. El plan tiene como objetivo informar al personal sobre los riesgos potenciales y las medidas de seguridad en diversas áreas de trabajo, centrándose en los riesgos mecánicos identificados en la MRL. La evaluación de riesgos, clasificada como crítica, alta y media, se reconoce como potencialmente subjetiva, lo que exige la consideración de las condiciones de trabajo específicas y las tareas especializadas. El desarrollo del plan sigue un proceso de tres pasos: 1. Describir las acciones que prevengan accidentes en las áreas de trabajo, 2. Elaborar un cronograma de mantenimiento de máquinas y herramientas y 3. Socialización y difusión del plan de gestión de riesgos laborales.

3.3.1. Describir las acciones que prevengan accidentes en las áreas de trabajo

Factores de Riesgo: Los factores de riesgo comunes identificados en diferentes áreas incluyen:

- Atrapamiento por objetos.

- b) Caídas debido a la manipulación de objetos.
- c) Impacto con objetos estacionarios o desprendidos.
- d) Manejo de herramientas afiladas.
- e) Exposición a productos químicos.

Acciones Preventivas: Las acciones específicas para mitigar estos riesgos, son:

- a) Mantenimiento regular de los equipos.
- b) Uso adecuado de equipos de protección personal (EPP).
- c) Garantizar el orden y la limpieza en el lugar de trabajo.
- d) Proporcionar una ventilación adecuada
- e) Implementar medidas de seguridad para el manejo de materiales peligrosos

Responsabilidades: El jefe de gestión/taller es el principal responsable de implementar estas medidas preventivas, incluyendo:

- a) Realizar inspecciones diarias
- b) Proporcionar capacitación sobre el uso de EPP
- c) Garantizar protocolos de señalización y seguridad adecuados

Medidas de Prevención de Accidentes por Área:

- a) **Elevador con tecla mecánico:** Se centra en la prevención del atrapamiento y los accidentes relacionados con vehículos. Las acciones clave incluyen evitar ropa y joyas sueltas, el mantenimiento regular y la señalización adecuada.
- b) **Mesas de Trabajo:** Aborda los riesgos de impacto con objetos. Enfatiza las inspecciones regulares, la colocación adecuada de herramientas y materiales, y el uso de EPP.
- c) **Máquina Dobladora:** Se centra en la prevención de caídas y atrapamientos. Las acciones clave incluyen el uso de mesas de trabajo transportables y evitar la ropa suelta.
- d) **Baroladora:** Similar a la máquina dobladora, con un enfoque en la prevención de caídas, atrapamientos y lesiones por herramientas afiladas.
- e) **Área de Trabajo de Fibra de Vidrio:** Aborda los riesgos de herramientas afiladas, atrapamientos, falta de limpieza y ventilación, y exposición a productos químicos.
- f) **Cabina de Pintura:** Se centra en caídas, colisiones, atrapamientos, riesgos de incendio/explosión, exposición a productos químicos y problemas ergonómicos.
- g) **Almacén o bodega:** Aborda los riesgos de caídas, espacios confinados, colisiones y herramientas afiladas.

3.3.2. Cronograma de actividades para mantenimiento:

En el estudio se genera un programa detallado de mantenimiento de los equipos, a continuación, se proporciona un resumen de los puntos clave:

Temas Generales de los Programas de Mantenimiento:

- **Inspecciones Regulares:** Las inspecciones consistentes son cruciales en todas las áreas, con frecuencias que varían de diarias a anuales. Estas inspecciones cubren piezas, estructuras y el estado general.
- **Lubricación:** La lubricación regular es esencial para las piezas móviles, como cadenas, rodillos y cojinetes, con lubricantes específicos recomendados para cada componente.
- **Limpieza:** La limpieza es una tarea frecuente, realizada diariamente o después de cada uso, para eliminar residuos y prevenir la corrosión.
- **Mantenimiento Estructural:** Las estructuras metálicas requieren una inspección regular para detectar daños en la pintura o corrosión, con retoques y recubrimientos según sea necesario.
- **Reemplazo de Filtros:** Los filtros en equipos como compresores de aire y cabinas de pintura necesitan un reemplazo regular, siguiendo las pautas del fabricante.

Puntos Destacados de Áreas Específicas:

- **Elevador con Montacargas Mecánico:** Centrarse en la inspección de la cadena, la lubricación y el mantenimiento de los frenos.
- **Mesas de Trabajo:** La limpieza regular y la inspección de la superficie y el marco de la mesa son esenciales.
- **Mesa de Trabajo con Tornillo de Banco:** Además del mantenimiento general de la mesa, el tornillo de banco requiere limpieza y lubricación del husillo.
- **Curvadora (Baroladora):** La limpieza y lubricación regular de los rodillos es vital.
- **Dobladora:** Centrarse en la limpieza, la lubricación de los cojinetes y la inspección de los troqueles.
- **Área de Trabajo de Fibra de Vidrio:** El mantenimiento de herramientas esenciales como lijadoras neumáticas, pulidoras eléctricas y amoladoras portátiles es crucial, junto con el mantenimiento del compresor de aire.
- **Cabina de Pintura:** La limpieza de paredes y rejillas del piso, la inspección de los sellos de las puertas y la limpieza de las turbinas de extracción son esenciales. Las inspecciones del quemador y la chimenea deben ser realizadas por especialistas.
- **Almacén (Bodega):** Mantener el orden, inspeccionar las rutas de tráfico, proteger las superficies afiladas y capacitar al personal son clave.

Se debe considerar que los programas de mantenimiento se basan en un uso normal de 4 a 6 horas diarias. Un mayor uso requiere un mantenimiento más frecuente. El equipo que ha estado inactivo durante un período prolongado debe someterse a una revisión de mantenimiento básica antes de volver a ponerse en servicio. El personal nuevo debe recibir una capacitación exhaustiva sobre el cuidado y mantenimiento adecuados de sus áreas de trabajo.

3.3.3. Socialización y difusión del plan de gestión de riesgos laborales

El objetivo de este apartado es establecer la metodología para la inducción, capacitación y entrenamiento en seguridad para todos los colaboradores en el proceso productivo del taller. La temática se basa en riesgos generales y específicos detectados en la matriz de riesgos, y se recomienda llevar un registro de asistencia y participación.

Tema	Subtemas	Frecuencia	Responsable	Recursos	Lugar	Duración
Seguridad y salud en el trabajo	Sistemas de gestión de seguridad y salud en el trabajo					
	Identificación de peligros y riesgos	Inducción para colaboradores nuevos	Gerente General y/o delegado	Proyecciones audiovisuales	Sala de capacitaciones de la planta	3 horas
	Limpieza de áreas de trabajo	Cada seis meses		De ser posible conferencista especialista		
	Equipos de protección personal en las áreas de trabajo					
	Reportes de incidentes y accidentes					
Identificación de peligros y riesgos	Consideraciones para la identificación de peligros	Cada tres meses a los líderes de las áreas técnicas	Gerente General	Proyecciones y audiovisuales	Sala de capacitaciones de la planta	2 horas
	Criterios para la evaluación de riesgos		líderes	De ser posible		

Tema	Subtemas	Frecuencia	Responsable	Recursos	Lugar	Duración
evaluación de riesgos	Determinación de controles Seguimiento y control		áreas técnicas	conferencista especialista		
Orden y limpieza aplicación de las 5S	Condiciones inseguras de trabajo Contribución del orden y limpieza en el trabajo Metodología 5S: Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke	Cada tres meses a los líderes de las áreas técnicas	Gerente General y líderes de áreas técnicas	Proyecciones audiovisuales De ser posible De ser posible conferencista especialista	Sala de capacitaciones de la planta	3 horas
Seguridad en trabajos de oficina	Riesgos de caídas Manipulación de cargas Reporte de condiciones inseguras	Cada seis meses al personal de oficina	Gerente General	Proyecciones audiovisuales De ser posible conferencista especialista	Sala de capacitaciones de la planta	2 horas
Manipulación de cargas	Lumbagos y cuidados de la columna Normas básicas de ergonomía Sistema de levantamiento con tres puntos de apoyo Levantamiento con medios mecánicos	Cada tres meses a los líderes de las áreas técnicas	Gerente General y líderes de áreas técnicas	Proyecciones audiovisuales De ser posible De ser posible conferencista especialista	Sala de capacitaciones de la planta	3 horas
Gimnasia Laboral	Beneficios para la salud Desarrollo de ejercicios expansivos y tonificación	De ser posible una vez por semana, recomendando realizar una rutina diaria de ser posible	Gerente General y líderes de áreas técnicas	Proyecciones audiovisuales De ser posible De ser posible conferencista especialista	Sala de capacitaciones de la planta	0.5 hora

Tabla 9. Temas para capacitaciones del personal.

4. Discusion

4.1 Estimación de mejora a través del plan de gestión de riesgos

El taller presenta 28 factores de riesgo, con un 50% de alta peligrosidad. Los principales riesgos incluyen atrapamientos, atropellos, caídas, choques, manejo de herramientas cortopunzantes y exposición a químicos. El plan de gestión de riesgos propone mejorar la señalización y dotar de EPP al personal. Al mejorar la señalización, se espera disminuir el riesgo de caídas y choques contra objetos. Al dotar de EPP, se espera disminuir la afectación por choque de objetos, herramientas cortopunzantes y exposición a químicos.

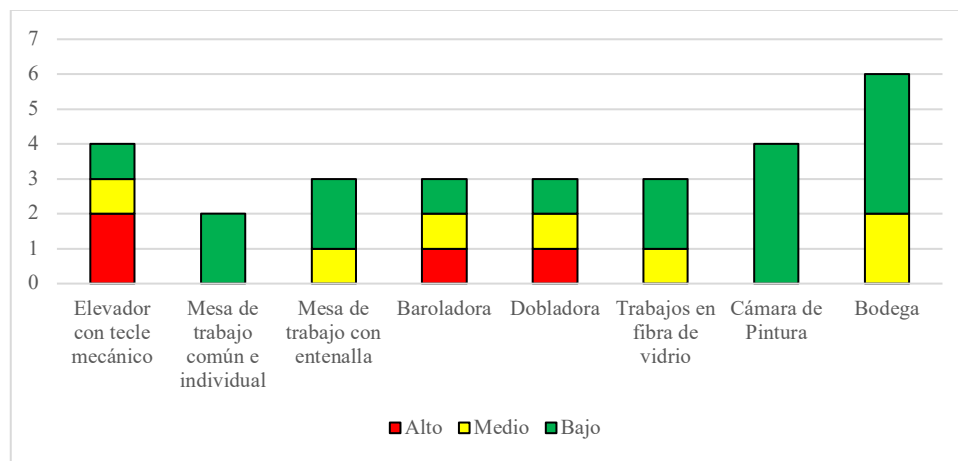


Figura 6. Número de riesgos por área de trabajo después del plan

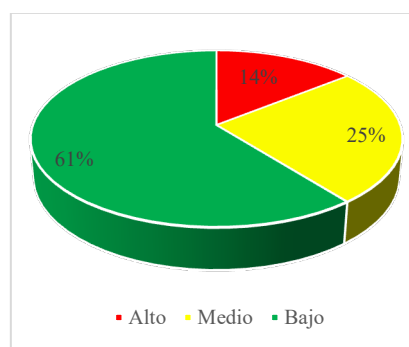


Figura 7. Grados de peligro en Taller después del plan

Las propuestas de mejoras como se puede observar son significativas, en la reducción de riesgos altos y medios. Sin embargo, por la naturaleza misma de las actividades no se puede llegar a eliminar en su totalidad los riesgos que se catalogan como altos.

4. Conclusión

La organización no cuenta con un personal administrativo subordinado al propietario quien es el encargado de todas actividades de dirección. Las actividades productivas se realizan sin procedimientos establecidos y como tal, los técnicos y ayudantes ejecutan las tareas conforme creen conveniente sin la existencia de un manual de procesos y funciones, restando eficiencia y en cierta medida calidad a los trabajos, pero el problema más grande es que no se identifican los riesgos de trabajo.

El 50% de los factores de riesgo laborales en el taller de estudio son clasificados como altos, y estos son: atrapamiento por o entre objetos en áreas de trabajo, atropello o golpe con vehículo en áreas de trabajo, caídas de personas al mismo nivel en áreas de trabajo, choque de objetos desprendidos en áreas de trabajo, manejo de herramientas cortopunzantes en áreas de trabajo, exposición a químicos en áreas de trabajo. Los cuales se pueden mitigar en su mayoría con una propuesta de señalización adecuada y dotación de EPP.

Según el diagrama de Pareto, criterio 80-20, las áreas con mayor cantidad de riesgos son: bodega, elevador con tecele mecánico, cámara de pintura, mesa de trabajo con entenalla. Es decir que estas áreas que aportan con el 80% de la cantidad total de riesgos en todo el taller. Las acciones emergentes que se puedan levantar deberán ser aplicadas a estas áreas.

Una vez realizada la propuesta del plan de gestión de seguridad se espera reducir los riesgos altos del 50% al 14% y riesgos medios del 39% al 25%; esto a partir de dos puntos claves que serían la señalización adecuada y la dotación de EPP, en tanto que existen algunos riesgos de valoración alta que no pudieron ser disminuidos por la naturaleza propia de sus actividades, por ejemplo, el atrapamiento en el tecele mecánico; además, tomar en cuenta que la propuesta debe seguir una priorización de áreas las mismas que pueden ser referidas mediante el diagrama de Pareto.

Contribución de autores:

Orozco, L: Conceptualización, metodología, investigación, redacción-revisión y edición **Moya, I:** software.; validación, análisis formal, escritura – borrador original.

Financiamiento: Los autores financiaron a integridad el estudio.

Conflictos de interés: Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Referencias

- [1] "La Organización Internacional del Trabajo: Un milenio de oportunidades." Accessed: Feb. 20, 2025. [Online]. Available: https://scielo.isciii.es/scielo.php?pid=S0465-546X2007000400001&script=sci_arttext&lng=en
- [2] M. J. Estéfani Morales and D. Verdugo Tamayo, "Comprehensive security audits in industrial installations: Tools for effective management | Auditorías integrales de seguridad en instalaciones industriales: Herramienta para una gestión eficaz," *Ingeniería Química (Spain)*, vol. 43, no. 493, pp. 82–85, 2011.
- [3] M. Madroñal Ortiz, D. Cuartas Ramirez, C. A. Benavides Velasco, and M. Osorio, "Identification and classification of facilities managers functions: A proposal validated by Latin American experts," *Journal of Engineering Research (Kuwait)*, vol. 10, no. 3, pp. 91–107, Sep. 2022, doi: 10.36909/jer.12139.
- [4] A. R. Gómez García, "Seguridad y salud en el trabajo en Ecuador," *Arch Prev Riesgos Labor*, vol. 24, no. 3, pp. 232–239, 2021, doi: 10.12961/aprl.2021.24.03.01.
- [5] D. de Cartagena, "Instrumento andino de seguridad y salud en el trabajo," 2004, Accessed: Feb. 20, 2025. [Online]. Available: <https://www.insistec.ec/images/insistec/02-cliente/07-descargas/INSTRUMENTO%20ANDINO%20DE%20SEGURIDAD%20Y%20SALUD%20EN%20EL%20TRABAJO.pdf>
- [6] C. Almeida, "IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES EN EL PROCESO DE ENSAMBLAJE DE CARROCERÍA EN UNA PLANTA INDUSTRIAL AUTOMOTRIZ," Escueaa Politécnica Nacional, 2013. [Online]. Available: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/8055/4/CD-5102.pdf>
- [7] "Descripción: Revisión de alcance de la literatura percepción de riesgo y la accidentalidad laboral 2010–2020." Accessed: Jan. 02, 2025. [Online]. Available: <https://centrodeconocimiento.ccb.org.co/buscador/Record/ir-10336-30862/Description#tabnav>
- [8] C. Zambrano, V. Pertus, and D. Straccia, "Generación del conocimiento en empresas de seguridad y salud en el trabajo en Valledupar, Colombia," *Espacios*, vol. 38, 2017, Accessed: Jan. 02, 2025. [Online]. Available: <https://www.revistaespacios.com/a17v38n13/a17v38n13p01.pdf>
- [9] V. M. Patiño Valdiviezo, "Los costos de accidentes laborales y enfermedades profesionales en las organizaciones. Un estudio cuantitativo, periodo 2010 –2020.," Jun. 2022, Accessed: Jan. 02, 2025. [Online]. Available: <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/9291>
- [10] "Gestión de la seguridad y salud laboral, y mejora de las condiciones de trabajo: El modelo español." Accessed: Jan. 02, 2025. [Online]. Available: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0041-86332012000300012
- [11] B. F. Torres Dota and D. R. Valdez León, "Propuesta de reestructuración técnica y administrativa del taller de enderezado y pintura 'Mercedes Benz' de la ciudad de Cuenca," 2020.

- [12] A. G. Quinde Alvear, "Plan de gestión de riesgos laborales para la empresa Vanderbilt S.A.," Universidad de Guayaquil, 2016. [Online]. Available: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/21544/1/QUINDE%2520ALVEAR%2520ANGEL%2520GIOVANNY%2520%25281%2529.pdf%0AUNIVERSIDAD>
- [13] J. Reyes, L. Aguilar Sánchez, J. Hernández Valencia, A. Mejías Acosta, and A. Piñero, "La Metodología 5S como estrategia para la mejora continua en industrias del Ecuador y su impacto en la Seguridad y Salud Laboral," *Polo del Conocimiento*, vol. 2, no. 7, p. 1040, 2017, doi: 10.23857/pc.v2i7.329.
- [14] M. Acevedo-Carrillo, M. Acevedo-Cuito, A. Chirinos-Mendoza, C. Huerta-Calixto, N. Valderrama-Marquina, and J. Cancho-Guisado, "The Health and Safety Management System at Work and the Reduction of Occupational Accidents," in *Proceedings of the LACCEI international Multi-conference for Engineering, Education and Technology*, Latin American and Caribbean Consortium of Engineering Institutions, Jul. 2024. doi: 10.18687/LACCEI2024.1.1.1758.
- [15] J. Alegre-Quintana, P. Gutiérrez-Falcón, and L. Agustini-Paredes, "Design and validation of an instrument to measure the level of worker participation in an Occupational Health and Safety Management System | Diseño y validación de un instrumento para medir el nivel de participación de los trabajadores en un Sistema de Ge," *Archivos de Prevencion Riesgos Laborales*, vol. 27, no. 3, pp. 250–268, 2024, doi: 10.12961/april.2024.27.03.03.
- [16] Y. G. Toloza-Pérez, J. Mesa-Sierra, J. Malagón-Rojas, and Y. F. Niño-Barrero, "Impact of the implementation of the Occupational Safety and Health Management System on the mortality and potential years of life lost caused by work-related and occupational accidents in Colombia, 2009–2021 | Impacto de la implementación del Sistema de ," *Revista Facultad Nacional de Salud Publica*, vol. 42, 2024, doi: 10.17533/udea.rfnsp.e352686.
- [17] J. Rubio, *Métodos de evaluación de riesgos laborales*, 1st ed., vol. 1. Madrid, 2004.
- [18] Organización internacional de normalización, "ISO 45001:2018," 2018. [Online]. Available: www.iso.org
- [19] Occupational Health and Safety Assessment Series, "OHSAS-18001," 2007.
- [20] (Instituto ecuatoriano de seguridad social) IESS, "Reglamento para el sistema de auditoría de riesgos," no. C, pp. 1–208, 2009, [Online]. Available: <https://www.iess.gob.ec/documents/10162/33703/C.D.+333>



© 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

RESEARCH ARTICLE

Neurociencia aplicada al proceso de aprendizaje

Hernández Cueva Elian Jamil ^{1*}  Idrobo Gutiérrez María Angélica ¹ 

¹ Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador, EC 110102.



Correspondencia: elian.hernandez@unl.edu.ec



+593 99 310 8550

DOI/URL: <https://doi.org/10.53313/gwj81202>

Resumen: La neurociencia puede cambiar por completo la forma en que entendemos la educación, ya que ofrece nuevas maneras de estudiar cómo aprendemos y cómo se desarrolla nuestro cerebro. El presente estudio, titulado “Neurociencia aplicada al proceso de aprendizaje”, tuvo como objetivo general: Determinar la incidencia de la neurociencia en el proceso de aprendizaje de los estudiantes de 7mo grado, de la Escuela de Educación Básica Municipal “Héroes del Cenepa” de la ciudad de Loja, periodo académico 2023–2024, complementado por los siguientes objetivos específicos: (1) Identificar los principales factores que afectan el proceso de aprendizaje de los estudiantes; (2) Planificar y ejecutar una propuesta alternativa utilizando estrategias basadas en la neurociencia para fortalecer el proceso de aprendizaje y (3) Evaluar el impacto de las estrategias basadas en la neurociencia en el proceso de aprendizaje de los estudiantes. Este estudio es de tipo exploratorio y descriptivo, con un enfoque mixto y diseño pre-experimental. El marco teórico abarcó temáticas relevantes relacionadas con la neurociencia y el proceso de aprendizaje. Durante la investigación se emplearon los métodos científico, analítico, sintético, descriptivo y estadístico; y se utilizaron técnicas como la observación, encuestas y la batería neuroeducativa NEPSY II, con instrumentos como la ficha de observación (ENEPID), un cuestionario estructurado y un cuadernillo de anotación NEPSY II. La muestra, seleccionada mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia, incluyó a 4 docentes de asignaturas básicas y 36 estudiantes del séptimo grado “A”. Los resultados confirmaron un impacto positivo de la neurociencia en el proceso de aprendizaje, demostrando que la guía didáctica “NeuroLink: La neurociencia al alcance de un clic” permitió a los estudiantes entender mejor cómo funciona su cerebro, qué aspectos les motivan y emocionan, y cómo desarrollar efectivamente sus funciones ejecutivas. Las conclusiones afirmaron que aplicar la neurociencia en el aprendizaje es eficaz para desarrollar habilidades cognitivas y emocionales, activar neurotransmisores esenciales y estimular la neurogénesis en los estudiantes.

Palabras claves: Neuroplasticidad; aprendizaje; neurodidáctica; neuroeducación.



Check for
updates

Cita: Hernández Cueva, E. J., & Idrobo Gutiérrez, M. A. (2025). Neurociencia aplicada al proceso de aprendizaje. Green World Journal, 8(1), 202. <https://doi.org/10.53313/gwj81202>

Received: 30/January/2024

Accepted: 19/March/2025

Published: 24/March/2025

Prof. Carlos Mestanza-Ramón, PhD.
Editor-in-Chief / CaMeRa Editorial
editor@greenworldjournal.com

Editor's note: CaMeRa remains neutral with respect to legal claims resulting from published content. The responsibility for published information rests entirely with the authors.



© 2025 CaMeRa license, Green World Journal. This article is an open access document distributed under the terms and conditions of the license.

Creative Commons Attribution (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>

Neuroscience applied to the learning process

Abstract: Neuroscience can completely change the way we understand education, as it offers new ways to study how we learn and how our brain develops. This study, titled "Neuroscience Applied to the Learning Process", aimed to analyze the impact of neuroscience on the learning process of 7th-grade students at the Escuela de Educación Básica Municipal "Héroes del Cenepa" in Loja during the 2023–2024 academic year. The research was structured around the following specific objectives: (1) Identify the key factors influencing students' learning processes; (2) Design and implement an alternative instructional approach integrating neuroscience-based strategies to enhance learning; and (3) Evaluate the effectiveness of these neuroscience-driven strategies in improving students' learning outcomes. This study adopted an exploratory and descriptive approach, employing a mixed-method research design with a pre-experimental structure. The theoretical framework encompassed key concepts related to neuroscience and cognitive learning processes. The research methodology incorporated scientific, analytical, synthetic, descriptive, and statistical methods, utilizing observation, surveys, and the NEPSY II neuroeducational battery as primary techniques. The study employed instruments such as the ENEPID observation sheet, a structured questionnaire, and the NEPSY II annotation booklet. The sample was selected through non-probabilistic convenience sampling and consisted of four core subject teachers and 36 seventh-grade students from section "A." The findings confirmed a positive correlation between neuroscience-based interventions and learning processes, demonstrating that the didactic guide "NeuroLink: Neuroscience at Your Fingertips" significantly enhanced students' understanding of brain function, motivation, emotional engagement, and the development of executive functions. The study concluded that integrating neuroscience into educational practices effectively fosters cognitive and emotional skill development, activates key neurotransmitters, and promotes neurogenesis in students, thereby optimizing their learning potential.

Keywords: Neuroplasticity; learning; neurodidactics; neuroeducation.

1. Introducción

El Actualmente, la educación ha dado un giro de 180 grados, dirigiéndose cada vez a nuevos enfoques y perspectivas metodológicas más adaptadas a los requerimientos de los estudiantes. Esto en parte, se debe gracias al avance tecnológico y el fortalecimiento de disciplinas como la neurociencia, permitiendo trabajar de manera eficaz aspectos como la neuroplasticidad, las funciones ejecutivas y el control inhibitorio.

Algunos autores argumentan lo siguiente:

La aplicación de la neurociencia en las aulas puede ayudar a comprender cómo los estudiantes procesan la información y cómo se puede mejorar la retención de la misma. Además, permite identificar las necesidades específicas de cada estudiante y diseñar estrategias pedagógicas adaptadas a sus capacidades y necesidades. (Hernández et al., 2023, pág. 8138)

No obstante, a pesar de los avances educativos, siguen existiendo inconvenientes al momento de poner en práctica lo teórico. La gran mayoría de docentes, prefiere permanecer en su zona de confort, en vez de innovar pedagógicamente. Esto debido a la falta de recursos, capacitaciones, y/o diversas circunstancias que hacen que el proceso de enseñanza-aprendizaje se estanque, manteniéndose en un enfoque tradicionalista, que solo se basa en repetir información durante horas, sin tomar en consideración los intereses de los estudiantes.

Lo mencionado, infiere con lo expuesto por Costa et al. (2022):

En la actualidad, los docentes de Instituciones de Educación Básica deben tomar en cuenta innovar las estrategias pedagógicas en el proceso de enseñanza y aprendizaje, ya que potencian la creatividad, flexibilidad, interactividad, entre otros factores que posibilitan la configuración de procesos de enseñanza innovadores en el entorno educativo en general y en la docencia en particular. (pág. 4237)

Por ende, se debe tener en consideración, la aplicación de nuevas disciplinas como la neurociencia en el salón de clase, que nos permita generar no solo aprendizajes significativos, sino, también aprendizajes sólidos, que se mantengan a largo plazo y se potencien con nuevos conocimientos adquiridos.

El presente estudio se justifica, desde un punto de vista teórico, práctico y social, debido a que es fundamental determinar cómo los conocimientos de la neurociencia pueden aplicarse de manera efectiva en el proceso de aprendizaje. Puesto que, al aplicar estrategias basadas en neurociencia y los factores clave que se consideran al momento de su aplicación, será posible introducir cambios en el aula que potencien el rendimiento académico de los estudiantes, impactando positivamente su futuro académico y profesional. Además, la presente investigación está llenando un vacío de conocimiento, por qué se está ayudando a prevenir las consecuencias que está generando esta problemática en la actualidad.

A nivel global, Hernández et al. (2024), comentan lo siguiente:

La educación ha atravesado importantes cambios en sus modelos pedagógicos y paradigmas, todos dirigidos a ofrecer las mejores opciones para la formación de los estudiantes. Uno de los desafíos principales se centra en el "cómo" y de qué manera enseñar. En muchas ocasiones, la mayoría de los profesores se enfrentan a esta cuestión, lo que dificulta la adecuada dirección de los procesos de enseñanza y aprendizaje. Esto se convierte en un problema evidente, donde se observa una notable discrepancia entre la cantidad de contenidos impartidos y la calidad de los aprendizajes obtenidos. (p. 1391)

En América Latina, los resultados educativos han experimentado un retroceso, según lo revelan evaluaciones internacionales como PISA. La región ha enfrentado desafíos relacionados con la falta de estrategias pedagógicas que estimulen áreas clave del cerebro, como aquellas asociadas con la creatividad y el desarrollo del talento, lo que ha contribuido significativamente a este declive. Este panorama refleja la necesidad de adoptar enfoques pedagógicos que respondan mejor a las demandas cognitivas de los estudiantes (Ministerio de Educación, 2023).

En Ecuador, esta problemática se ha visto reflejada en evaluaciones nacionales como la prueba Ser Estudiante del INEVAL, la cual ha mostrado que los estudiantes no alcanzan los niveles de desempeño esperados en materias fundamentales. Estos resultados subrayan la necesidad urgente de reestructurar el sistema educativo, fortaleciendo la integración de la neurociencia en el proceso educativo, promoviendo el desarrollo de habilidades cognitivas y un aprendizaje más integral, que permita a los estudiantes afrontar de manera efectiva los desafíos del siglo XXI (Instituto Nacional de Evaluación Educativa, 2024).

En Loja, los estudiantes continúan enfrentando desafíos significativos en su proceso de aprendizaje, evidenciado por un descenso en las calificaciones en los últimos dos años. Este declive se puede atribuir a diversos factores, como los efectos de la pandemia de COVID-19, el uso inadecuado de la tecnología y plataformas interactivas como TikTok, y la falta de innovación por parte de los docentes en la aplicación de estrategias pedagógicas efectivas (Hernández et al., 2023).

A nivel institucional, en la Escuela de Educación Básica Municipal "Héroes del Cenepa", los estudiantes del séptimo grado de Educación Básica paralelo "A" presentan dificultades en asignaturas clave como Matemáticas, Lengua y Literatura, Estudios Sociales y Ciencias Naturales. Ante estas falencias, los docentes han comenzado a implementar estrategias basadas en neurociencia, con el fin de innovar en la enseñanza y desarrollar en los educandos las destrezas necesarias para su formación integral.

Los objetivos que dirigen el presente trabajo investigativo son; general: Determinar la incidencia de la neurociencia en el proceso de aprendizaje de los estudiantes de 7mo grado, complementado por los siguientes objetivos específicos: (1) Identificar los principales factores que afectan el proceso de aprendizaje de los estudiantes; (2) Planificar y ejecutar una propuesta alternativa utilizando estrategias basadas en la neurociencia para fortalecer el proceso de aprendizaje y (3) Evaluar el impacto de las estrategias basadas en la neurociencia en el proceso de aprendizaje de los estudiantes.

Esta investigación no solo abordará una necesidad local, sino que también contribuirá a un debate más amplio sobre la innovación educativa en Latinoamérica, ofreciendo un marco teórico y práctico aplicable a otros contextos, niveles y ámbitos educativos. La neurociencia no es solo una disciplina que estudia el cerebro, es una ciencia que permite generar intervenciones en pro de mejora de la educación y el aprendizaje, logrando alcanzar los nuevos objetivos de la Agenda 2030.

2. Materiales y métodos

El presente artículo de investigación, titulado “Neurociencia aplicada al proceso de aprendizaje”, se llevó a cabo en la provincia y ciudad de Loja en Ecuador, en la Escuela de Educación Básica Municipal “Héroes del Cenepa”, la cual se encuentra ubicada en las calles Tnte. Geovanny Calles y Soldado Vicente Rosero.

2.1. Enfoque de investigación

La investigación se enmarca dentro de un enfoque mixto. Este enfoque integra métodos cualitativos y cuantitativos, permitiendo triangular los hallazgos y fortalecer la validez de los resultados obtenidos. De esta manera, se garantiza una representación más precisa y confiable del fenómeno investigado. Vizcaíno et al. (2023), mencionan lo siguiente:

El enfoque mixto se identifica por la combinación explícita de técnicas y métodos tanto cuantitativos como cualitativos en el diseño y ejecución de la investigación. Esto puede manifestarse en la recopilación de datos de diferentes naturalezas, como encuestas y entrevistas, o en la utilización de herramientas analíticas que abarcan tanto el análisis estadístico como la interpretación cualitativa.

2.2. Tipo de investigación

La presente investigación se enmarca como estudio: exploratorio y descriptivo los cuáles permitieron que la presente investigación se realice de forma objetiva. A continuación, se detalla cada uno de acuerdo a lo manifestado por Hernández y otros (2014) en su libro “Metodología de la investigación: 6ta edición”:

En un estudio exploratorio; se realizan cuando el objetivo es examinar un tema o problema de investigación poco estudiado, del cual se tienen muchas dudas o no se ha abordado antes. Por su parte, en una investigación descriptiva: se busca especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis. (pp. 97–98)

La aplicación del alcance exploratorio se utilizó para investigar el poco estudiado campo de la neurociencia aplicada al aprendizaje, identificando factores clave. Por otra parte, el alcance descriptivo se empleó para recolectar y presentar información tal como se observa en la realidad, describiendo relaciones entre variables en un momento específico.

2.3. Diseño de investigación

El diseño de investigación, es preexperimental, con diseño de preprueba/posprueba con un solo grupo, de acuerdo a Hernández (2018):

A un grupo se le aplica una prueba previa al estímulo o intervención, después se le administra el tratamiento y finalmente se le aplica una prueba posterior al estímulo. Existe un punto de referencia inicial para ver qué nivel tenía el grupo en la variable dependiente antes del estímulo, es decir, hay un seguimiento del grupo. (p. 141)

En el contexto del presente artículo, este diseño permitió realizar un diagnóstico y recopilar datos sobre los dominios cognitivos en los que los estudiantes enfrentaban dificultades, mediante una preprueba. Con base en estos datos, se diseñaron actividades para todo el grupo. Al finalizar el proceso, se aplicó una posprueba, cuyos resultados fueron cruciales para evaluar el impacto de las actividades implementadas.

Esta metodología permitió realizar un seguimiento detallado de la muestra durante la aplicación de la guía de estrategias basadas en neurociencia. Dado que solo se disponía de un grupo, los estudiantes del séptimo grado paralelo "A", el diseño preexperimental resultó adecuado. Se implementó una preprueba y una posprueba para evaluar el impacto de la intervención y ajustar las estrategias según fuera necesario. Este enfoque proporcionó una base sólida para analizar la relevancia de la propuesta de una guía didáctica basada en estrategias neurocientíficas, permitiendo una comprensión más profunda de la problemática y la formulación de una guía como una posible solución educativa.

2.4. Métodos de investigación

Los métodos de investigación utilizados en el presente estudio son los siguientes fueron:

Científico: Se utilizó para estructurar y organizar el proceso de investigación, asegurando la veracidad y confiabilidad de los resultados. Además, facilitó la recopilación de información bibliográfica pertinente de diversos autores sobre las variables y apartados del estudio, proporcionando así una base teórica sólida para sustentar la investigación.

Analítico: El siguiente método se empleó para revisar la literatura y desagregar sus partes, considerando las variables sobre neurociencia y aprendizaje, con el fin de comprender el objeto de estudio e indagar su comportamiento.

Sintético: Posterior al análisis, se realizó un razonamiento lógico para abstraer las partes más importantes de la información recolectada sobre las variables de estudio, lo que favoreció la formulación de las conclusiones del estudio. A través del método sintético, se resumieron los temas y subtemas más relevantes para mejorar la calidad del marco teórico, facilitando paráfrasis e incorporaciones personales.

Descriptivo: Permite observar, medir, registrar y analizar de manera sistemática y detallada las características de la población de estudio, lo que facilitó la recopilación de información valiosa sobre la realidad educativa y la comprensión de la situación problemática.

Estadístico: Permite procesar la información recabada con los instrumentos de investigación, facilitando la secuencia de procedimientos para la recolección, recuento, presentación, síntesis y análisis de los datos cualitativos y cuantitativos, además, se utilizó para contabilizar la frecuencia de los indicadores, obtener los porcentajes respectivos y representar visualmente los datos mediante gráficos estadísticos, organizando y tabulando la información en tablas para su análisis detallado.

2.5. Técnicas e instrumentos

Las técnicas e instrumentos aplicados en el presente estudio para la recolección y análisis de datos, con el fin de obtener información relevante que respalde la investigación.

2.5.1. Técnicas

Las técnicas de investigación son métodos sistemáticos utilizados para recolectar, analizar e interpretar datos relevantes en un estudio.

Observación: La observación se llevó a cabo en el área de estudio junto con los sujetos de investigación para identificar las problemáticas relevantes para el desarrollo del estudio. Esta técnica

facilitó el acercamiento al entorno de investigación y la recolección de información sobre el proceso de aprendizaje de los estudiantes.

Encuesta: Se aplicó a los docentes de Matemática, Lengua y Literatura, Ciencias Naturales y Estudios Sociales del séptimo grado paralelo "A" para determinar el conocimiento que poseen sobre la neurociencia, así como la problemática detectada en el presente estudio.

Batería Neuroeducativa NEPSY II: Permitió evaluar los dominios cognitivos y de aprendizaje de los estudiantes del séptimo grado paralelo "A" de la Escuela de Educación Básica Municipal "Héroes del Cenepa". Esta técnica no solo permitió comprender los problemas en el proceso de aprendizaje que presentan los estudiantes, sino también reconocer las áreas específicas donde podrían requerir apoyo adicional.

2.5.2. Instrumentos

Los instrumentos permitieron obtener la precisión necesaria en la recopilación de datos, lo que a su vez facilitó la fundamentación de la investigación.

Ficha de observación (ENEPIID): Para la investigación se consideró la ficha de observación desarrollada por Díaz (2023), un instrumento diseñado para evaluar el nivel neuroeducativo en la práctica docente o la planificación didáctica. Esta herramienta se fundamenta en teorías actuales de la neurociencia cognitiva aplicada y otras disciplinas relacionadas, con el objetivo de obtener una escala neuropedagógica orientada a la planificación e intervención didáctica (ENEPIID). La ficha está compuesta por 11 dimensiones que abarcan elementos clave como la atención, la curiosidad, el diseño universal para el aprendizaje, las emociones, las funciones ejecutivas y cognitivas, las memorias, el aprendizaje, el rol docente, la evaluación, los periodos atencionales y la planificación didáctica, mediante el diseño de una escala tipo de Likert. Este instrumento fue adaptado y permitió identificar problemas o dificultades observados en el aula del séptimo grado de Educación Básica paralelo "A", apoyando al registro de información relevante para la realización del presente estudio. Cuestionario de base estructurado: Este cuestionario estructurado se aplicó a los docentes de las cuatro áreas básicas del séptimo grado paralelo "A" con el objetivo de investigar las variables de estudio y obtener una perspectiva más clara sobre la problemática detectada.

Cuadernillo de anotación NEPSY II: Este instrumento de investigación se utilizó para recolectar datos sobre los dominios cognitivos de los estudiantes, incluyendo atención, funciones ejecutivas, memoria y aprendizaje. El objetivo fue obtener una perspectiva clara de las dificultades o problemas que enfrentan en su proceso de aprendizaje. Se seleccionaron tres pruebas o actividades para cada dominio, lo que sumó un total de seis evaluaciones.

2.6. Población, muestra y muestreo

La población es el conjunto completo de individuos u objetos que se desea estudiar, por su parte, la muestra es un subconjunto representativo de esta población, y el muestreo es el proceso de seleccionar dicha muestra.

2.6.1. Población

Según Arias et al. (2016) "la población de estudio es un conjunto de casos, definido, limitado y accesible, que cumple con una serie de criterios predeterminados, así mismo, es conveniente que la población o universo se identifique desde los objetivos del estudio" (p. 202).

La población del presente estudio estuvo compuesta por 36 estudiantes y 4 docentes de las asignaturas básicas que son Matemáticas, Lengua y Literatura, Estudios Sociales y Ciencias Naturales las cuales se imparten en el séptimo grado paralelo "A" de la Escuela de Educación Básica Municipal "Héroes del Cenepa".

2.6.2. Muestra

De acuerdo a López (2004) la muestra "es un subconjunto o parte del universo o población en que se llevará a cabo la investigación" (p. 69). Dado que la población es relativamente pequeña y

adecuada para el estudio, no fue necesario seleccionar una muestra. En su lugar, se trabajó con la totalidad de los 40 individuos de la población.

2.6.3. Muestreo

Se utilizó el muestreo no probabilístico por conveniencia, seleccionando a los individuos que estaban disponibles y accesibles para llevar a cabo la investigación. Como mencionan Otzen y Manterola (2017), el muestreo no probabilístico por conveniencia “permite seleccionar aquellos casos accesibles y por la proximidad de los sujetos para el investigador” (p. 230).

2.7. Procesamiento y análisis de datos

2.7.1. Procedimientos para el diagnóstico

- Identificar los principales inconvenientes en el aula relacionados con el proceso de aprendizaje mediante una ficha de observación, encuesta a docentes y pretest a estudiantes.
- Determinar las causas y consecuencias del problema central.
- Precisar las dificultades que enfrentan los estudiantes en relación con el problema de investigación.
- Delimitar claramente el problema de investigación.

2.7.2. Procedimientos para la fundamentación teórica

- Se elaboró el esquema del marco teórico enfocado en el tema de investigación.
- Se realizó un arqueo bibliográfico sobre las variables dependiente e independiente.
- Se seleccionó información bibliográfica actualizada, confiable y relevante para la construcción de la revisión de literatura.
- Se fundamentaron conceptos esenciales y pertinentes de la neurociencia y el proceso de aprendizaje a través de la literatura.
- Se organizó la literatura, complementándola con citas breves, largas y paráfrasis, además de incluir aportes propios y un análisis crítico del investigador.

2.7.3. Procedimientos para el análisis e interpretación de datos

- La información recolectada de la ficha de observación, la encuesta y la batería NEPSY II se estructuró en función de las preguntas de investigación.
- La tabulación se efectuó utilizando estadística descriptiva, contabilizando frecuencias y calculando porcentajes. Los datos se organizaron por criterios previamente definidos.
- Los resultados se presentaron mediante gráficos de barras en Excel, facilitando la representación visual del análisis estadístico.
- El análisis y la discusión se realizaron comparando los datos obtenidos con la información del marco teórico, elaborando inferencias y deducciones a partir de esta comparación.
- Las conclusiones se formularon de acuerdo con los objetivos establecidos.

2.7.4. Procedimientos para el diseño y ejecución de la propuesta de mejoramiento

- Tras concluir el análisis e interpretación de los resultados, se llevó a cabo la planificación y diseño de la propuesta de mejoramiento.
- Se establecieron los contenidos, temáticas, actividades, estrategias metodológicas, recursos y objetivos a alcanzar para la elaboración de la guía didáctica.
- Se definió el tiempo necesario para implementar la propuesta, teniendo en cuenta el espacio disponible en el horario de los docentes del séptimo grado paralelo A.

2.7.5. Procedimientos para la evaluación de la propuesta

- Se implementaron diversas actividades planificadas utilizando la guía didáctica, enfocadas en estrategias basadas en la neurociencia para fortalecer el proceso de aprendizaje.
- Al finalizar la ejecución de estas actividades, se realizó una segunda evaluación con la batería NEPSY II y se tabularon los resultados obtenidos.

- Se elaboró un cuadro comparativo entre los resultados de la primera y la segunda evaluación, donde se evidenció el progreso de los estudiantes.
- Se concluyó que la neurociencia es una herramienta educativa efectiva para reducir los problemas en el proceso de aprendizaje.

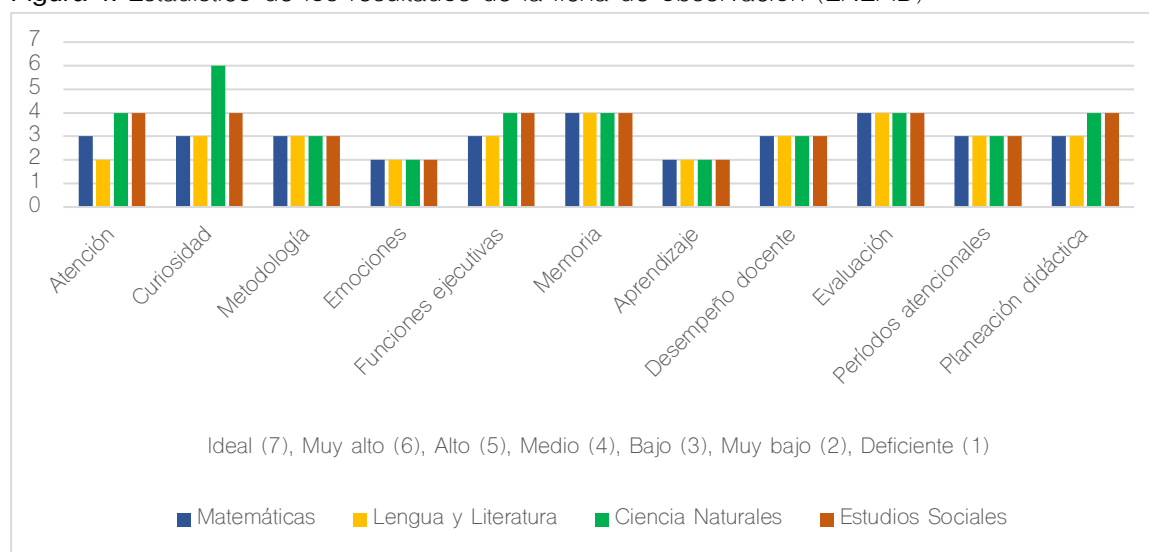
3. Resultados

En el presente apartado se muestra los resultados recopilados del diagnóstico realizado a los estudiantes del 7mo grado paralelo “A” de la Escuela de Educación Básica Municipal “Héroes del Cenepa”, para detectar los inconvenientes que presentan en su proceso de aprendizaje. El análisis metódico de los resultados se llevó a cabo utilizando la técnica de observación, la encuesta, la batería NEPSY II y la información recopilada, aplicados como instrumentos de medición y participación. En esta sección se lleva a cabo el análisis estadístico descriptivo de los resultados obtenidos a través de los instrumentos aplicados para evaluar las variables de la investigación, junto con su correspondiente interpretación.

3.1. Resultados de la ficha de observación (ENEPID)

El presente instrumento resultó esencial para identificar las problemáticas existentes en el entorno educativo de los estudiantes del 7mo grado paralelo A de la Escuela de Educación Básica Municipal “Héroes del Cenepa”. Al proporcionar una visión detallada de las dificultades y áreas de mejora en las diversas asignaturas básicas, este análisis permitió establecer una base sólida para el desarrollo del estudio, orientado a abordar y comprender las necesidades específicas de los alumnos en su proceso de aprendizaje.

Figura 1. Estadístico de los resultados de la ficha de observación (ENEPID)



Nota. Diagrama de barras de los resultados obtenidos mediante la ficha de observación (ENEPID) adaptada del diseño de Díaz (2023), aplicada en el séptimo grado paralelo “A” de la Escuela de Educación Básica Municipal “Héroes del Cenepa”, elaborada por el investigador.

Análisis e interpretación

Los resultados obtenidos con el primer instrumento revelan una tendencia desfavorable en las dimensiones evaluadas en las asignaturas de Matemáticas, Lengua y Literatura, Ciencias Naturales y Estudios Sociales. En Matemáticas y Lengua y Literatura, las dimensiones de memoria y evaluación se clasificaron en un nivel intermedio (categoría 4), mientras que la atención, curiosidad, metodología, funciones ejecutivas, desempeño docente, periodos atencionales y planificación didáctica se

ubicaron en un nivel bajo (categoría 3), y las dimensiones de emociones y aprendizaje se encuentran en un nivel muy bajo (categoría 2).

En Ciencias Naturales, la curiosidad destacó con un nivel muy alto (categoría 6), y la mayoría de las dimensiones restantes, como atención, funciones ejecutivas, memoria, evaluación y planificación didáctica, se situaron en un nivel intermedio (categoría 4), mientras que metodología, el desempeño docente y los periodos atencionales se clasificaron en un nivel bajo (categoría 3), finalmente, las dimensiones de emociones y aprendizaje se clasificaron en la (categoría 2), correspondiente a un nivel muy bajo.

En Estudios Sociales, las dimensiones de atención, curiosidad, funciones ejecutivas, memoria, evaluación y planificación didáctica alcanzaron un nivel intermedio (categoría 4), con un nivel bajo (categoría 3) en metodología, desempeño docente y periodos atencionales, y un nivel muy bajo (categoría 2) en emociones y aprendizaje.

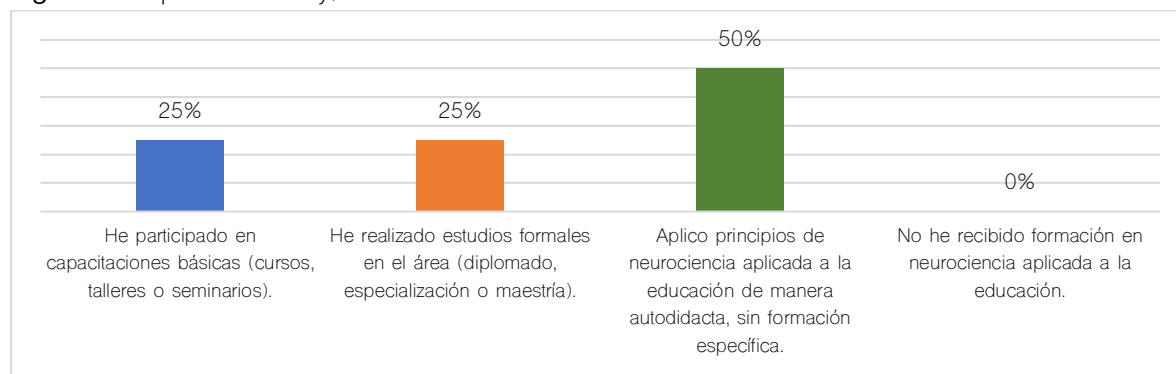
Los resultados del primer instrumento evidencian una problemática generalizada en el proceso de aprendizaje de las asignaturas evaluadas. Si bien se observan fortalezas puntuales, como la curiosidad en Ciencias Naturales y el desempeño en memoria y evaluación en Matemáticas y Lengua, predomina una tendencia hacia niveles bajos en dimensiones cruciales para un aprendizaje efectivo, como la atención, las emociones, metodología y la planificación didáctica. Esto sugiere que existen déficits significativos en la forma en que se abordan los contenidos en el aula, lo que impacta negativamente en el desarrollo integral de los estudiantes. Es necesario implementar estrategias pedagógicas más dinámicas y personalizadas que atiendan a las necesidades individuales de cada alumno y promuevan un aprendizaje significativo y motivador.

3.2. Resultados de la encuesta a los docentes

El cuestionario, permitió obtener información detallada sobre el proceso de aprendizaje de los estudiantes.

1. ¿Cuál es el nivel de formación que usted posee en neurociencia aplicada al ámbito educativo?

Figura 2. Capacitación o y/o formación en neurociencia



Nota. Resultados obtenidos de la encuesta aplicada a docentes de las áreas básicas del 7mo grado paralelo "A" de la Escuela de Educación Básica Municipal "Héroes del Cenepa", elaborado por el investigador.

Análisis e interpretación:

El 100% de los docentes encuestados ha recibido algún tipo de formación en neurociencia aplicada a la educación, aunque en distintos niveles. El 50% ha adquirido estos conocimientos de manera autodidacta, mientras que un 25% ha participado en capacitaciones básicas como cursos, talleres o seminarios, y otro 25% ha cursado estudios formales en el área, como diplomados, especializaciones o maestrías. Es importante destacar que ningún docente reporta no haber recibido formación en esta disciplina, lo que refleja su presencia en el desarrollo profesional docente.

Estos resultados evidencian un interés generalizado por la neurociencia en el ámbito educativo, aunque con una tendencia marcada hacia el aprendizaje autodidacta. Lo cual sugiere la necesidad

de ampliar las oportunidades de formación formal en esta área para fortalecer la base teórica y práctica de los docentes, lo que podría favorecer una aplicación más efectiva de estrategias neuroeducativas en el aula.

¿Con qué frecuencia usted aplica principios de neurociencia al impartir clases, y considera que esto ayuda a comprender cómo funciona y aprende el cerebro de sus estudiantes, fortaleciendo así el proceso de aprendizaje?

Figura 3. Aplicación de neurociencia



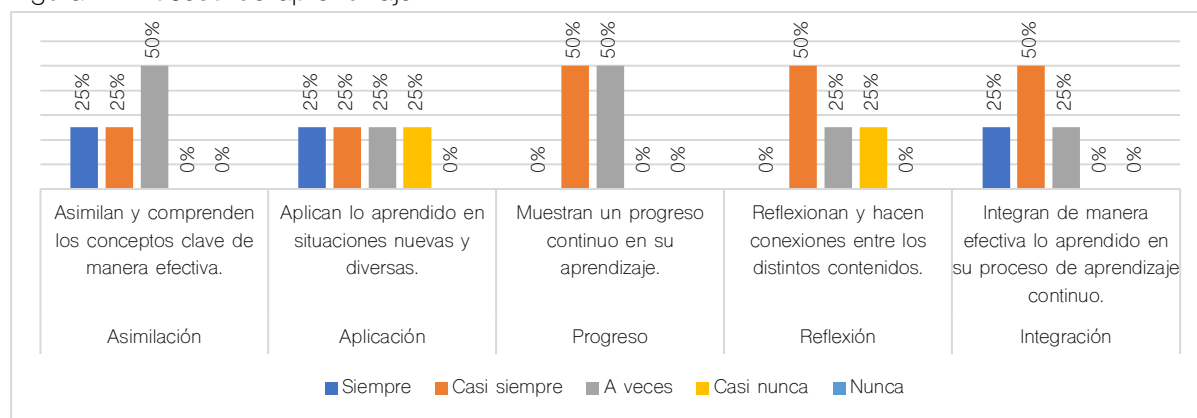
Nota. Resultados obtenidos de la encuesta aplicada a docentes de las áreas básicas del 7mo grado paralelo "A" de la Escuela de Educación Básica Municipal "Héroes del Cenepa", elaborado por el investigador.

Análisis e interpretación

Los datos revelan que todos los docentes encuestados aplican principios de neurociencia al impartir clases, con una distribución equitativa entre los que lo hacen siempre (50%) y casi siempre (50%). Esto indica una alta frecuencia en la integración de estos principios en su práctica educativa, lo que sugiere un reconocimiento generalizado de la importancia de la neurociencia en el proceso de aprendizaje.

La aplicación constante de estos principios sugiere un reconocimiento generalizado de su importancia para comprender cómo funciona y aprende el cerebro de los estudiantes, y cómo esto puede fortalecer el proceso de aprendizaje. Este enfoque podría estar contribuyendo a una enseñanza más eficaz al permitir a los docentes adaptar sus métodos a las necesidades neurológicas específicas de los estudiantes. La uniformidad en la aplicación también sugiere una base sólida de conocimiento y un compromiso con la mejora continua de la educación a través de la neurociencia. ¿Con qué regularidad observa que sus estudiantes son capaces de asimilar de manera efectiva los conceptos que se les enseñan, aplicarlos en diversas situaciones, mostrar un progreso continuo en su aprendizaje, reflexionar sobre su conocimiento y realizar una integración coherente de los contenidos a lo largo de su proceso educativo?.

Figura 4. Proceso de aprendizaje



Nota. Resultados obtenidos de la encuesta aplicada a docentes de las áreas básicas del 7mo grado paralelo "A" de la Escuela de Educación Básica Municipal "Héroes del Cenepa", elaborado por el investigador.

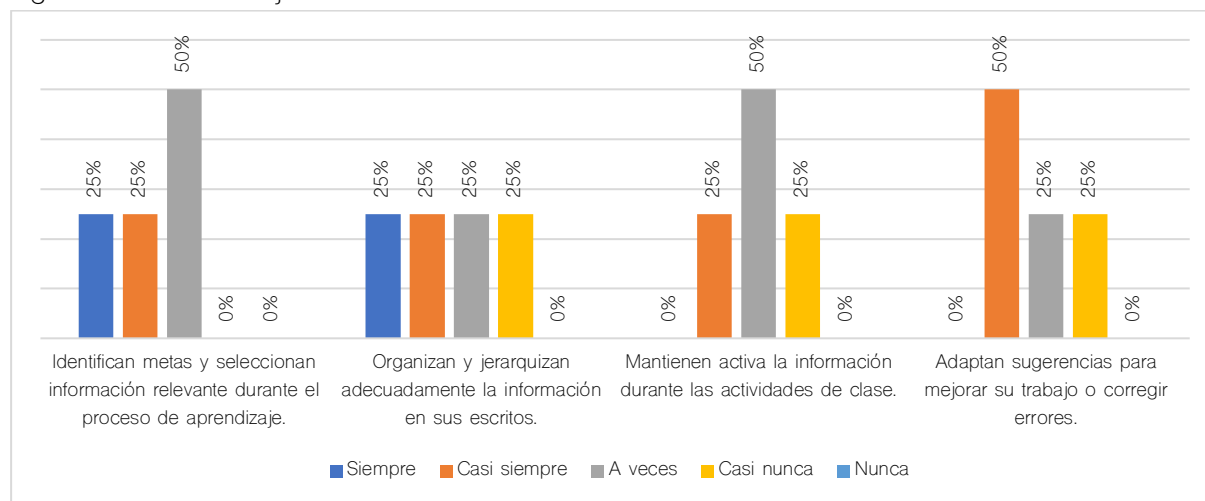
Análisis e interpretación

En cuanto a la asimilación de conceptos clave, el 50% de los docentes perciben que sus estudiantes lo logran de manera efectiva "siempre" o "casi siempre", mientras que el otro 50% considera que solo ocurre "a veces". En términos de aplicación, las respuestas están distribuidas uniformemente, con un 25% de docentes en cada categoría, desde "siempre" hasta "casi nunca", lo que muestra variabilidad en cómo los estudiantes utilizan lo aprendido en situaciones nuevas. Respecto al progreso, la mitad de los docentes observan un avance continuo "casi siempre", mientras que la otra mitad lo percibe "a veces". En la dimensión de reflexión, el 50% de los docentes afirma que los estudiantes "casi siempre" reflexionan y hacen conexiones, aunque el 25% percibe que esto solo sucede "a veces" o "casi nunca". Finalmente, en cuanto a la integración, el 75% de los docentes considera que los estudiantes integran lo aprendido de manera efectiva, con el 25% restante que lo observa solo "a veces".

Los resultados reflejan una percepción mixta entre los docentes sobre cómo sus estudiantes asimilan, aplican, progresan, reflexionan e integran los contenidos en su proceso de aprendizaje. La asimilación y la integración parecen ser las áreas más consistentes, con la mayoría de los docentes reportando que sus estudiantes "siempre" o "casi siempre" logran estos objetivos. Sin embargo, la aplicación de conocimientos en nuevas situaciones y la reflexión muestran una mayor variabilidad, indicando posibles desafíos en estas áreas. El progreso continuo es valorado de manera similar, con docentes divididos entre aquellos que observan un progreso consistente y aquellos que lo ven solo ocasionalmente. Estos resultados subrayan la importancia de seguir apoyando a los estudiantes en todas estas dimensiones del proceso de aprendizaje, con especial énfasis en fortalecer la aplicación y la reflexión para mejorar la comprensión y uso de los contenidos enseñados.

¿Con qué frecuencia sus estudiantes son capaces de identificar metas, seleccionar información relevante, organizarla en sus escritos, mantener la información activa, y adaptar sugerencias para mejorar su desempeño o corregir errores?

Figura 4. Funciones ejecutivas



Nota. Resultados obtenidos de la encuesta aplicada a docentes de las áreas básicas del 7mo grado paralelo "A" de la Escuela de Educación Básica Municipal "Héroes del Cenepa", elaborado por el investigador.

Análisis e interpretación

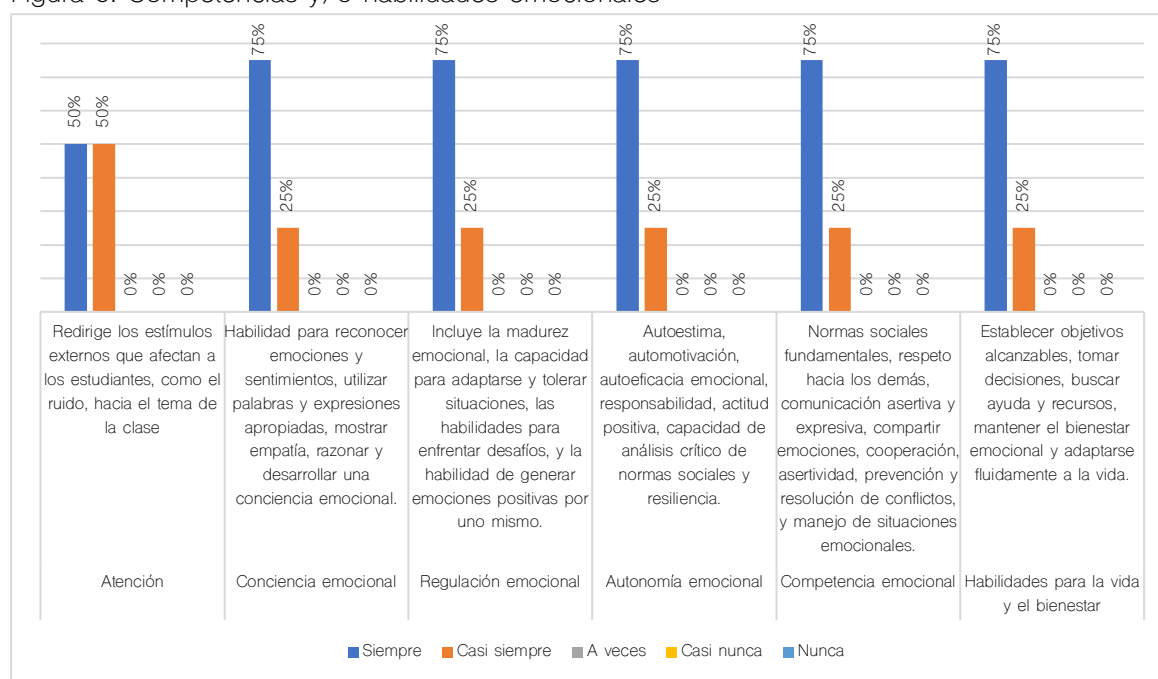
En cuanto a la planificación, la mitad de los docentes perciben que sus estudiantes identifican metas y seleccionan información relevante "siempre" o "casi siempre", mientras que el otro 50% considera que esto ocurre "a veces". Para la organización de la información en los escritos, los resultados están igualmente distribuidos, con un 25% de docentes en cada categoría desde "siempre" hasta "casi nunca". En relación con la memoria activa (mantener la información activa), solo el 25% de

los docentes observa que esto sucede "casi siempre", mientras que el 75% restante reporta que sus estudiantes lo logran solo "a veces" o "casi nunca". En cuanto a la flexibilidad cognitiva, la mitad de los docentes indica que sus estudiantes "casi siempre" adaptan sugerencias para mejorar o corregir errores, mientras que el otro 50% lo percibe "a veces" o "casi nunca".

Los resultados muestran que, en general, los estudiantes tienen dificultades consistentes en las áreas de planificación, organización, memoria activa, y flexibilidad cognitiva, con una notable dispersión en las percepciones docentes. Aunque algunos estudiantes demuestran habilidades de planificación y organización regularmente, una proporción significativa de docentes percibe que estas habilidades solo se manifiestan ocasionalmente. La memoria activa parece ser especialmente desafiante, ya que la mayoría de los docentes observa que los estudiantes no siempre logran mantener la información disponible durante las actividades de clase. La flexibilidad cognitiva, crucial para la adaptación y mejora continua, también se presenta de manera inconsistente, lo que sugiere la necesidad de fortalecer estas funciones ejecutivas para mejorar el proceso de aprendizaje y el rendimiento académico.

¿Con qué nivel de constancia promueve usted las siguientes competencias y/o habilidades emocionales en sus estudiantes en el aula de clases?

Figura 5. Competencias y/o habilidades emocionales



Nota. Resultados obtenidos de la encuesta aplicada a docentes de las áreas básicas del 7mo grado paralelo "A" de la Escuela de Educación Básica Municipal "Héroes del Cenepa", elaborado por el investigador.

Análisis e interpretación

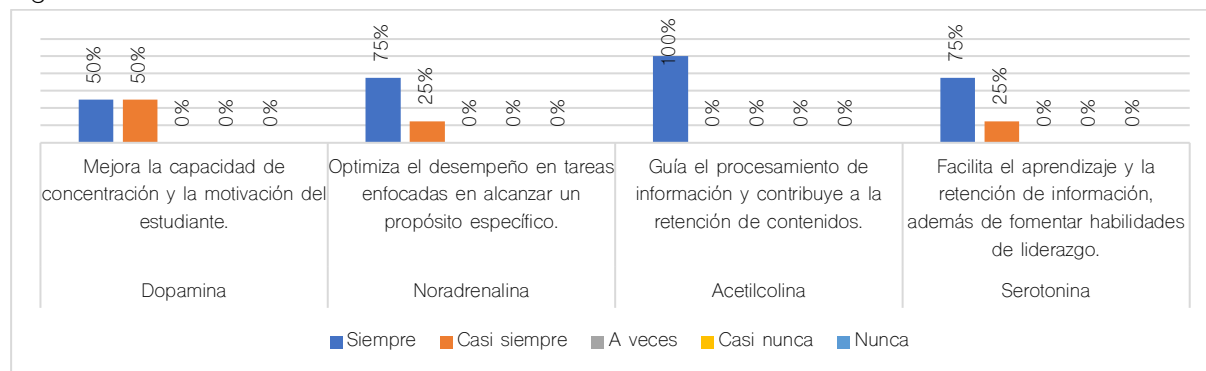
Los datos muestran que un 75% de los docentes siempre promueve diversas destrezas y habilidades emocionales en sus estudiantes, mientras que el 25% lo hace casi siempre, en todas las categorías evaluadas. Estas categorías incluyen la conciencia emocional, regulación emocional, autonomía emocional, competencia emocional, y habilidades para la vida y el bienestar. No se registran respuestas en las opciones de "a veces", "casi nunca" o "nunca", lo que indica una práctica docente uniforme en la promoción de estas habilidades.

La consistencia en la promoción de competencias y habilidades emocionales refleja un enfoque fuerte y sistemático por parte de los docentes hacia el desarrollo emocional integral de sus estudiantes. La alta frecuencia con la que se trabajan estas habilidades sugiere que los docentes reconocen su importancia para el bienestar general y el éxito académico de los estudiantes. Al

centrarse en áreas como la conciencia emocional, la regulación, la autonomía, y la competencia emocional, los docentes están equipando a los estudiantes con herramientas esenciales para manejar sus emociones, relacionarse de manera efectiva con otros, y enfrentar los desafíos de la vida de manera resiliente. Esta atención constante a las habilidades emocionales dentro del aula favorece un ambiente de aprendizaje más saludable y productivo.

5. ¿Con qué frecuencia usted estimula y activa los siguientes neurotransmisores en sus estudiantes para mejorar y fortalecer el proceso de aprendizaje en cada clase?

Figura 6. Neurotransmisores



Nota. Resultados obtenidos de la encuesta aplicada a docentes de las áreas básicas del 7mo grado paralelo "A" de la Escuela de Educación Básica Municipal "Héroes del Cenepa", elaborado por el investigador.

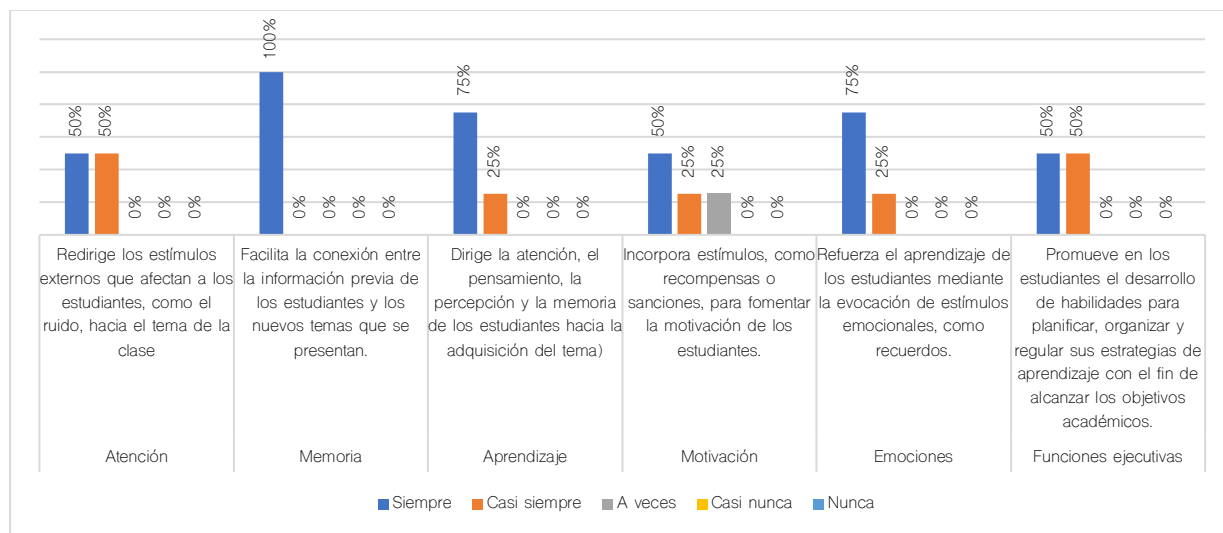
Análisis e interpretación

Los datos revelan que los docentes están enfocados en estimular y activar varios neurotransmisores clave en sus estudiantes para mejorar el proceso de aprendizaje. En cuanto a la dopamina, que mejora la concentración y motivación, el 50% de los docentes la estimulan "siempre", mientras que el otro 50% lo hace "casi siempre". Para la noradrenalina, que optimiza el desempeño en tareas con un propósito específico, el 75% de los docentes la activa "siempre", y el 25% "casi siempre". La acetilcolina, crucial para el procesamiento de información y retención de contenidos, es estimulada "siempre" por el 100% de los docentes. Finalmente, en el caso de la serotonina, que facilita el aprendizaje, la retención de información y fomenta habilidades de liderazgo, el 75% de los docentes la estimulan "siempre" y el 25% "casi siempre".

Los docentes muestran una clara intención de activar neurotransmisores que son fundamentales para fortalecer el proceso de aprendizaje de sus estudiantes. La estimulación constante de la dopamina y la noradrenalina subraya la importancia que los docentes otorgan a la concentración, motivación y desempeño focalizado en sus clases. La estimulación uniforme de la acetilcolina por todos los docentes destaca su relevancia para el procesamiento y retención de información, aspectos esenciales para un aprendizaje efectivo. Además, la activación frecuente de la serotonina pone de manifiesto un enfoque integral que no solo busca la retención de información, sino también el desarrollo de habilidades de liderazgo y bienestar emocional en los estudiantes. Este enfoque neurocientífico en la enseñanza contribuye a un entorno de aprendizaje más dinámico y efectivo, alineado con los procesos cerebrales.

6. ¿Con qué grado de recurrencia fomenta los siguientes procesos y/o dominios cognitivos del cerebro para fortalecer el proceso de aprendizaje de sus estudiantes en el aula?

Figura 7. Procesos y/o dominios cognitivos



Nota. Resultados obtenidos de la encuesta aplicada a docentes de las áreas básicas del 7mo grado paralelo "A" de la Escuela de Educación Básica Municipal "Héroes del Cenepa", elaborado por el investigador.

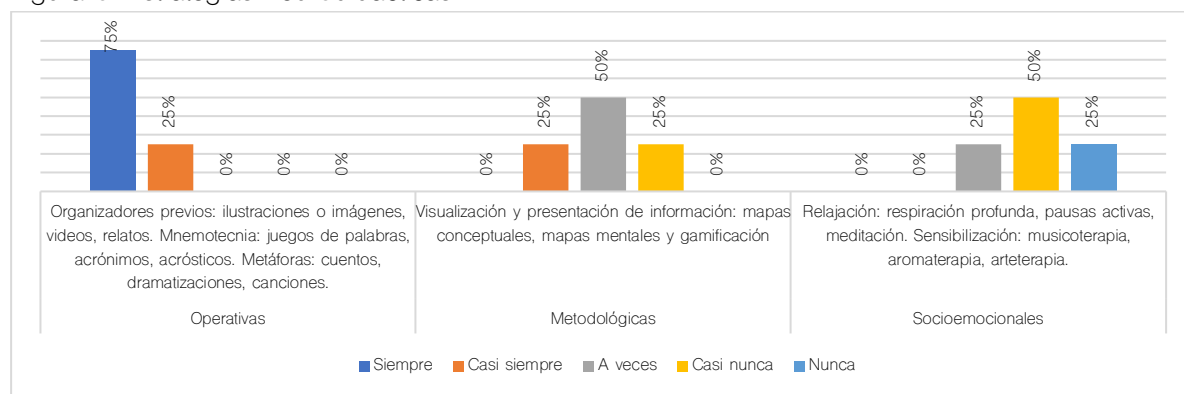
Análisis e interpretación

Los docentes están enfocados en fomentar varios procesos y dominios cognitivos clave en sus estudiantes para fortalecer el proceso de aprendizaje. En cuanto a la atención, que redirige los estímulos externos hacia el tema de la clase, el 50% de los docentes lo hace "siempre" y el otro 50% "casi siempre". En la dimensión de memoria, todos los docentes (100%) facilitan "siempre" la conexión entre la información previa y los nuevos temas. Respecto al aprendizaje, el 75% de los docentes dirige "siempre" la atención, pensamiento, percepción y memoria hacia la adquisición del tema, mientras que el 25% lo hace "casi siempre". La motivación es fomentada "siempre" por el 50% de los docentes, con un 25% que lo hace "casi siempre" y otro 25% "a veces". En cuanto a las emociones, el 75% de los docentes las utilizan "siempre" para reforzar el aprendizaje, y el 25% lo hace "casi siempre". Finalmente, las funciones ejecutivas, esenciales para la planificación y organización, son promovidas "siempre" por el 50% de los docentes y "casi siempre" por el otro 50%.

Los resultados indican un compromiso fuerte por parte de los docentes en fomentar procesos y dominios cognitivos que son fundamentales para el aprendizaje efectivo. La memoria y aprendizaje son las áreas más consistentemente apoyadas, lo que refleja un enfoque integral para conectar conocimientos previos con nuevos contenidos y asegurar que los estudiantes adquieran y retengan la información de manera efectiva. La atención y funciones ejecutivas también reciben un apoyo considerable, lo que es esencial para mantener el enfoque en el aprendizaje y desarrollar habilidades organizativas en los estudiantes. La motivación y las emociones son reconocidas como factores importantes para impulsar el compromiso y reforzar el aprendizaje, aunque hay una ligera variabilidad en su promoción, lo que podría indicar áreas de oportunidad para mejorar. En conjunto, estos resultados sugieren un enfoque docente equilibrado y consciente del papel crucial que juegan los procesos cognitivos en el éxito académico de los estudiantes.

7. ¿Cuáles de las siguientes estrategias basadas en neurociencia, también conocidas como estrategias neurodidácticas, utiliza usted con mayor regularidad para fortalecer el aprendizaje de sus estudiantes?

Figura 8. Estrategias neurodidácticas



Nota. Resultados obtenidos de la encuesta aplicada a docentes de las áreas básicas del 7mo grado paralelo "A" de la Escuela de Educación Básica Municipal "Héroes del Cenepa", elaborado por el investigador.

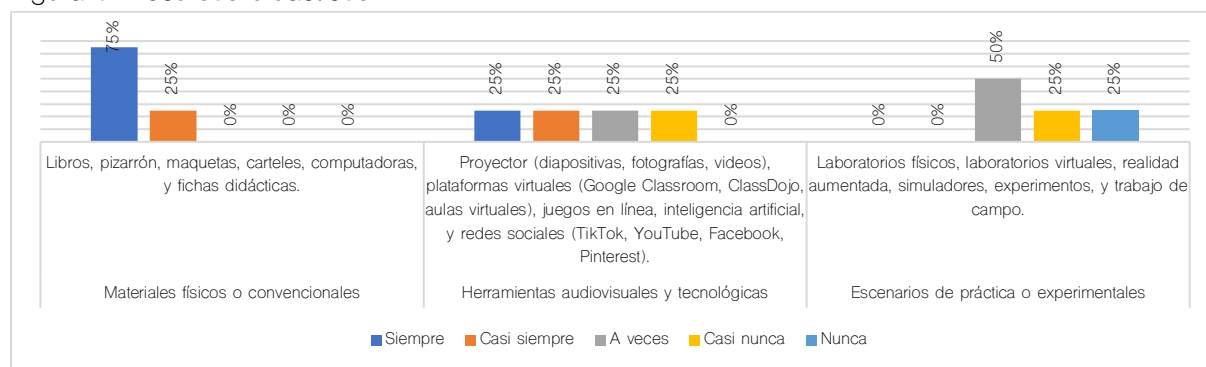
Análisis e interpretación

Los datos indican que las estrategias operativas basadas en neurociencia, como organizadores previos, mnemotecnia y metáforas, son utilizadas "siempre" por el 75% de los docentes y "casi siempre" por el 25%. En contraste, las estrategias metodológicas, que incluyen la visualización y presentación de información mediante mapas conceptuales, mapas mentales y gamificación, son utilizadas "casi siempre" por el 25% de los docentes, "a veces" por el 50%, y "casi nunca" por el 25%. Las estrategias socioemocionales, como la relajación y sensibilización, son menos frecuentes; el 50% de los docentes las emplea "a veces", el 25% "casi nunca", y el 25% "nunca".

El predominio de las estrategias operativas refleja una inclinación fuerte por parte de los docentes hacia técnicas que facilitan la comprensión y retención de información a través de imágenes, juegos de palabras, cuentos, y dramatizaciones. Estas estrategias parecen ser efectivas para captar la atención y mejorar la memorización de los estudiantes. Por otro lado, las estrategias metodológicas muestran una variabilidad en su uso, lo que podría sugerir desafíos en su implementación o una percepción de que su eficacia varía según el contexto. Esto indica una oportunidad para explorar su potencial más a fondo o adaptar su uso a las necesidades de los estudiantes. Las estrategias socioemocionales son las menos utilizadas, lo cual podría estar relacionado con la falta de tiempo o recursos para implementar técnicas como la meditación o la arteterapia en el aula. No obstante, dado el papel crucial que juegan las emociones en el aprendizaje, un aumento en la adopción de estas estrategias podría fortalecer aún más el proceso de aprendizaje.

8. ¿Con qué constancia utiliza usted en su práctica los siguientes recursos didácticos para potenciar el aprendizaje de sus estudiantes?

Figura 9. Recursos didácticos



Nota. Resultados obtenidos de la encuesta aplicada a docentes de las áreas básicas del 7mo grado paralelo "A" de la Escuela de Educación Básica Municipal "Héroes del Cenepa", elaborado por el investigador.

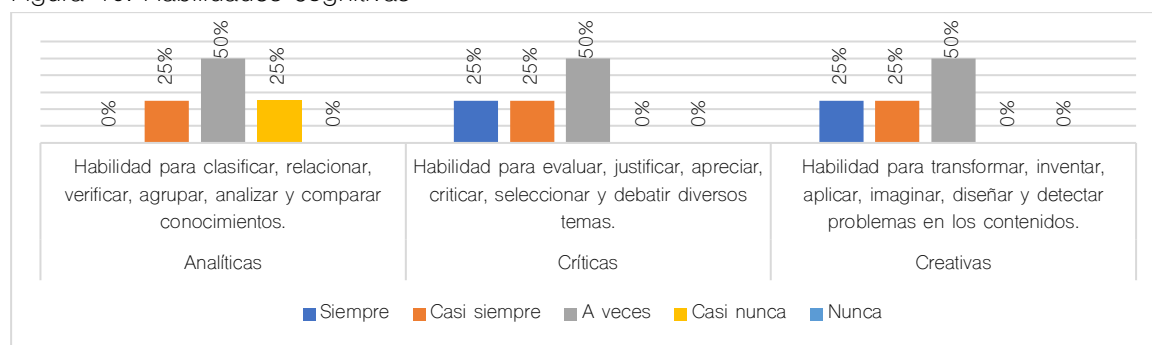
Análisis e interpretación

Los datos muestran que los materiales físicos o convencionales son los recursos didácticos más utilizados por los docentes, con un 75% que los emplea "siempre" y un 25% que los utiliza "casi siempre". Las herramientas audiovisuales y tecnológicas tienen una distribución de uso más equilibrada, con un 25% de los docentes que las utilizan en cada una de las frecuencias: "siempre", "casi siempre", "a veces", y "casi nunca". Los escenarios de práctica o experimentales son los menos empleados, con un 50% de los docentes que los utilizan "a veces", un 25% que los usa "casi nunca", y otro 25% que no los utiliza "nunca".

La preferencia por los materiales físicos o convencionales sugiere que los docentes confían en recursos tradicionales y tangibles para apoyar el proceso de aprendizaje. Esto podría deberse a su accesibilidad y familiaridad, tanto para los docentes como para los estudiantes. Sin embargo, la variabilidad en el uso de herramientas audiovisuales y tecnológicas refleja un enfoque mixto en la integración de la tecnología en la educación. Esto podría estar influenciado por factores como la disponibilidad de recursos tecnológicos, la formación docente en el uso de estas herramientas, o la percepción de su efectividad. Por último, la menor frecuencia en el uso de escenarios de práctica o experimentales destaca un área de oportunidad para fomentar un aprendizaje más interactivo y aplicado. La implementación de laboratorios, simuladores, y trabajos de campo puede enriquecer la experiencia educativa y fortalecer las habilidades prácticas de los estudiantes.

9. ¿Con qué frecuencia los estudiantes son capaces de demostrar habilidades cognitivas analíticas (clasificar, analizar, comparar), críticas (evaluar, justificar, criticar) y creativas (inventar, diseñar, imaginar) en el aula?

Figura 10. Habilidades cognitivas



Nota. Resultados obtenidos de la encuesta aplicada a docentes de las áreas básicas del 7mo grado paralelo "A" de la Escuela de Educación Básica Municipal "Héroes del Cenepa", elaborado por el investigador.

Análisis e interpretación

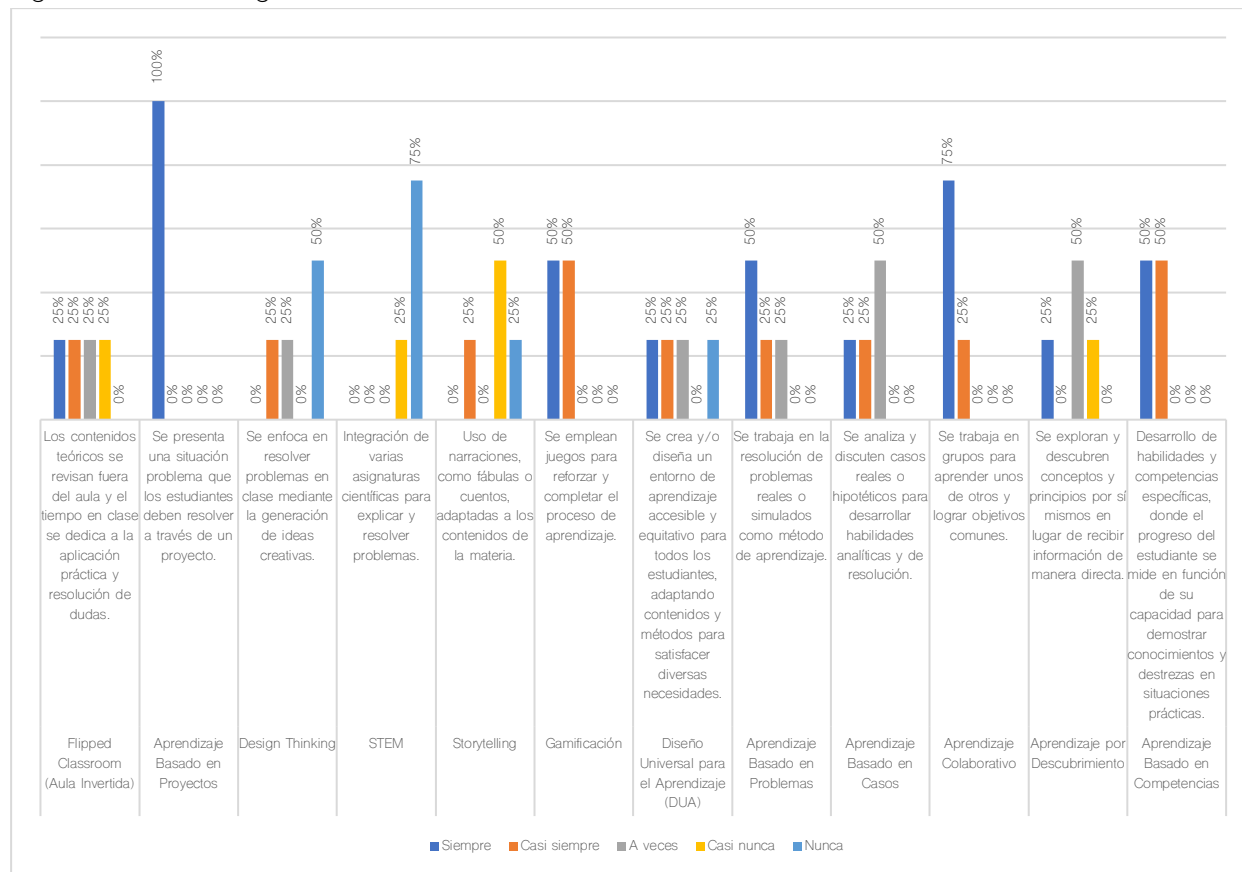
Los resultados reflejan que las habilidades cognitivas analíticas, críticas y creativas de los estudiantes son demostradas en el aula con variabilidad en su frecuencia. Para las habilidades analíticas, el 50% de los docentes observan que los estudiantes "a veces" logran clasificar, analizar, y comparar conocimientos, mientras que el 25% señala que esto ocurre "casi siempre" o "casi nunca". En cuanto a las habilidades críticas, el 50% de los docentes también reporta que los estudiantes "a veces" son capaces de evaluar, justificar y debatir temas, y otro 25% indica que esto sucede "siempre" o "casi siempre". Similarmente, las habilidades creativas como imaginar y diseñar son demostradas "a veces" por los estudiantes según el 50% de los docentes, mientras que el 25% de ellos afirma que estas habilidades se exhiben "siempre" o "casi siempre".

Estos resultados sugieren que, aunque los estudiantes muestran capacidades en habilidades cognitivas analíticas, críticas y creativas, aún existe una considerable variabilidad en cómo y con qué frecuencia se manifiestan estas habilidades en el aula. La presencia intermitente de estas habilidades podría indicar la necesidad de reforzar estrategias pedagógicas que promuevan consistentemente

estos tipos de pensamiento. Al integrar de manera más sistemática prácticas educativas basadas en neurociencia, se podría fomentar un entorno más propicio para el desarrollo continuo de estas habilidades, permitiendo a los estudiantes aplicarlas de manera más frecuente y efectiva en todas las áreas del conocimiento.

10. ¿Con qué periodicidad incorpora usted las siguientes actividades o técnicas que estimulan la neuroplasticidad en los estudiantes en el salón de clases?

Figura 11. Metodologías



Nota. Resultados obtenidos de la encuesta aplicada a docentes de las áreas básicas del 7mo grado paralelo "A" de la Escuela de Educación Básica Municipal "Héroes del Cenepa", elaborado por el investigador.

Análisis e interpretación

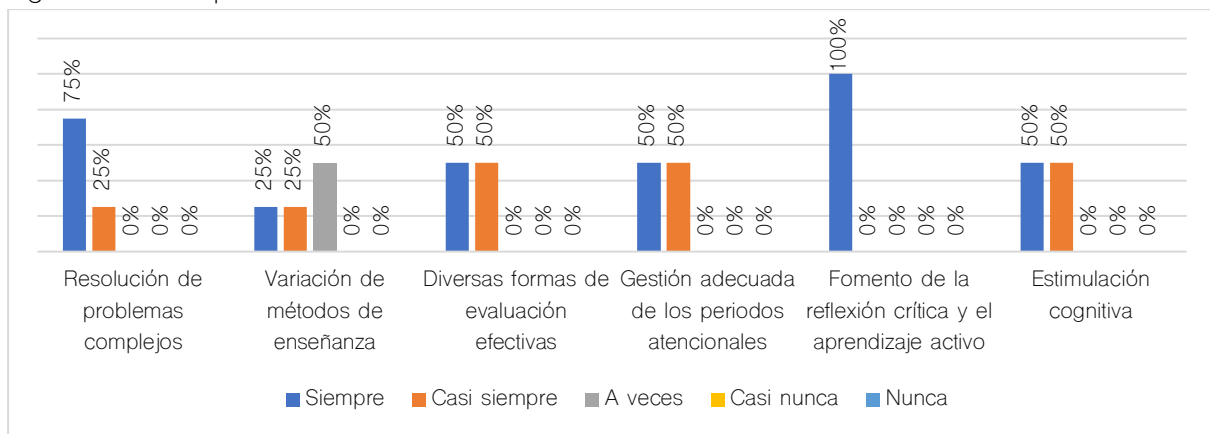
Los resultados muestran que el Aprendizaje Basado en Proyectos es la metodología más utilizada, con un 100% de los docentes aplicándola siempre. Le sigue la Gamificación, utilizada por un 50% de los docentes siempre y un 50% casi siempre. El Aprendizaje Basado en Competencias también destaca, con un 50% de los docentes que lo emplean siempre y un 50% casi siempre. El Aprendizaje Colaborativo es otra metodología preferida, con un 75% de los docentes que la aplican siempre y un 25% casi siempre. Flipped Classroom tiene una distribución equitativa, con un 25% de uso en cada una de las categorías (siempre, casi siempre, a veces, y casi nunca). El Aprendizaje Basado en Problemas es utilizado siempre por un 50% de los docentes y casi siempre por un 25%, mientras que un 25% lo aplica a veces. El Aprendizaje Basado en Casos y el Aprendizaje por Descubrimiento presentan un uso variado, con un 50% de los docentes que a veces los emplean, un 25% que siempre lo hacen, y un 25% casi nunca. Por otro lado, el Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA) muestra una distribución equitativa entre las categorías, con un 25% de uso en siempre, casi siempre, a veces, y nunca. En cuanto a Design Thinking, un 25% lo utiliza casi siempre o a veces, mientras que el 50% nunca lo emplea. Storytelling tiene un uso bajo, con un 25% de

uso casi siempre y un 50% casi nunca. Finalmente, STEM es la metodología menos utilizada, con un 75% de los docentes que nunca la aplican y un 25% casi nunca.

Se evidencia una fuerte preferencia por metodologías que implican la participación activa de los estudiantes, como el Aprendizaje Basado en Proyectos y la Gamificación. Sin embargo, la variabilidad en la aplicación de otras metodologías, como Flipped Classroom y Design Thinking, indica que podría haber oportunidades para una mayor integración de enfoques innovadores que fomenten el aprendizaje profundo y significativo. Además, la baja adopción de STEM sugiere la necesidad de mayor apoyo en la implementación de estas metodologías que integran diversas disciplinas científicas, lo cual es crucial para preparar a los estudiantes para los desafíos del siglo XXI.

11. ¿Qué tipo de actividades o técnicas que estimulen la neuroplasticidad en los estudiantes usted incorpora en el salón de clases?

Figura 12. Neuroplasticidad



Nota. Resultados obtenidos de la encuesta aplicada a docentes de las áreas básicas del 7mo grado paralelo "A" de la Escuela de Educación Básica Municipal "Héroes del Cenepa", elaborado por el investigador.

Análisis e interpretación

Las actividades y técnicas para estimular la neuroplasticidad en el salón de clases se distribuyen de la siguiente manera: el 100% de los encuestados incorporan de forma consistente el fomento de la reflexión crítica y el aprendizaje activo, destacando como la técnica más frecuente y valorada en su práctica. La resolución de problemas complejos también es común, con un 75% utilizándola siempre y un 25% casi siempre. Las técnicas relacionadas con la variación de métodos de enseñanza, diversas formas de evaluación efectivas, gestión adecuada de los periodos atencionales y estimulación cognitiva tienen una frecuencia más variada, con un 50% de los encuestados usándolas siempre y el restante 50% casi siempre o a veces.

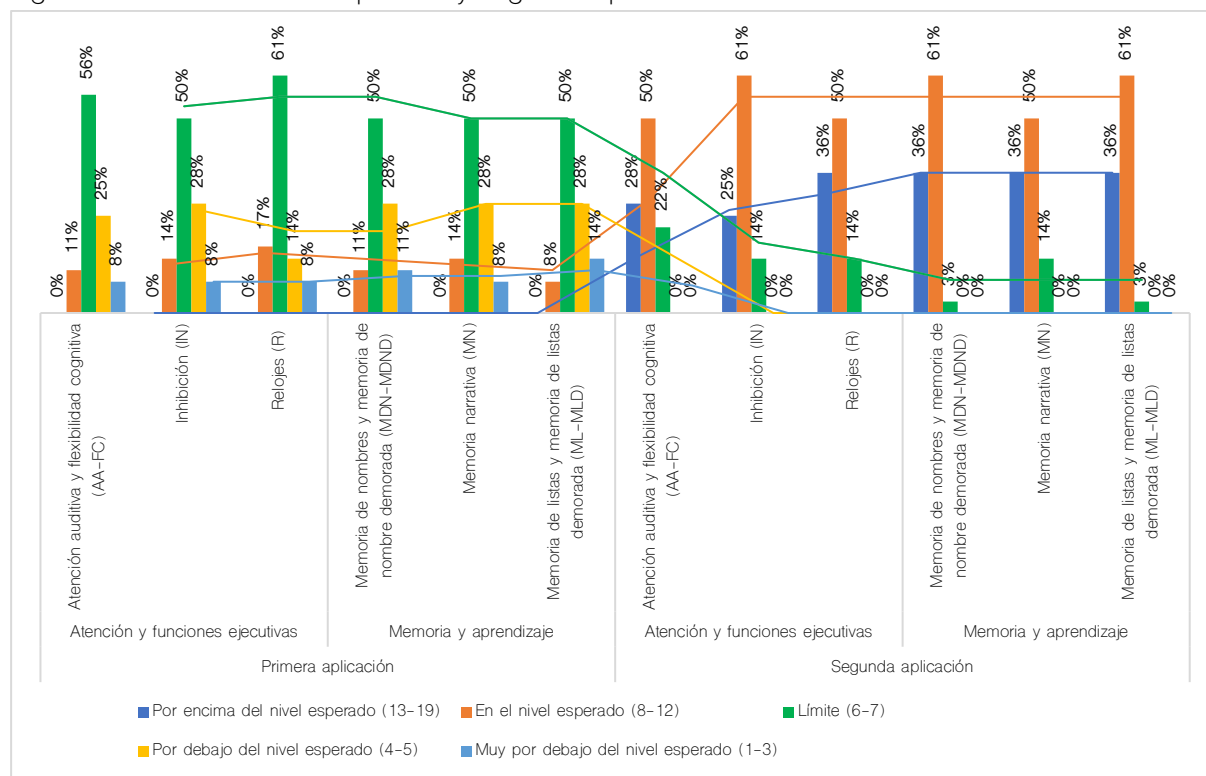
El alto uso del fomento de la reflexión crítica y el aprendizaje activo sugiere que los docentes valoran la importancia de involucrar a los estudiantes en procesos de pensamiento profundo y participativo. La resolución de problemas complejos también juega un papel importante en la estimulación de la neuroplasticidad, indicando una preferencia por actividades que desafían y desarrollan las capacidades cognitivas de los estudiantes. La variabilidad en la aplicación de técnicas como la variación de métodos de enseñanza y la gestión de periodos atencionales refleja una flexibilidad en la práctica docente, adaptándose a diferentes contextos y necesidades de los estudiantes. La presencia equitativa de métodos en la estimulación cognitiva y diversas formas de evaluación efectivas muestra un compromiso con la diversificación y la adaptación de estrategias para fortalecer el aprendizaje.

3.3. Resultados del pretest-postest

En este apartado, se analizan los resultados obtenidos tras la primera y segunda aplicación de la Batería Neuroeducativa NEPSY II, la cual permitió evaluar diversos dominios cognitivos en los

estudiantes. Estos resultados, presentados en la tabla y gráficos adjuntos, permiten observar y comparar el impacto de la guía de estrategias didácticas fundamentadas en neurociencia, aplicadas en el aula durante el período de estudio. Esta comparación busca determinar la efectividad de dichas estrategias en el proceso de aprendizaje.

Figura 13. Resultados de la primera y segunda aplicación de la NEPSY II



Nota. Gráfico comparativo de la preprueba y posprueba aplicada a los estudiantes del 7mo grado paralelo "A" de la Escuela de Educación Básica Municipal "Héroes del Cenepa", elaborado por el investigador.

Análisis e interpretación de resultados

En la primera aplicación del diagnóstico en el dominio de "Atención y funciones ejecutivas", los resultados indicaron que una proporción significativa de estudiantes se encontraba en el nivel "Límite" para las tres pruebas aplicadas: Atención auditiva y flexibilidad cognitiva (AA-FC) con un 56%, Inhibición (IN) con un 50%, y Relojes (R) con un 61%. Un porcentaje considerable de estudiantes también se encontraba "Por debajo del nivel esperado", con un 25% en AA-FC, 28% en IN, y 14% en R. Además, una pequeña fracción de estudiantes se ubicó "Muy por debajo del nivel esperado" en todas las pruebas (8%). No se registró ningún estudiante en la categoría de "Por encima del nivel esperado" en esta primera aplicación.

En la segunda aplicación, hubo mejoras notables en el rendimiento de los estudiantes. En AA-FC, el 28% de los estudiantes alcanzó el nivel "Por encima del nivel esperado", mientras que, en IN y R, un 25% y 36% respectivamente también lo hicieron. Además, el porcentaje de estudiantes en el nivel "Límite" disminuyó considerablemente, quedando solo un 22% en AA-FC, 14% en IN, y 14% en R. Los niveles "Por debajo del nivel esperado" y "Muy por debajo del nivel esperado" desaparecieron en la segunda aplicación, lo que indica una mejora general en la atención y las funciones ejecutivas.

En cuanto al dominio de "Memoria y aprendizaje", la primera aplicación mostró que el 50% de los estudiantes se encontraba en el nivel "Límite" en todas las pruebas: Memoria de nombres y memoria de nombre demorada (MDN-MDND), Memoria narrativa (MN), y Memoria de listas y memoria de listas demorada (ML-MLD). Además, un 28% estaba "Por debajo del nivel esperado", y entre un

8% y 14% estaba "Muy por debajo del nivel esperado". No se registraron estudiantes "Por encima del nivel esperado".

En la segunda aplicación, los resultados fueron mucho más positivos. Un 36% de los estudiantes alcanzó el nivel "Por encima del nivel esperado" en todas las pruebas, mientras que el 61% se situó "En el nivel esperado". El nivel "Límite" se redujo drásticamente, quedando solo un 3% de los estudiantes en esta categoría para MDN-MDND y MLD-MLD. Los niveles "Por debajo del nivel esperado" y "Muy por debajo del nivel esperado" desaparecieron en esta segunda medición.

Los resultados de la segunda aplicación de la posprueba han demostrado que la guía de estrategias basada en neurociencia es altamente efectiva en el fortalecimiento del proceso de aprendizaje de los estudiantes, especialmente en sus dominios cognitivos como la atención, las funciones ejecutivas, la memoria y el aprendizaje. Al enfocarse en estos aspectos, la neurociencia no solo ha potenciado el desarrollo de estudiantes con pensamiento crítico, sino también de seres holísticos capaces de enfrentar desafíos de manera integral. Además, esta guía ha contribuido significativamente al desarrollo de habilidades emocionales, neuroplasticidad y la activación de neurotransmisores, elementos clave para un aprendizaje efectivo y profundo. Considerar la neurociencia en la educación representa un avance crucial para la educación, permitiendo un enfoque interdisciplinario que impacta positivamente en las áreas básicas como Matemáticas, Lengua y Literatura, Ciencias Naturales y Estudios Sociales.

4. Discusión

En la actualidad, la relevancia de la neurociencia reside en su potencial para convertirse en una herramienta que facilite el proceso de aprendizaje. En otras palabras, cuanto más se comprenda el desarrollo y funcionamiento del cerebro humano, más se podrán emplear esos conocimientos para anticipar comportamientos, guiar la toma de decisiones y llevar a cabo otras acciones, como diseñar estrategias educativas más efectivas que fortalezcan las habilidades cognitivas en los discentes.

De acuerdo con García (2020), expone que:

La neurociencia ha mostrado a través de investigaciones, que hay muchas mejoras por hacer en cuanto a metodologías y estrategias pedagógicas para alcanzar el proceso enseñanza-aprendizaje de manera significativa obteniendo así mejores resultados en el momento de la adquisición, retención y aplicación del aprendizaje por parte del educando. A la vez, la neurociencia nos explica cómo aprende el cerebro y la estimulación al desarrollo cerebral en el ámbito escolar. (p.37)

La neurociencia ha realizado contribuciones significativas al entendimiento del desarrollo integral del ser humano y su creciente integración en la sociedad. Es importante recordar que el ser humano es inherentemente social, y necesita interactuar con el medio que lo rodea a través de sus sentidos, emociones y habilidades (Ferreira y Gómez, 2019).

Según Lolomo (2022), "el alumnado utiliza y desarrolla los procesos de memorización, atención, control inhibitorio, flexibilidad cognitiva..., pero en muchas ocasiones no es consciente de ello" (p. 148). Se ha observado que la implementación de actividades basadas en neurociencia que estimulan funciones ejecutivas, aprendizaje, memoria y atención genera un notable interés y curiosidad en los estudiantes.

Por otro lado, el proceso de aprendizaje es un ciclo dinámico en el cual una persona adquiere, comprende, y aplica nuevos conocimientos, habilidades o actitudes. Este proceso implica la interacción entre la información recibida, la práctica activa, y la reflexión sobre lo aprendido, lo que permite internalizar y adaptar lo nuevo a situaciones diversas.

Como indica Bernabéu (2017):

Los mecanismos atencionales y de memoria son las principales funciones neuropsicológicas que sostienen los procesos de aprendizaje, y su funcionamiento debe ser objeto central de estudio en el área de la Neurociencia. La aplicación de estrategias y metodologías

adecuadas, basadas en el conocimiento de los sistemas neurales y procesos implicados en estas funciones permite favorecer y mejorar la adquisición de conocimientos en el entorno académico. (p. 16)

El proceso de aprendizaje involucra tanto al cuerpo como al cerebro, siendo este último una central receptora de estímulos. Su función principal es seleccionar, priorizar y procesar la información, registrar y evocar recuerdos, emitir respuestas motoras, consolidar habilidades, entre muchas otras funciones (Restrepo y Calvachi, 2021).

El proceso de aprender requiere una actitud favorable y la aplicación de estrategias adecuadas. Esta actitud implica considerar aspectos clave como la motivación, la atención, la memoria, la neuroplasticidad y las funciones ejecutivas (Fuente et al., 2023). Estos factores no solo contribuyen a establecer objetivos de aprendizaje, sino que también influyen en la forma en que el estudiante concibe el aprendizaje y cómo lo aborda.

Partiendo de este contexto, en el presente estudio se planteó como Objetivo general: Determinar la incidencia de la Neurociencia en el proceso de aprendizaje de los estudiantes del 7mo grado, de la Escuela de Educación Básica Municipal "Héroes del Cenepa" de la ciudad de Loja, periodo académico 2023-2024. Para alcanzar este objetivo, se definieron tres objetivos específicos, que sustentan la presente discusión al contrastarlos con los resultados obtenidos y la bibliografía consultada.

Para dar respuesta al primer objetivo específico, que consiste en: Identificar los principales factores que afectan el proceso de aprendizaje de los estudiantes de 7mo grado en la Escuela de Educación Básica Municipal 'Héroes del Cenepa, se cumplió a través del análisis de los datos obtenidos de la ficha de observación, la encuesta aplicada a los docentes, y la evaluación diagnóstica a los estudiantes con la NEPSY II (pretest).

Los resultados obtenidos a partir de la ficha de observación aplicada en las clases de asignaturas básicas, reveló una problemática generalizada en el proceso de aprendizaje. Aunque se identificaron fortalezas específicas, como la curiosidad en Ciencias Naturales y el desempeño en memoria y evaluación en Matemáticas y Lengua, se observaron niveles bajos en áreas críticas como la atención, las emociones, la metodología y la planificación didáctica.

Márquez y Villaescusa (2020), exponen que es fundamental que los contenidos de las asignaturas sean claros y faciliten la participación activa, que se implementen mecanismos efectivos para el seguimiento y acompañamiento, y que se promueva el aprendizaje autónomo, asegurando así que los estudiantes puedan desarrollar plenamente sus habilidades y conocimientos.

Por otro lado, la encuesta aplicada a los docentes, revelaron los siguientes factores que afecta el proceso de aprendizaje de los estudiantes, a continuación, se detallan los resultados:

Los mismos, indican que las habilidades cognitivas de los estudiantes presentan una variabilidad significativa en su desarrollo. En habilidades analíticas, críticas y creativas, los estudiantes tienden a mostrar estas capacidades de manera irregular, lo que sugiere que hay una falta de consistencia en su desempeño. Esto podría reflejar la necesidad de estrategias más efectivas y sistemáticas para fortalecer estas habilidades. La variabilidad en las observaciones de los docentes sobre la frecuencia con la que los estudiantes demuestran estas habilidades sugiere que se requieren intervenciones más centradas y consistentes para mejorar la competencia cognitiva general de los estudiantes.

En línea con los resultados expuestos, podemos considerar diversos factores que afectan tanto el aprendizaje como la convivencia. Entre estos, las expectativas del profesorado juegan un papel crucial. La percepción que los docentes tienen de las capacidades de sus estudiantes puede influir notablemente en su desempeño y en cómo se ven a sí mismos como aprendices. Como indica Ferrer (2022):

La diversidad en el aula se explica por la singularidad de cada individuo. Cada cerebro es singular y eso genera diferencias en cuanto a ritmos, procesos, necesidades, motivaciones, capacidades,

etc. El conocimiento de las diferencias que existen entre los cerebros de un grupo-clase nos permite utilizar los mejores recursos en cada caso para potenciar la neuroplasticidad y mejorar sus procesos de aprendizaje. (p.10)

De acuerdo, a los datos obtenidos en el pretest aplicado a los estudiantes mediante la NEPSY II, para conocer y/o diagnosticar en que dominios cognitivos presentaban inconvenientes, los resultados revelaron lo siguiente:

De estos resultados se puede deducir que los estudiantes tienen dificultades significativas en áreas clave de atención, funciones ejecutivas, memoria y aprendizaje. La alta proporción de estudiantes en el nivel "Límite" en pruebas relacionadas con la atención, la inhibición y la flexibilidad cognitiva sugiere que estas funciones están comprometidas y requieren atención. La presencia de un porcentaje considerable de estudiantes por debajo del nivel esperado en memoria y aprendizaje también indica problemas en la retención y el procesamiento de información. En conjunto, estos resultados destacan la necesidad de implementar estrategias de apoyo y desarrollo en estas áreas para mejorar el rendimiento y las habilidades cognitivas de los estudiantes.

Los procesos de aprendizaje están estrechamente vinculados a los dominios cognitivos de atención, funciones ejecutivas y memoria de los estudiantes. Tal como manifiesta el Ministerio de Educación (2022), para mejorar la recuperación del aprendizaje, es crucial que los docentes se enfoquen en identificar y gestionar el desenvolvimiento académico, fomentar el autoconocimiento y la resolución de conflictos, así como en detectar riesgos y señales de pérdida o incertidumbre. Además, es importante promover la comunicación asertiva, la cooperación, el diálogo respetuoso, el trabajo en equipo y el desarrollo de un proyecto de vida equilibrado y armónico.

Los resultados obtenidos a partir de la ficha de observación, la encuesta a docentes y la evaluación diagnóstica revela varios factores críticos que afectan el proceso de aprendizaje de los estudiantes. La observación en el aula y los datos de la encuesta indican deficiencias significativas en áreas como la atención y la planificación didáctica, lo que compromete la eficacia del aprendizaje. Los estudiantes muestran dificultades en la memoria activa y en la aplicación de conocimientos, evidenciado por las variaciones en su capacidad para retener y utilizar información de manera efectiva. Adicionalmente, la evaluación diagnóstica resalta problemas en la memoria y el aprendizaje, con un número considerable de estudiantes ubicados en niveles "Límite" en pruebas relacionadas con la memoria y funciones ejecutivas. La dependencia de recursos didácticos convencionales y la limitada utilización de herramientas tecnológicas y escenarios prácticos también contribuyen a las dificultades observadas.

Estos resultados tienen similitud con lo estipulado por Vera et al. (2023), en su estudio titulado "Revisión Teórica de los Aspectos Fundamentales que Influyen en el Aprendizaje", donde se explica lo siguiente:

El aprendizaje está influenciado por múltiples factores, entre ellos la motivación, las estrategias de estudio, la memoria y la atención, que resultan esenciales en el entorno educativo. Las habilidades cognitivas, como el razonamiento y la resolución de problemas, determinan cómo los estudiantes procesan y retienen la información, afectando directamente su desempeño académico.

El docente cumple un rol clave al facilitar el conocimiento, estructurar la información de forma clara y evaluar el progreso estudiantil. Además, un ambiente de aprendizaje positivo, con recursos adecuados y metodologías dinámicas, favorece la participación y concentración. Estrategias como actividades prácticas, debates y la conexión del contenido con las situaciones reales pueden estimular la atención y mejorar comprensión. (pp. 10738-10739)

Con relación al segundo objetivo específico: Planificar y ejecutar una propuesta alternativa utilizando estrategias basadas en la neurociencia para fortalecer el proceso de aprendizaje de los estudiantes de 7mo grado de EGB de la Escuela de Educación Básica Municipal "Héroes del Cenepa". Se logró cumplir este objetivo mediante el diseño de una guía didáctica basada en estrategias neurodidácticas.

Esta guía se elaboró en función de las necesidades identificadas en los estudiantes, según la ficha de observación. En el presente trabajo de investigación, se desarrolló la propuesta titulada "NeuroLink: La neurociencia al alcance de un clic", que incluye 16 bloques dinámicos que destacan el uso de estrategias neurodidácticas, además, incorpora retos y técnicas diseñadas para promover habilidades cognitivas, estimular neurotransmisores y ofrecer alternativas de estudio que fortalezcan las funciones ejecutivas, la atención, la memoria y la neuroplasticidad, con el objetivo de optimizar el proceso de aprendizaje.

En palabras de Muchiut et al. (2024):

Es importante que los educadores sean creativos y flexibles al incorporar actividades que estimulen las funciones ejecutivas en sus aulas. Hay muchas maneras de hacerlo, y la mejor manera dependerá de las necesidades específicas de los estudiantes y del contexto de la clase. (p. 160)

Expertos en educación, innovación, y desarrollo tecnológico, social, y científico han señalado durante mucho tiempo que la educación debe enfocarse en potenciar aquellos aspectos que nos distinguen de las máquinas, lo que nos hace esencialmente más humanos: la complejidad de nuestro cerebro, la capacidad de conectar con otros, la resiliencia, el autoaprendizaje, la curiosidad, y el "grit-una combinación de pasión y perseverancia" (Montesinos, 2024)

La guía didáctica "NeuroLink: La neurociencia al alcance de un clic" está basada en los principios de la neurociencia y se estructura siguiendo un plan de clase. Su enfoque se centra en la implementación de estrategias neurodidácticas, así como en la utilización de materiales y recursos seleccionados para hacer que el aprendizaje de diversas asignaturas sea más dinámico y atractivo. Esta guía se sustenta en la idea de que el aprendizaje se optimiza cuando se involucran múltiples sentidos, emociones y estímulos, dado que cada estudiante posee un cerebro único y, por ende, diferentes formas de aprender. Al incluir elementos que activen neurotransmisores, fomenten la neuroplasticidad y fortalezcan las funciones ejecutivas, el proceso de aprendizaje se puede adaptar para atender mejor las necesidades de atención, motivación y memoria de los estudiantes.

Los resultados expuestos se comparan con los de Sagñay (2024), en su artículo de investigación "La neurodidáctica y su impacto en el desarrollo infantil", quién menciona lo siguiente:

Los resultados de esta investigación destacan la importancia de adoptar enfoques más innovadores y basados en el conocimiento neurocientífico para mejorar la enseñanza y el desarrollo infantil. Las estrategias neurodidácticas, especialmente aquellas que integran múltiples sentidos, no solo fomentan el aprendizaje académico, sino que también fortalecen el desarrollo socioemocional y motor. Esto resalta la necesidad de replantear los enfoques tradicionales en la educación, especialmente en los primeros años de vida, cuando el cerebro es más receptivo a nuevas experiencias. (pág. 95)

Finalmente, se determinó el tercer objetivo específico, que se orientó en: Evaluar el impacto de las estrategias basadas en la neurociencia en el proceso de aprendizaje de los estudiantes de 7mo grado de EGB de la Escuela de Educación Básica Municipal "Héroes del Cenepa". Al concluir la implementación de la propuesta, se llevó a cabo una segunda evaluación (postest). Los resultados de esta evaluación fueron organizados en un cuadro comparativo acompañado de un gráfico, lo que facilitó la visualización de las mejoras respecto a los resultados obtenidos en la primera evaluación.

Estos datos representan la evidencia definitiva sobre la eficacia de la propuesta "NeuroLink: La neurociencia al alcance de un clic" poniendo en manifiesto mejorías considerables en los dominios cognitivos, respaldando así la afirmación de que la aplicación eficaz de la neurociencia incide de manera significativa en el fortalecimiento del proceso de aprendizaje.

Diversos estudios han demostrado que se puede estimular la forma en que el cerebro aprende dentro del aula mediante la implementación de actividades y estrategias neurodidácticas, tales como juegos digitales, actividades lúdicas y ejercicios artísticos y de relajación. Estos estudios, que

incluyeron muestras de niños y niñas de 7 a 12 años de diferentes niveles socioeconómicos, revelaron resultados similares. Los programas de intervención basados en neurociencia, que incorporan juegos digitales, actividades recreativas y técnicas de relajación, demostraron ser efectivos en la mejora de las funciones ejecutivas y el proceso de aprendizaje de los participantes, evidenciando avances significativos en habilidades como la atención, la memoria de trabajo, la flexibilidad cognitiva y el control inhibitorio (Oh et al., 2024).

La intervención propuesta adopta una perspectiva holística de la neurodidáctica, donde los docentes, integrando sus espacios curriculares y programas educativos del ciclo escolar, trabajaron para optimizar el proceso de aprendizaje. Los estudios indicaron que estas estrategias tienen efectos positivos en los resultados educativos. Este enfoque no se basa en un número fijo de sesiones, sino que se desarrolla y ajusta según las necesidades del aula, creando estrategias personalizadas para un grupo de estudiantes con características cognitivas diversas (Parrado, 2024).

Estos resultados comprueban lo expuesto en el estudio denominado “Neurociencia y su aporte determinante en educación”, realizado por Arana et al. (2023), donde se argumenta que:

La neuroeducación o neurociencia educativa, aunque no es por sí sola una solución educativa, no es una metodología, ni receta mágica para solucionar problemas en educación, sin embargo, su aporte no deja de ser relevante porque permite entender de mejor forma el proceso de aprendizaje. (pág. 451)

De igual manera, se corrobora con el estudio de Monserrate et al. (2024), titulado: “El Impacto de las Estrategias de Neuroeducación en el Rendimiento Académico: Un Enfoque Interdisciplinario para la Optimización del Aprendizaje”, mediante el cual se da a conocer lo siguiente:

Los hallazgos obtenidos sugieren que las estrategias de neuroeducación, al basarse en los conocimientos sobre el funcionamiento del cerebro, tienen el potencial de mejorar la motivación, el engagement y la satisfacción de los estudiantes. Sin embargo, es fundamental reconocer que la efectividad de estas estrategias depende de diversos factores, como la calidad de la implementación, las características individuales de los estudiantes y el contexto educativo en el que se aplican. (pág. 6362)

Se confirma el impacto positivo de la propuesta alternativa en el proceso de aprendizaje de los estudiantes. Los refuerzos académicos ofrecidos les proporcionaron una comprensión más profunda de cómo funciona su cerebro, qué aspectos lo motivan, emocionan y captan su atención, y cómo pueden desarrollar sus funciones ejecutivas de manera efectiva.

Se sostiene que, tras una exhaustiva investigación, se alcanzó satisfactoriamente el objetivo general, cumpliendo cada uno de los objetivos específicos. La implementación de diversas estrategias basadas en la neurociencia fortaleció el proceso de aprendizaje y redujo los inconvenientes en las asignaturas dentro del aula, generando una notable mejora en el desempeño académico de los estudiantes y contribuyendo positivamente a su desarrollo educativo.

5. Conclusión

El Tras examinar los resultados obtenidos y considerar los objetivos establecidos en este trabajo de investigación, se concluye que:

El proceso de aprendizaje es esencial para el desarrollo integral, pero los datos obtenidos mediante los instrumentos aplicados revelan factores que afectan negativamente la atención, las funciones ejecutivas, y la retención y aplicación de conocimientos. Estos resultados evidencian deficiencias significativas, con varios estudiantes en niveles “límite” en diversos dominios cognitivos. Además, la dependencia de métodos tradicionales y la falta de estrategias que fomenten la neuroplasticidad y la adecuada estimulación de neurotransmisores agravan estos problemas.

Para abordar los problemas identificados en el proceso de aprendizaje, se planificó y ejecutó la propuesta NeuroLink: "La neurociencia al alcance de un clic". Esta guía didáctica emplea estrategias basadas en neurociencia para hacer el aprendizaje más dinámico, activando neurotransmisores, fomentando la neuroplasticidad y adaptando el proceso educativo a las necesidades individuales de los estudiantes.

Ejecutada la propuesta, se realizó una segunda evaluación que reveló mejoras significativas en los dominios cognitivos de atención, funciones ejecutivas, memoria y aprendizaje. Estos resultados confirmaron la eficacia de aplicar neurociencia en el proceso de aprendizaje, mostrando que las estrategias neurodidácticas e innovadoras son efectivas para desarrollar habilidades cognitivas y emocionales, activar transmisores neuronales esenciales y estimular la neurogénesis en los estudiantes.

Referencias

- Arana, R., Gómez, V., Sánchez, M., Henríquez, E., y Moran, J. (2023). Neurociencia y su aporte determinante en la educación. <https://tinyurl.com/22qjleph>
- Arias, J., Villasís, M., y Miranda, M (2016). El protocolo de investigación III: la población de estudio. *Revista Alergia México*, 63 (2), 201–206. <https://tinyurl.com/y3cfh7zs>
- Bernabéu, E. (2017). La atención y la memoria como claves del proceso de aprendizaje. Aplicaciones para el entorno escolar. *ReiDoCrea*, 6(2), 16–23. <https://tinyurl.com/2jqlyy9>
- Bustamante, J., y Cabrera, B. (2022). Factores que inciden en el rendimiento académico de los estudiantes de bachillerato en el cantón Sucúa-Ecuador. *Ciencia Digital*, 6(4), 97–115. <https://tinyurl.com/2y28yrmv>
- Carrillo, Z., y Zambrano, L. (2021). Estrategias neurodidácticas aplicadas por los docentes en la escuela Ángel Arteaga de Santa Ana. *Revista San Gregorio*, 1(46), 144–157. <https://tinyurl.com/248c7dyf>
- Costa, C., Idrobo, M., Valle, M., y Ramón, I. (2022). Prácticas educacionales, innovadoras y efectivas para el proceso enseñanza y aprendizaje en la educación básica. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(5), 4235–4246. <https://tinyurl.com/26evo8w9>
- Díaz, A. (2023). Escala neuroeducativa para la Planeación y la Intervención Didáctica (ENEPID). Test para el nivel neuroeducativo. *JONED. Journal of Neuroeducation*. 3(2): 93–105. <https://tinyurl.com/2btj7rkb>
- Ferrer, E. (2022). La variabilidad neuronal y el diseño universal para el aprendizaje (DUA). *JONED. Journal of Neuroeducation*. 3(1): 9–16. <https://tinyurl.com/26aqjong>
- Fuentes, S., Rosário, P., Valdés, M., Delgado, A., y Rodríguez, C. (2023). Autorregulación del Aprendizaje: Desafío para el Aprendizaje Universitario Autónomo. *Revista latinoamericana de educación inclusiva*, 17(1), 21–39. <https://tinyurl.com/2a5ao2mj>
- García, G. (2020). La Neurociencia en la Educación. *Revista Académica CUNZAC*. 3(1) 37–43. <https://tinyurl.com/25cuzts2>
- Goswami, U. (2015). Neurociencia y Educación: ¿podemos ir de la investigación básica a su aplicación? Un posible marco de referencia desde la investigación en dislexia. *Psicología Educativa*, 21(2), 97–105. <https://tinyurl.com/28wj2yr3>

Hernández, E., Carrión, N., Valarezo, M., Ortega, V., y Cajamarca, J. (2024). Compilación de Investigaciones en Ciencias de la Salud: Mentalidad y Salud. Capítulo de libro VI. Neurociencia y su incidencia en los procesos de aprendizaje. Vol. 1 Núm. 10. <https://tinyurl.com/26zqm5d2>

Hernández, E., Ramón, W., Ramírez, K., Jiménez, C., & Lima, A. (2024). Estrategias Neurodidácticas Empleadas por los Docentes para Fortalecer el Proceso de Enseñanza y Aprendizaje en Educación Básica. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(1), 1389–1411. <https://tinyurl.com/2ytmojys>

Hernández, E., Valle, M., Carrión, N., Cajamarca, J., y Gualan, L. (2023). Neurociencia y su aplicación en los procesos de aprendizaje en el Subnivel de Básica Media. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(5), 8136–8162. <https://tinyurl.com/2xtf58jg>

Hernández, R. (2018). Metodología de la investigación. México D.F.: McGraw-Hill Education. <https://tinyurl.com/ygf334be>

Hernández, R., Fernández, C., Baptista, P., Méndez, S., y Mendoza, C. (2014). Metodología de la investigación (6.a ed.). McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES. <https://tinyurl.com/yppnzcvr>

Justus, S., Simmers, K., Arnold, K., y Davidesco, I. (2024). Translating neuroscience research to practice through grassroots professional learning communities. *Trends in Neuroscience and Education*, 37, 100243. <https://tinyurl.com/24471978>

Lolumo A. (2022). La bola de cristal. Una aproximación a la neuroeducación en la etapa de Educación Primaria. *JONED. Journal of Neuroeducation*; 3(1): 147–155. <https://tinyurl.com/2d4va9h8>

López, P. (2004). POBLACIÓN MUESTRA Y MUESTREO. *Punto Cero*, 09(08), 69–74. <https://tinyurl.com/ydg3h8rd>

Márquez, A. y Villaescusa, M. (2020). Orientaciones para el uso de la tecnología en la docencia. Madrid. Plena Inclusión. <https://tinyurl.com/2ykk9433>

Ministerio de Educación. (2022). Metodología Recuperando Aprendizajes. *Pasa la Voz*, 1(4). <https://tinyurl.com/2apyczqx>

Monserate, J., Vallejo, B., Romero, B., Cabrera, N., & González, J. (2024). El Impacto de las Estrategias de Neuroeducación en el Rendimiento Académico: Un Enfoque Interdisciplinario para la Optimización del Aprendizaje. *Reincisol.*, 3(6), 6352–6365. <https://tinyurl.com/2baus7w6>

Montesinos, B. (2024). Educar para el devenir. Desarrollo de la resiliencia generativa y la mentalidad de crecimiento en la educación primaria: estrategias y buenas prácticas basadas en el currículo actual. *JONED. Journal of Neuroeducation*. 4(2): 97–120. <https://tinyurl.com/2czobhph>

Muchiut, A., Passamani, A., Sosa, S., y Alegre, R. (2024). Intervenciones neurodidácticas en el nivel secundario. Estrategias para potenciar las funciones ejecutivas en el aula. *JONED. Journal of Neuroeducation*. 5(1): 149–162. <https://tinyurl.com/2cn2kacd>

Oh, S., Choi, J., Han, D. H., y Kim, E. (2024). Effects of game-based digital therapeutics on attention deficit hyperactivity disorder in children and adolescents as assessed by parents or teachers: a systematic review and meta-analysis. *European child & adolescent psychiatry*, 33(2), 481–493. <https://tinyurl.com/22jxwhz4>

Ortiz, C., Gómez, D., Téllez, H., y Marín, M. (2018). COMPONENTES BÁSICOS PARA CONSTRUIR UN APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO. *Graffas Disciplinarias*, 1(41). <https://tinyurl.com/2y7roe6d>

- Otzen, T. y Manterola, C. (2017). Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio. *International Journal of Morphology*, 35(1), 227–232. <https://bit.ly/4cwJ6Bz>
- Parrado, H. (2024). Las funciones ejecutivas en el marco de la neuroeducación: una revisión de los factores que han demostrado mayor impacto en las propuestas de intervención en los contextos escolares. *JONED. Journal of Neuroeducation*. 5(1): 69–84. <https://tinyurl.com/238kjsxse>
- Paz, C., Acosta, M., Bustamante, R. y Paz, C. (2019). Neurociencia vs. neurodidáctica en la evolución académica en la educación superior. *Revista Didascalía: Didáctica y Educación*. 10 (1), 207– 228. <https://tinyurl.com/27tx4sxo>
- Perero, V., y Rodríguez, M. (2020). El aporte de las neurociencias en la educación. *Revista Atlante: Cuadernos de Educación y Desarrollo*. <https://tinyurl.com/29egz9qw>
- Pérez, G., Vargas, S., y Jerez, J. (2018). Neuroaprendizaje, una propuesta educativa: herramientas para mejorar la praxis del docente. *Civilizar Ciencias Sociales y Humanas*, 18(34), 149–166. <https://tinyurl.com/2chp35bj>
- Restrepo, G., y Calvachi, L. (2021). Neuroeducación y aprendizaje de la lectura. Del laboratorio al salón de clase. *JONED. Journal of Neuroeducation*., 1(2); 15–21. <https://tinyurl.com/29cnfcr8>
- Riaño, A., Cely, D., Triana, C. y Gutiérrez, C. (2017). Neuroeducación: una revisión teórica con miras al fortalecimiento de la permanencia estudiantil en contextos universitarios. *Congresos CLABES*, Argentina. <https://tinyurl.com/2xr2ptav>
- Roa, J. (2021). Importancia del aprendizaje significativo en la construcción de conocimientos. *Revista Científica FAREM Estelí*, 63–75. <https://tinyurl.com/28sj3vfk>
- Romero, J., & Lavigne, R. (2020). Dificultades en el Aprendizaje: Unificación de Criterios Diagnósticos: I. Definición, características y tipos (1.a ed., Vol. 1). Junta de Andalucía. <https://tinyurl.com/yzfoyn74>
- Sagñay, B. (2024). La neurodidáctica y su impacto en el desarrollo infantil. *Universidad, Ciencia y Tecnología*, 28(125), 88–96. <https://tinyurl.com/2xllbatx>
- Vera, M., Nevárez, R., Beltrán, L., Vera, J., y Mendoza, A. (2023). Revisión Teórica de los Aspectos Fundamentales que Influyen en el Aprendizaje. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(5), 10726–10741. <https://tinyurl.com/2csctcr4>
- Vizcaíno, P., Cedeño, R., y Maldonado, I. (2023). Metodología de la investigación científica: guía práctica. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(4), 9723–9762. <https://tinyurl.com/25nn478m>
- Wang, Z., y Wang, L. (2015). Cognitive Development: Child Education. *International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences: Second Edition*, 38–42. <https://tinyurl.com/226ewlvz>
- Williams, K. E., Burr, T., L'Estrange, L., y Walsh, K. (2025). Early childhood educators' use of neuroscience: Knowledge, attitudes, self-efficacy and professional learning. *Trends in Neuroscience and Education*, 38, 100247. <https://tinyurl.com/23uhjo9m>
- Zhang, Y., Hu, Y., Ma, F., Cui, H., Cheng, X., y Pan, Y. (2024). Interpersonal educational neuroscience: A scoping review of the literature. *Educational Research Review*, 42, 100593. <https://tinyurl.com/26yqr2p5>
- Zhou, J., Chen, S., y Gong, Y. (2025). Exploring gender differences in vocational education and training through the lens of neuroscience. *Acta Psychologica*, 254, 104743. <https://tinyurl.com/29spr8n4>



© 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

RESEARCH ARTICLE

La Planificación Estratégica como herramienta de Gestión en las empresas públicas: Caso de estudio "La Nacional de Loja - EP"

Ortega-Gaona Fabián de Jesús ^{1*}  Gutiérrez-Sánchez Iliá Auristela ¹  Larreategui-Moreno Diana Alexandra¹ 

¹ Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador, EC 110102.

✉ Correspondencia: Fabian.ortega@unl.edu.ec  +593 98 573 3763

DOI/URL: <https://doi.org/10.53313/gwj81203>

Resumen: El trabajo de investigación realizado en la primera empresa pública de la Universidad Nacional de Loja, tuvo como objetivo general: formular un plan estratégico para los servicios de educación continua de la empresa pública "La Nacional-EP" del cantón Loja, para el periodo 2024-2028, para su cumplimiento se definieron dos objetivos: el primero, determinar la situación actual de los servicios de educación continua de la empresa pública La Nacional-EP y el segundo: elaborar el plan estratégico para los servicios de educación continua de la empresa pública, en función de los resultados del diagnóstico efectuado. Se empleó la metodología fundamentada en el enfoque mixto de diseño no experimental con un alcance exploratorio-descriptivo y de tipo de corte transversal; utilizando técnicas y herramientas de recolección de datos como entrevistas, grupo focal, revisión documental, mapa de actores, matriz de las 5 fuerzas de Porter, análisis PESTEL, matriz de Perfil de Oportunidades y Amenazas del Medio (POAM), matriz de Perfil de Capacidad Interna (PCI) y la priorización de factores internos y externos con el principio de Pareto 80/20. Para la construcción de la matriz FODA se diagnosticaron fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas; luego, se procedió a formular el direccionamiento estratégico de la empresa pública que abarca los elementos orientadores (misión, visión y valores), los 4 objetivos estratégicos con sus respectivas políticas, estrategias y objetivos operativos. Dando vida al plan estratégico segmentado en dos fases, el diagnóstico situacional y el direccionamiento estratégico; y, el plan de acción con el desglose de los objetivos con sus respectivos indicadores, fórmulas, metas, acciones y departamentos responsables, al igual que los proyectos estratégicos que ayudarán al cumplimiento de los objetivos estratégicos.

Palabras claves: planificación estratégica, empresa pública, capacitación, diagnóstico situacional, direccionamiento estratégico.



Check for
updates

Cita: Ortega-Gaona, Fabián de Jesús Gutiérrez-Sánchez, Iliá Auristela Larreategui-Moreno, D. A. (2025). La Planificación Estratégica como herramienta de Gestión en las empresas públicas: Caso de estudio "La Nacional de Loja - EP." Green World Journal, 8(1), 203. <https://doi.org/10.53313/gwj81203>

Received: 19/March/2025

Accepted: 04/April/2025

Published: 7/April/2025

Prof. Carlos Mestanza-Ramón, PhD.
Editor-in-Chief / CaMeRa Editorial
editor@greenworldjournal.com

Editor's note: CaMeRa remains neutral with respect to legal claims resulting from published content. The responsibility for published information rests entirely with the authors.



© 2025 CaMeRa license, Green World Journal. This article is an open access document distributed under the terms and conditions of the license.
Creative Commons Attribution (CC BY).

Strategic Planning as a management tool in Public Companies: Case study "La Nacional de Loja - Ep"

Abstract: The general objective of the research work, the first public company of the National University of Loja, was to formulate a strategic plan for the continuous training services of the public company "La Nacional-EP" of the Loja canton, for the period 2024-2028. Two specific objectives were defined for its fulfillment: the first, to determine the current situation of the continuous education services of the public company La Nacional-EP and the second: to elaborate the strategic plan for the continuous education services of the public company La Nacional-EP, based on the results of the diagnosis carried out. The methodology used was based on the mixed approach of non-experimental design with an exploratory-descriptive and cross-sectional scope; using data collection techniques and tools such as interviews, focus group, document review, stakeholder map, Porter's 5 forces matrix, PESTEL analysis, Opportunities and Threats of the Environment Profile matrix (POAM), Internal Capacity Profile matrix (PCI) and the prioritization of internal and external factors with the Pareto 80/20 principle for the construction of the SWOT matrix in which strengths, opportunities, weaknesses and threats were diagnosed; the strategic direction of the public company was then formulated, including the guiding elements (mission, vision and values), the 4 strategic objectives with their respective policies, strategies and operational objectives. Giving life to the strategic plan segmented in two phases, the situational diagnosis and the strategic direction; and, adding the action plan that contains the breakdown of the objectives with their respective indicators, formulas, goals, actions and responsible departments, as well as the strategic projects that will help the fulfillment of the strategic objectives.

Keywords: strategic planning, public enterprise, training, situational diagnosis, strategic direction.

1. Introducción

La planificación estratégica es un proceso crucial para fortalecer la gestión institucional definiendo el qué, cómo y cuándo se van a lograr los objetivos a largo plazo, en otras palabras, marca el rumbo de la organización visualizando el éxito que desea alcanzar y la acciones a realizar. En un entorno cambiante es necesario definir la situación actual de los elementos internos y externos de la empresa con el objetivo de planificar estratégicamente y asegurar la eficiencia, eficacia y calidad en la comercialización de bienes o servicios. La planificación estratégica, "a pesar de estar muy ligada al sector privado en la década de los 70, a mediados de los 80 toma fuerza como mecanismo de apoyo para la gestión pública con las iniciativas de la Nueva Gerencia Pública" (Armijo, 2011).

En el Ecuador dentro del art.3 de la Ley Orgánica de Empresas Públicas (LOEP), se mencionan los principios que rigen a las empresas públicas como: calidad, eficiencia, eficacia, accesibilidad, preservación de la naturaleza, etc. Los cuales pueden ser garantizados mediante la planificación estratégica, donde a través de un proceso se mejora la gestión para innovar la prestación del bien o servicio. En función del contexto mencionado, la importancia de la investigación radica en que la formulación del plan estratégico para los servicios de capacitación continua de la empresa pública La Nacional de Loja-EP es fundamental para fortalecer la gestión institucional e innovar los servicios, en cumplimiento con los principios anteriormente mencionados.

Aunque la planificación estratégica es un proceso muy importante para mejorar la gestión, algunas veces las empresas no definen las estrategias, lo que conlleva a enfrentar grandes desafíos como la falta de dirección, pérdida de competitividad, despilfarro de los recursos, falta de motivación del personal, etc. Lo que se traduce en desconocimiento de hacia dónde se quiere llegar y lo que se quiere lograr causando un aumento en las probabilidades de que las empresas sufran estancamiento en la innovación de los bienes y servicios, es por esto que La Nacional de Loja-EP ante la necesidad de enfrentar la problemática causada por la falta de estrategias en función del diagnóstico situacional para abordar grandes retos que impiden optimizar la gestión institucional y

brindar un direccionamiento estratégico, se ve en la necesidad de formular el plan estratégico para los servicios de capacitación.

Realizar la propuesta del plan estratégico contribuye a precisar con claridad en qué consiste este proceso y cómo se desarrolla dentro de la administración pública, reafirmando la importancia de planificar a largo plazo para la consecución de los objetivos empresariales alineados a las políticas públicas y el manejo eficiente y transparente de los recursos públicos, tomando en cuenta que en algunos casos la metodología, las herramientas y las estrategias utilizadas en el sector privado tienden a ser de gran ayuda dentro del ámbito público. Tal como se señaló anteriormente, este tipo de planificación tomo fuerza en el ámbito público con el nacimiento de la Nueva Gestión Pública o New Public Management; por ende, a través de esta propuesta, se busca fortalecer la gestión descentralizada, innovar los servicios de capacitación, fomentar una cultura basada en la mejora continua y prácticas de responsabilidad social sin descuidar los principios establecidos en la normativa del Ecuador, formalizar alianzas estratégicas, atender las necesidades de los usuarios y posicionarse en el mercado como un ejemplo de gestión pública para las demás empresas.

A partir de lo previamente expuesto, la presente investigación tiene como objetivo general: formular un plan estratégico para los servicios de educación continua de la empresa pública "La Nacional-EP" del cantón Loja, para el periodo 2024-2028, para su cumplimiento se definieron dos objetivos específicos: el primero, determinar la situación actual de los servicios de educación continua de la empresa pública La Nacional-EP y el segundo: elaborar el plan estratégico para los servicios de educación continua de la empresa pública. Los objetivos específicos se lograron gracias a la aplicación de una serie de técnicas y herramientas para medir la competitividad, identificar actores, diagnosticar elementos externos (oportunidades y amenazas) e internos (fortalezas y debilidades) del entorno, lo que contribuyó a definir los elementos orientadores de un plan estratégico.

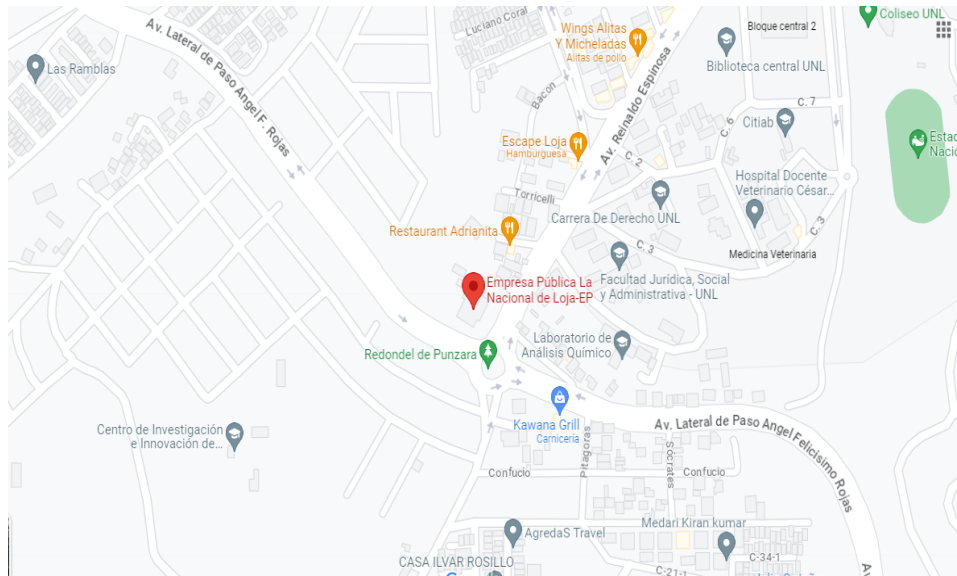
El alcance de esta investigación se limita a la formulación del plan estratégico para el periodo 2024-2028, y abarca el diagnóstico situacional y direccionamiento estratégico para brindar solución a los problemas de gestión de los servicios de capacitación, así como para reforzar las eficiencia, transparencia e innovación en la administración de la empresa pública, agilizando la respuesta ante las necesidades de los usuarios y a las demandas del mercado. En el desarrollo del proyecto se consideró la disponibilidad de los servidores públicos para la aplicación de los instrumentos de investigación, así como el acceso a la información; a pesar de existir algunas limitaciones de tiempo, se logró recabar y procesar la información necesaria, obteniendo los resultados esperados.

2. Materiales y métodos

2.1. Área de estudio

La Empresa Pública "La Nacional E-P" se encuentra ubicada entre la Av. Reinaldo Espinosa y la Av. Lateral del Pasto Ángel F. Rojas, Loja 110111, cerca del redondel de Punzara.

Figura 1. Ubicación de la empresa pública “La Nacional de Loja-EP”



2.2. Metodología

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo formular un plan estratégico para los servicios de capacitación continua de la empresa pública "La Nacional E-P" del cantón Loja, para el periodo 2024-2028, el mismo que se elaboró bajo un enfoque mixto, "descrito como un proceso que integra la recopilación, el análisis y la conexión de datos cualitativos y cuantitativos dentro de una investigación" (Sampieri et al., 2006). El enfoque cualitativo permitió determinar la situación actual a través de la revisión documental y la identificación de los elementos internos y externos de la empresa; mientras que, el enfoque cuantitativo ayudó a la ponderación y selección de dichos elementos que posteriormente sirvieron para plantear los objetivos estratégicos, políticas, estrategias y metas que forman parte del direccionamiento estratégico.

El método inductivo fue el más adecuado para esta investigación ya que se basó en la observación de datos específicos para desarrollar conclusiones sobre los factores que integran el análisis situacional; en este caso, el uso de técnicas como la entrevista, la lluvia de ideas y el grupo focal favorecieron a la obtención de información basado en la experiencia y la percepción de los servidores públicos como método para elaborar el plan estratégico en función de la situación actual de los servicios de capacitación que presta la empresa.

El diseño de la investigación es de carácter no experimental debido a que no se manipulan las variables independientes para observar sus efectos sobre las variables dependientes, únicamente se observa y se recopilan datos para entender el entorno en el que opera la empresa pública. Así mismo, el alcance es de carácter exploratorio-descriptivo, con la finalidad de entender el contexto en el que opera la empresa al momento de brindar los servicios de capacitación y registrar la información obtenida, proceso comprendido en dos etapas para la elaboración del plan estratégico: la primera centrada en el diagnóstico situacional y la segunda en el direccionamiento estratégico, donde se describen los elementos orientadores, las estrategias, las metas y acciones para alcanzar los objetivos estratégicos.

Finalmente, el tipo de investigación es de corte transversal donde se recopiló información en un breve periodo de tiempo que ayude a conocer con exactitud la situación actual de los servicios de capacitación y el entorno en el opera la empresa en un punto específico para formular el plan estratégico.

Para el cumplimiento del primer objetivo específico determinar la situación actual de los servicios de educación continua de la empresa pública La Nacional E-P, se aplicó el siguiente proceso metodológico:

En primer lugar, fue necesario revisar la documentación de la empresa pública para conocer el proceso e historia de creación, las normativas del estatuto, la oferta de capacitación, las cifras estadísticas del registro de usuarios, la estructura orgánica, etc. Este primer paso sirvió para conocer a mayor profundidad la empresa, estableciendo información base para considerar en la modificación y adaptación de los otros instrumentos de investigación.

En segundo lugar, se elaboraron y aplicaron dos tipos de entrevista en función de la estructura orgánica de la empresa, la primera dirigida al gerente general de la empresa y la segunda al gerente técnico de la unidad de negocio de capacitación e investigación aplicada. El primer tipo de entrevista estaba segmentada en los componentes de planificación, organización, dirección, control, tecnología, recursos (infraestructura, económicos y talento humano) y calidad; mientras que la segunda entrevista se realizó únicamente en función de los servicios de capacitación que brinda la empresa, basadas en función de las funciones sustantivas de la universidad como son: docencia, investigación y vinculación con la sociedad.

En tercer lugar, para la construcción del mapa de actores se elaboró en base a la revisión documental y con lluvia de ideas, posteriormente el gerente general de la empresa se encargó de clasificar y ponderar en la escala del 1 al 5 según el tipo e influencia del actor en las actividades empresariales (donde 1 es muy baja y 5 muy alta).

En cuarto lugar, para medir el perfil competitivo de la empresa fue necesario emplear la metodología de las 5 fuerzas de Porter, en este caso, cada fuerza contaba con 5 variables y un peso del 20%, el puntaje asignado representa la calificación del gerente general sobre cada una las variables en comparación con la competencia. El puntaje ponderado es el resultado de la multiplicación del peso por el puntaje asignado.

Tabla 1. Metodología para medir el perfil competitivo

Peso de cada fuerza	20%
Puntaje asignado	Calificación del gerente general sobre la variable de cada fuerza en la escala del 1 al 5.
Puntaje ponderado	Peso de cada fuerza x puntaje asignado

Total

Sumatoria del puntaje ponderado de cada fuerza.

En quinto lugar, para identificar el contexto nacional fue necesario realizar el análisis PESTEL, a través de una lluvia de ideas y en concordancia con los servicios de capacitación que brinda la EP, se relacionaron las variables que han tenido impacto en la empresa, posteriormente fueron clasificadas como oportunidades y amenazas por el grupo focal conformado por 3 personas del área administrativa de la empresa incluido el gerente general. Una vez catalogadas, se procedió a la ponderación de acuerdo al grado de impacto en la escala del 1 al 5 (donde 1 es muy bajo y 5 muy alto).

En sexto lugar, una de las herramientas usadas para realizar el diagnóstico externo de las oportunidades y amenazas fue la matriz POAM, se definieron los factores en relación al análisis FODA de la UNL, docencia, gestión, vinculación con la sociedad e investigación, ya definidos los factores por medio de la lluvia de ideas se definieron las variables que luego fueron clasificadas como oportunidades o amenazas por el grupo focal, terminado este proceso se continuo con la ponderación conforme al grado de impacto de cada una de ellas en la escala del 1 al 5 (donde 1 es muy bajo y 5 muy alto).

En séptimo lugar, para la elaboración de la matriz PCI con información previamente procesada y lluvia de ideas se definieron las variables correspondientes a cada capacidad: directiva, competitiva, financiera, tecnológica y talento humano. El grupo focal tuvo la tarea de identificar fortalezas y debilidades de la empresa, una vez ya identificadas todas las variables se procedió a la clasificación y ponderación de acuerdo al grado del impacto en la escala del 1 al 5 (donde 1 es muy bajo y 5 muy alto).

En definitiva, la matriz FODA se desarrolló considerando los elementos internos y externos identificados y ponderados con las matrices PESTEL, POAM Y PCI, posteriormente, se aplicó el principio de Pareto 80/20 para seleccionar los elementos más relevantes.

Para el cumplimiento del segundo objetivo específico elaborar el plan estratégico para los servicios de educación continua de la empresa pública La Nacional- EP, en función de los resultados del diagnóstico efectuado. Se definieron los elementos orientadores (misión, visión y valores); así como los objetivos estratégicos, las políticas, los objetivos operativos, las metas e indicadores.

Primeramente, la misión y visión de la empresa ya estaban definidas por lo que fue necesario verificar los principales elementos que las caracterizan; mientras que, los valores se los puntualizó en una matriz axiológica relacionándolos con el grupo de grupo de impacto. Los elementos orientadores dieron nacimiento a los objetivos estratégicos y con ello, las políticas y los objetivos operativos.

Para cada objetivo operativo se diseñaron metas con sus respectivos indicadores de gestión y fórmulas. Se debe tener muy en cuenta que el proceso de direccionamiento estratégico no hubiese

sido posible sin la elaboración previa del diagnóstico situacional ya que a través de las técnicas y herramientas de investigación como la entrevista donde se mantuvo el dialogo de cómo se visualiza la empresa en un futuro, que tecnologías, prácticas, proceso de gestión y estrategias se pueden implementar.

3. Resultados

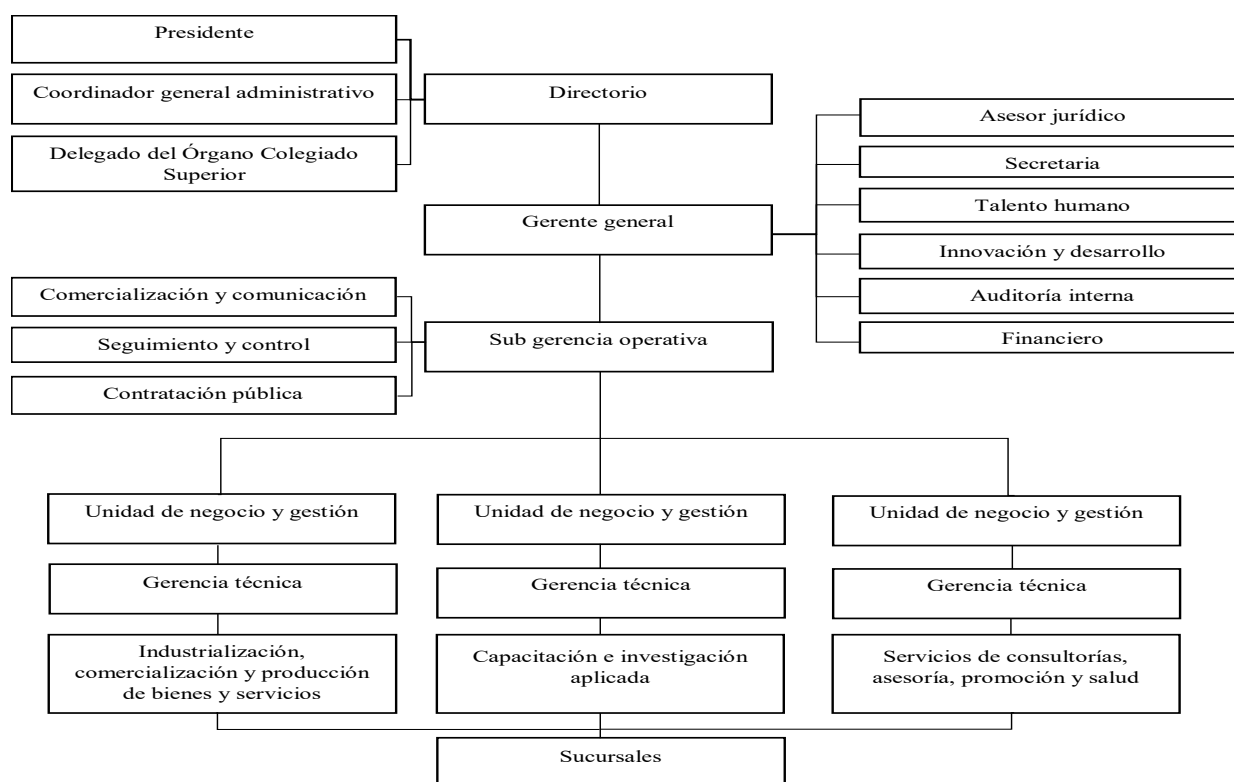
3.1. Determinar la situación actual de los servicios de educación continua de la empresa pública La Nacional E-P.

Tabla 2. Cifras de los servicios de capacitación continua de la empresa pública La Nacional de Loja-EP

Sexo	Número de personas capacitadas
Hombres	858
Mujeres	2022

Estructura orgánica

Figura 2. Estructura orgánica de la empresa pública La Nacional de Loja-EP



Nota. Estructura orgánica de la empresa pública tomada del *Estatuto de constitución, organización y funcionamiento de la empresa pública de producción, comercialización e industrialización de bienes y servicios: "La Nacional de Loja-EP"*.

Mapa de actores

La identificación de los actores por medio del mapa facilitó la tarea de agruparlos de acuerdo a su tipo y grado de influencia en la empresa, como se evidencia en la Tabla siguiente. De este modo, se logró determinar 13 actores relacionados a la empresa pública

para la prestación de los servicios de capacitación, siendo 4 externos, 3 internos y 6 sujetos a la administración pública.

Tabla 3. *Mapa de actores de la empresa pública La Nacional de Loja-EP*

Tipos de Actores	Actores	Influencia					Análisis
		1	2	3	4	5	
Externos	Empresas del sector privado.			x			Potenciales socios y clientes demandantes de los servicios de capacitación.
	Ex alumnos de la Universidad Nacional de Loja.					x	Demandantes de la oferta de los servicios de capacitación y población muestra para conocer las necesidades del mercado.
	Medios de comunicación del cantón Loja (UNL radio 98.5).					x	Medio de comunicación para la difusión de los programas de capacitación.
	Colegio de abogados de Loja.		x				Aliados para capacitar a los usuarios en temas jurídicos.
Internos	Rector de la UNL					x	Autoridad máxima de la Universidad Nacional de Loja y del gobierno que preside la empresa pública.
	Planta docente de la Universidad Nacional de Loja.					x	Potenciales aliados con experiencia y conocimiento para desarrollar e impartir los cursos.
	Estudiantes de la Universidad Nacional de Loja				x		Beneficiarios, usuarios y colaboradores. Así como población muestra para realizar un estudio de mercado.
Tipos de Actores	Actores	Influencia					Análisis
		1	2	3	4	5	
Administración pública	Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales y Provinciales, Loja y Zamora Chinchipe (Los encuentros).				x		Clientes y colaboradores en la capacitación de los servidores públicos de la comunidad.
	Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación (SENESCYT).					x	Ejerce la política pública de educación, regula y promueve la educación superior, ciencia, innovación y tecnología.

Ministerio del Ambiente, Agua y Transición ecológica.	x	Colaborador en programas de capacitación sobre sostenibilidad y cuidado del medio ambiente.
Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG).	x	Colaborar en programas de formación enfocados en agricultura y ganadería. Su influencia garantiza que estos programas contengan material pertinente y actualizado para el avance del sector agropecuario.
Servicio Nacional de Contratación Pública (SERCOP).	x	Entidad rectora del Sistema Nacional de Contratación Pública (SNCP). A través del Sistema Oficial de Contratación Pública del Ecuador (SOCE) la empresa puede realizar compras públicas.
Contraloría General del Estado (CGE)	x	Ente técnico responsable de controlar, fiscalizar y auditar el uso de los recursos estatales y de las entidades privadas que manejan fondos públicos.

Perfil competitivo

El perfil competitivo de la empresa pública “La Nacional de Loja- EP” en relación a los servicios de capacitación valorado a través de las 5 fuerzas de Porter, demuestra que la empresa cuenta con un nivel óptimo para competir en el mercado.

Rivalidad entre competidores existentes

En Tabla que se presenta a continuación, se observa que se valoró la fuerza sobre la rivalidad de los competidores donde se consiguió una ponderación total de 4,80 indicando que la calidad y variedad de los programas de capacitación es muy buena. Esto se corrobora revisando el portal web Educación continua UNL, con un amplio historial y diversidad de contenidos en diferentes ramas de la ciencia para el desarrollo profesional; así mismo se tomó en cuenta la reputación y el alcance geográfico de la universidad, indispensable para resaltar sobre la competencia y abarcar mayor cobertura del mercado ya que la empresa tiene autonomía en la toma de decisiones, pero está estrechamente ligada a la universidad, misma que cuenta con más de 160 años de trayectoria y se ha logrado ubicar dentro del top 10 de las mejores universidades del Ecuador.

Tabla 4. Fuerza de rivalidad entre competidores existentes del perfil competitivo

Fuerza	Variable	Peso	Puntaje Asignado	Puntaje Pond.	Total
Rivalidad entre competidores existentes	Calidad de los programas de capacitación.	20%	5	1	4,80
	Variedad de los programas ofrecidos.		5	1	
	Prestigio y reputación de la universidad.		5	1	

Alcance geográfico de la universidad.	4	0,8
Innovación en métodos de enseñanza y tecnología educativa.	5	1

Poder de negociación con los proveedores

En la Tabla que se indica a continuación, se puede evidenciar que se obtuvo una valoración total de 4,60 sobre el poder de negociación con los proveedores, cuyas variables fueron adaptadas en base a la relación con la universidad ya que provee los recursos necesarios (talento humano, infraestructura y tecnología) para llevar acabo los programas de capacitación, en este caso, se calificó la disponibilidad de los profesores capacitados, siendo una de las principales fortalezas gracias a la amplia planta docente que cuenta con títulos de cuarto nivel y gran experiencia en el campo laboral. Según el PEDI UNL 2024-2028, “hasta diciembre de 2023 la universidad cuenta con 730 profesores de los cuales 245 son titulares y 485 tienen contrato de servicios ocasionales, del total de docentes 72 tienen título PhD y 131 se encuentra en proceso de formación doctoral”. Del mismo modo, se ponderó el costo del material didáctico utilizado para la práctica y refuerzo de los conocimientos, destacando que la institución educativa provee las herramientas y los instrumentos requeridos. En cuanto a la relación y dependencia, la empresa tiene un alto nivel de dependencia para brindar los servicios de educación continua; no obstante, el punto fuerte es su buena relación, consiguiendo una mejor negociación para implementar estrategias que ayuden a destacar sobre la competencia. Este vínculo ha permitido que la empresa adapte los servicios de capacitación a un aprendizaje virtual de la universidad siendo el proveedor principal de plataformas tecnológicas.

Tabla 5. Fuerza sobre el poder de negociación con los proveedores del perfil competitivo

Fuerza	Variable	Peso	Puntaje Asignado	Puntaje pond	Total
Poder de negociación con los proveedores	Disponibilidad de los docentes calificados para capacitar.	20%	5	1	4,60
	Costos de adquisición de materiales didácticos.		3	0,6	
	Relación con los proveedores de tecnología educativa		5	1	
	Dependencia de proveedores externos.		5	1	
	Negociación con los proveedores de plataformas tecnológicas.		5	1	

Poder de negociación con los compradores

En la siguiente tabla se puede notar que el poder de negociación con los compradores alcanzó una ponderación total de 4,20. El mercado enfocado en el desarrollo del perfil profesional a través de las capacitaciones es amplio y más aún con la innovación y nuevos enfoques de aprendizaje, retener a los usuarios se convierte en una tarea difícil. “Según los registros de la Secretaria Técnica del Sistema Nacional de Cualificaciones Profesionales (SETEC) en el Ecuador hay un total de 466 empresas y 546 personas independientes autorizadas para capacitar”[1]. Al igual que las dos anteriores fuerzas, se establecieron 5 variables, calificando la demanda; la sensibilidad al precio con la intención



de conocer si el precio de los programas de formación es accesible; los requisitos para acceder a los servicios, los cuales no son un impedimento para aquellas personas que deseen capacitarse porque no los hay; el acceso a programas de capacitación alternativos, la empresa cuenta la modalidad presencial y virtual, lo cual le otorga mayor retención de usuarios brindando la facilidad de relacionarse con el aprendizaje en cualquier entorno y adaptarlo a sus necesidades.

Tabla 6. *Fuerza sobre el poder de negociación con los compradores del perfil competitivo*

Fuerza	Variable	Peso	Puntaje Asignado	Puntaje Pond	Total
Poder de negociación con los compradores	Demanda de programas de capacitación.	20%	4	0,8	4,20
	Sensibilidad al precio		4	0,8	
	Requisitos específicos de capacitación.		5	1	
	Acceso a programas de capacitación alternativos.		4	0,8	
	Relación calidad-precio de los programas.		4	0,8	

Amenaza de nuevos entrantes

En la Tabla siguiente, se comprueba que la amenaza de nuevos entrantes adquirió una calificación total de 4,00 indicando que, a pesar del tamaño de mercado relacionado a la formación y desarrollo profesional, las empresas entrantes tendrán que implementar estrategias muy efectivas para ganar posición y reputación. Por el momento, “La Nacional de Loja-EP” está consciente de la amenaza que representan nuevos competidores, pero está muy bien posicionada en términos de docencia, requisitos regulatorios, credibilidad, nivel de experiencia, infraestructura, etc.

Tabla 7. *Fuerza de la amenaza de nuevos entrantes del perfil competitivo*

Fuerza	Variable	Peso	Puntaje Asignado	Puntaje Pond	Total
Amenaza de nuevos entrantes	Experiencias y cualificaciones del cuerpo docente.	20%	4	0,80	4,00
	Barreras de entrada en el mercado de capacitación.		4	0,80	
	Requisitos regulatorios para nuevas ofertas.		4	0,80	
	Capital necesario para desarrollo de programas.		4	0,80	
	Nivel de experiencia requerido para competir.		4	0,80	

Amenaza de productos o servicios sustitutos

Por último, en la tabla siguiente se aprecia que la amenaza de productos o servicios sustitutos alcanzó una ponderación total de 4,60 poniendo en riesgo el perfil competitivo de la empresa. La competencia con otras instituciones educativas y formales es fuerte debido a que en la actualidad la globalización ha permitido innovar los métodos de

enseñanza con el desarrollo de plataformas de aprendizaje en línea, chatbots, simulaciones en realidad virtuales, aplicaciones móviles, webinars, E-learning, blockchain, etc. Herramientas donde el usuario pueda acceder a programas de formación nacionales y extranjeros desde cualquier parte del mundo. De acuerdo con la Superintendencias de Compañías, Valores y Seguros en la provincia de Loja hay 64 compañías activas en el sector de la enseñanza. A este dato estadístico se suman las 5 universidades (públicas y privadas) de la coordinación zonal 7 conformada por las provincias de Loja, El Oro y Zamora Chinchipe, mismas que ofrecen servicios de capacitación.

Tabla 8. *Fuerza de la amenaza de productos o servicios sustitutos*

Fuerza	Variable	Peso	Puntaje Asignado	Puntaje Pond	Total
Amenaza de productos o servicios sustitutos	Competencias de otras instituciones educativas	20%	5	1	4,60
	Ofertas de capacitación institucionales formales		4	0,80	
	Plataformas de aprendizaje en línea		4	0,80	
	Programas de capacitación internos		5	1	
	Disponibilidad de recursos educativos en línea		5	1	

Contexto nacional-análisis PESTEL

En las siguientes tablas, se pueden ver las oportunidades y amenazas del contexto nacional por medio del análisis PESTEL, con su respectivo grado de impacto en el entorno organizacional.

Factor político

En el factor político se identificaron cuatro variables relacionadas a la empresa pública para brindar servicios de capacitación, de las cuales tres fueron clasificadas como amenazas y una como oportunidad.

Tabla 9. *Factor político del análisis PESTEL de la empresa pública La Nacional de Loja-EP*

Factor	Variable	Oportunidad	Amenaza	Impacto				
				1	2	3	4	5
Político	Inestabilidad política.		x					x
	Estados de excepción y toques de queda por aumento de los índices de violencia e inseguridad.		x					x
Factor	Variable	Oportunidad	Amenaza	Impacto				
				1	2	3	4	5
Político	Percepción ciudadana sobre la credibilidad de las instituciones públicas.		x				x	
	Legislación educativa.	x					x	

Nota. Identificación de las oportunidades y amenazas relacionadas con el factor político del Ecuador.

El contexto político del Ecuador durante los últimos años ha representado un verdadero desafío para el desarrollo del país, caracterizado por la crisis política, energética, de seguridad y económica. La inestabilidad política del país ha representado una gran amenaza para el entorno empresarial, causando incertidumbre en la toma de decisiones en concordancia con el trabajo previamente planificado

Ecuador en los últimos 20 años ha tenido significativas protestas que se han convertido en tendencia a nivel internacional, por ejemplo: En el 2005 la rebelión de los forajidos logro destituir al presidente Lucio Gutiérrez; el gobierno de Rafael Correa enfrento la revuelta policial del 30-S, las movilizaciones de la Confederación de las Nacionalidades Indígenas del Ecuador (CONAIE) en el 2012 para manifestar su rechazo a las políticas mineras, y en el 2015 las protestas contra la subida del impuesto de herencia; en el 2019 se originaron revueltas a nivel nacional como oposición al decreto 883 firmado por el gobierno de Lenin Moreno, en el que se eliminaba los subsidios al combustible; en el 2021 las organizaciones indígenas lideraron el paro nacional en contra de las políticas económicas de Guillermo Lasso, finalmente en junio de 2022 el mismo gobierno enfrenta las manifestaciones de la CONAIE en desacuerdo al alza del precio de los combustibles y la canasta familiar. De igual forma, durante las últimas administraciones de turno se ha podido contemplar que existe un desacuerdo total entre el poder ejecutivo y legislativo con respecto a la propuesta y aprobación de leyes, este caso fue más notorio en el periodo de Guillermo Lasso (2021-2023), el cual utilizó del artículo 148 de la Constitución de la República del Ecuador, mismo que hace referencia a la muerte cruzada como mecanismo para disolver la Asamblea Nacional.

Debido a la inestabilidad política y el aumento de los índices de violencia, crisis carcelaria e inseguridad los gobiernos de turno han optado por decretar estado de excepción. Medidas que fueron consideradas como una amenaza para la empresa ya que retrasa la planificación y perjudica el funcionamiento de los servicios respecto a la movilidad del personal y usuarios a las instalaciones de formación. De acuerdo al análisis de las estadísticas finales del año 2023 correspondiente al boletín anual de homicidios internacionales en Ecuador, “del 2019 al 2023 el país acumula 17882 homicidios, registrando 22 muertes por día en el 2023, cifras que lo posicionan cerca de los países en conflicto armado como Afganistán (23.8) y Yemen (15.8)”[2].

Por otro lado, la baja credibilidad de la ciudadanía en las instituciones ha sido una considerada como una amenaza alta por el hecho de que la empresa puede perder la confianza y credibilidad en la gestión de los recursos. “En una publicación de la organización Transparencia Internacional, Ecuador ha recibido 36 puntos en el Índice de Percepción de la Corrupción (CPI por sus siglas en ingles), ubicándose en el ranking 101 de 180 países”[3].

La legislación educativa del Ecuador ha sido considerada como una alta oportunidad, en este caso la LOES, garantiza la calidad educativa y reconoce la autonomía responsable de las instituciones de educación superior para que puedan crear fuentes complementarias de ingresos, “mismas que funcionaran como sociedades de derecho público con personalidad jurídica, autonomía financiera, administrativa y de gestión, con altos parámetros de calidad y criterios empresariales, económicos, sociales y ambientales” [4].

Factor económico

En la Tabla siguiente, se evidencia que en el factor económico se identificaron cinco variables, tres fueron consideradas como amenazas dos como oportunidades.

Tabla 10. *Factor económico del análisis PESTEL de la empresa pública La Nacional de Loja-EP*

Factor	Variable	Oportunidad	Amenaza	Impacto				
				1	2	3	4	5
Económico	Producto Interno Bruto (PIB).	x			x			
	Déficit en el Presupuesto General del Estado (PGE).		x				x	
Factor	Variable	Oportunidad	Amenaza	Impacto				
				1	2	3	4	5
Económico	Inversión estatal en educación.		x				x	
	Salario Básico Unificado.	x			x			
	Déficit energético.		x					x

La economía del Ecuador se ha desacelerado a raíz de las diferentes crisis por las que atraviesa. Según los datos del Banco Central el Producto Interno Bruto (PIB) en el 2023 creció en 2.4% inferior al crecimiento del 6.2% alcanzado en el 2022, del mismo modo el Fondo Monetario Internacional (FMI) para el 2024 estima que la economía crecerá en un 0.1%, convirtiéndose en la economía menos desarrollada de la región.

A raíz de la desaceleración económica del país, el gobierno ha tenido que tomar medidas económicas urgentes para solventar el gasto público. De acuerdo con el Ministerio de Economía y Finanzas, en el 2023 el déficit del Presupuesto General del Estado (PGE) alcanzó los \$5.373 millones (cantidad que representa el 4.5% del PIB), mientras que para el 2024 el gobierno ha presentado una proforma presupuestaria con un déficit de \$4.809 millones, lo cual pone en riesgo la inversión en educación. El presupuesto codificado a diciembre del 2023 para la Universidad Nacional de Loja fue de \$45.410.115,76; no obstante, para el 2024 la proforma es de \$42.488.627,71 con una diferencia de -\$2.961.488,05. Se debe tomar en cuenta que la empresa depende del talento humano, los recursos tecnológicos e infraestructura de la universidad, por ende, estas decisiones afectan el desarrollo de la misma ya que a consecuencia del recorte presupuestario, se puede deteriorar la calidad de los servicios educativos, limitar la oferta y el acceso a la educación superior, retrasar los proyectos de investigación, afectar los programas y proyectos de vinculación con la sociedad, etc.

De la misma manera, se tomó en cuenta como una de las variables económicas del análisis PESTEL al Salario Básico Unificado (SBU) en vista de que, a mayor remuneración, mayor poder adquisitivo tendrán las personas. En este caso fue considerado oportunidad muy baja, dado que, entre el periodo 2021 al 2024 pasó de \$400 a \$460; a pesar del incremento, el valor no cubre la canasta familiar que supera los \$750.

Por otro lado, el déficit energético fue catalogado como una potencial amenaza que retrasa el trabajo de acuerdo a la planificación. Los recortes de energía reducen la calidad de los servicios de capacitación, limitando el uso de herramientas tecnológicas tanto de

los servidores como de los usuarios al momento de acceder a las plataformas de aprendizaje en línea. “A nivel nacional se registraron pérdidas económicas que superaban los \$576 millones a raíz del déficit energético”(Primicias, 2024).

Factor sociocultural

Con respecto al factor sociocultural, en la siguiente tabla se observa que se diagnosticaron tres variables, mismas que todas fueron catalogadas como oportunidades que se pueden aprovechar para ampliar y mejorar la calidad de los servicios de capacitación.

Tabla 11. Factor sociocultural del análisis PESTEL de la empresa pública La Nacional de Loja-EP

Factor	Variable	Oportunidad	Amenaza	Impacto				
				1	2	3	4	5
Sociocultural	Reducción en los niveles de x analfabetismo.							x
	Nivel de preparación académica de la x provincia de Loja.				x			
	Diversidad cultural de la región sur.	x				x		

La reducción de los índices de analfabetismo fue considerada como una oportunidad que aumenta las posibilidades de las personas para acceder a la educación, permitiendo ampliar la oferta de los programas de capacitación. “Desde 2010 hasta 2022, la tasa de analfabetismo se redujo en 3,1%, equivalente a que 199.484 personas, o el 29,7%, dejaron de ser analfabetas. A nivel nacional, la tasa de analfabetismo disminuyó del 6,8% en 2010 al 3,7% en 2022”(Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2023). Una población alfabetizada contribuye al desarrollo económico del país, misma que buscará nuevas fuentes de conocimientos y experiencias con el objetivo de competir dentro del mercado laboral.

El nivel de preparación académica de la provincia de Loja es una oportunidad que se puede aprovechar para diseñar estrategias enfocadas en los diseñar programas de desarrollo profesional y complementario para estudiantes de primaria y secundaria. Con la finalidad de ganar reconocimiento en el mercado por medio de las alianzas con las instituciones de educación superior. Basado en datos estadísticos del INEC, Loja es una de las provincias con mayor preparación académica: el 6% es bachiller, el 12% tiene estudios de educación superior, el 8% son profesionales y el 1% tiene postgrado.

De la misma forma, la diversidad cultural de la región sur del Ecuador fue considerada como una oportunidad de alto valor que puede enriquecer los programas de capacitación, ofertar cursos sobre arte, costumbres, tradiciones, perspectivas, filosofías de vida desde los diferentes conocimientos pueblos y nacionalidades. Esta diversidad cultural puede convertirse en un punto atractivo de los estudiantes externos de la región y del país.

Factor tecnológico

Como se puede comprobar en los resultados de la Tabla siguiente, dentro del factor tecnológico se reconocieron tres variables, todas fueron consideradas como oportunidades para innovar y promocionar los servicios de capacitación.

Tabla 12. *Factor tecnológico del análisis PESTEL de la empresa pública La Nacional de Loja-EP*

Factor	Variable	Oportunidad	Amenaza	Impacto				
				1	2	3	4	5
Tecnológicos	Más del 70% de la población utiliza internet.	x						x
	Inteligencia artificial.	x						x
	Ley orgánica para la transformación digital y audiovisual.	x					x	

La tecnología se ha convertido en un pilar fundamental para el desarrollo de las organizaciones. En este sentido, el hecho de que más del 70% de la población ecuatoriana utilice internet ha sido considerado una oportunidad para expandir el alcance de la oferta de capacitación e innovar los servicios a través de la creación de herramientas y plataformas digitales. “Ecuador en el 2023 tenía una población de 18.10 millones: en enero del 2023, 17.72 millones de usuarios que utilizaban internet, 13.30 millones de usuarios de redes sociales y 16.70 millones de usuarios conectados a internet desde el teléfono móvil”[7]. Con el avance tecnológico del siglo XXI, la inteligencia artificial (IA) resultó como una oportunidad que la empresa debe aprovechar para innovar los servicios de capacitación, automatizando tareas administrativas, elaboración de publicidad con IA, mejorar la asistencia a los usuarios por medio de chatbots, mejorar, progresar en los métodos de enseñanza, etc.

Por último, dentro del factor tecnológico también se identificó a la a la Ley Orgánica para la Transformación Digital y Audiovisual como una oportunidad alta. La cual tiene por objetivo promover la digitalización y la creación de tecnologías audiovisuales en empresas públicas, privadas y de la sociedad, así como en instituciones de educación superior con el fin de desarrollar habilidades digitales necesarias para el empleo, la educación, la productividad, etc. En base a esto la empresa se puede ver beneficiada al momento de integrar tecnologías avanzadas, acceder a apoyos gubernamentales y ofrecer servicios de capacitación que respondan a las demandas tecnológicas.

Factor ecológico

En la Tabla siguiente sobre los resultados del factor ecológico se puede resaltar que lograron detectar dos oportunidades con un impacto medio.

Tabla 13. *Factor ecológico del análisis PESTEL de la empresa pública La Nacional de Loja-EP*

Factor	Variable	Oportunidad	Amenaza	Impacto				
				1	2	3	4	5

Ecológico	Responsabilidad Social Empresarial (RSE).	x	x
	Proyectos de investigación del Centro de Investigación Tecnológicas y Energéticas (CITE) de la Universidad Nacional de Loja (UNL).	x	x

La Responsabilidad Social Empresarial (RSE), es una oportunidad que se debe aprovechar para definir estrategias sobre el cuidado del medio ambiente. La implementación de una cultura empresarial relacionada a prácticas sostenibles puede servir como ejemplo para otras organizaciones mejorando el reconocimiento de la empresa dentro del mercado.

Asociado a las prácticas sostenibles para la preservación del medioambiente se encuentran los proyectos de investigación del CITE de la universidad, los cuales fueron considerados como una oportunidad de alto valor para trabajar en conjunto y adoptar nuevas fuentes de energía renovable (solar). Misma que serviría como una medida preventiva ante los apagones nacionales optimizando las gestiones administrativas y la calidad de los servicios de capacitación.

Factor legal

Finalmente, la siguiente tabla presenta los resultados sobre el factor legal donde se identificaron 2 oportunidades, la primera con un impacto muy alto y la segunda con un impacto alto.

Tabla 14. Factor legal del análisis PESTEL de la empresa pública La Nacional de Loja-EP

Factor	Variable	Oportunidad	Amenaza	Impacto				
				1	2	3	4	5
Legal	Convenios de cooperación interinstitucional de la Universidad Nacional de Loja.	x						x
	Normas ISO	x					x	

Los convenios de cooperación interinstitucional son una gran oportunidad para que la empresa acceda con mayor facilidad a recursos, financieros, talento humano, infraestructura, etc. Trabajar en conjunto con instituciones del sector público y privado para identificar necesidades en conocimiento y desarrollar programas de capacitación. En el portal web de la UNL, se puede corroborar que la universidad del 2018 al 2023 cuenta con un total de 197 convenios de los cuales 56 son de educación continua del departamento de vinculación con la sociedad.

Finalmente, las normas ISO son una oportunidad para definir el Sistema de Gestión de Calidad (SGC) de la empresa, basada en estándares internacionales que le permita acceder a certificaciones con el objetivo de obtener mayor reconocimiento y credibilidad.

Perfil de Oportunidades y Amenazas del Medio (POAM)

Para comprender los resultados de la matriz POAM es necesario tener en cuenta que las oportunidades del medio se las identifico en función al PEDI 2024-2028 de la Universidad Nacional de Loja, posteriormente se las pondero conforme al grado de impacto de cada una. En consecuencia, se verificaron en docencia cuatro oportunidades y tres

amenazas; en vinculación con la sociedad tres oportunidades y una amenaza; en investigación una oportunidad y dos amenazas; y en gestión dos oportunidades. En docencia se presentaron oportunidades significativas en la credibilidad institucional de la universidad, planta docente, integración de tecnologías educativas y consultorías; no obstante, se enfrentan amenazas como el desinterés de estudiantes y docentes y el déficit en equipamiento y conectividad. Por otro lado, en vinculación con la sociedad se destacaron oportunidades en la colaboración con gobiernos autónomos, información organizada y la participación de estudiantes; sin embargo, la limitación de infraestructura de vinculación de la universidad se presenta como un desafío de poca relevancia para la empresa. En investigación, se identificaron oportunidades centradas en el aprovechamiento de los centros de investigación de la universidad, aunque se tomaron en cuenta amenazas considerables debido a la falta de infraestructura adecuada y la baja capacitación tecnológica de los docentes. Finalmente, en gestión la automatización de procesos académicos y administrativos fue definida como una oportunidad para optimizar la gestión de procesos.

Tabla 15. *Matriz POAM*

Factores	Oportunidad	Amenaza	Grado/Impacto				
			1	2	3	4	5
Docencia							
Credibilidad, gobernabilidad y estabilidad institucional universitaria.	x						x
Factores	Oportunidad	Amenaza	Grado/Impacto				
			1	2	3	4	5
Docencia							
Planta docente de la Universidad Nacional de Loja.	x						x
Integración de tecnologías educativas.	x						x
Consultorías y asesoramiento.	x					x	
Desinterés de los estudiantes y docentes.		x			x		
Mercado laboral competitivo.	x					x	
Déficit en el equipamiento y conectividad en aulas y laboratorios.		x			x		
Vinculación con la sociedad							
Colaboración en los proyectos con los	x				x		

Gobiernos Autónomos Descentralizados.						
Información organizada, actualizada y disponible de los resultados de vinculación con la sociedad.	x			x		
Estudiantes, practicantes y pasantes de la Universidad Nacional de Loja.	x				x	

Factores	Oportunidad	Amenaza	Grado/Impacto				
			1	2	3	4	5
Vinculación con la sociedad							
Infraestructura limitada para proyectos de vinculación con la sociedad.		x		x			
Investigación							
Centros de Investigación de la UNL.	x				x		
Laboratorios de investigación con insuficiente infraestructura, personal y equipo técnico.		x			x		
Docentes con bajo nivel de manejo de las TIC.		x				x	
Gestión							
Automatización de procesos.	x					x	

Nota. Elaboración propia. Fuente: Adaptado *Gerencia Estratégica* de Serna (2008) con la información tomada del *Plan Estratégico de Desarrollo Institucional UNL 2024-2028* por UNL (2024).

Perfil de Capacidad Interna

La matriz del PCI ayudó a evaluar las fortalezas y debilidades de la empresa pública en términos de capacidad directiva, competitiva, financiera, tecnológica y talento humano. En la capacidad directiva, se identificaron fortalezas en la imagen corporativa, habilidades de liderazgo, orientación empresarial y sistema de toma de decisiones, mientras que la

evaluación y diagnóstico del entorno presentaron debilidades. En la capacidad competitiva, se resaltaron fortalezas en el conocimiento del mercado, precios accesibles, diversidad de canales publicitarios y de la oferta de capacitación, aunque se identificó una debilidad en las estrategias de posicionamiento empresarial. En la capacidad financiera, la disponibilidad y acceso a recursos y la inversión en infraestructura mostraron debilidades significativas; en cuanto a la capacidad tecnológica, se observaron fortalezas en la disposición de tecnologías y la capacidad de respuesta del departamento tecnológico, pero también una debilidad en los sistemas de seguridad y video vigilancia. Por último, en la capacidad de talento humano, se destacaron fortalezas en el nivel académico y la capacitación de los servidores públicos, mientras que la falta de actividades para promover la salud física y mental, la escasez de personal, la inoperatividad de varios departamentos la carencia de un gerente técnico para la unidad de negocio de capacitación es una debilidad de impacto muy alto.

Tabla 16. *Matriz PCI*

Capacidad	Fortaleza	Debilidad	Grado/Impacto				
			1	2	3	4	5
Directiva							
Imagen corporativa y responsabilidad social.	x					x	
Evaluación y diagnóstico del entorno.		x		x			
Buena Comunicación y control gerencial.	x				x		
Habilidades de liderazgo y gestión.	x					x	
Orientación empresarial.	x					x	
Evaluación de gestión.	x				x		
Competitiva							
Grado de conocimiento de las necesidades del mercado.	x					x	
Capacidad							
Capacidad	Fortaleza	Debilidad	Grado/Impacto				
			1	2	3	4	5
Competitiva							
Reconocimiento de la empresa en comparación con la competencia.	x			x			
Precios accesibles en comparación con empresas del sector.	x						x
Diversidad y efectividad de los canales publicitarios.	x					x	

Falta de estrategias de posicionamiento empresarial en medios de comunicación.		x				x		
Diversidad en la oferta de capacitación.	x							x
Financiera								
Disponibilidad y acceso a recursos cuando los requiere.		x				x		
Inversión en infraestructura y recursos tecnológicos.		x		x				
Tecnológica								
Disposición de tecnologías para brindar servicios de capacitación.	x					x		
Capacidad de respuesta del departamento tecnológico ante posibles contratiempos.	x					x		
Capacidad	Fortaleza	Debilidad	Grado/Impacto					
			1	2	3	4	5	
Tecnológica								
Sistemas de seguridad y video vigilancia insuficiente.		x				x		
Talento humano								
Nivel académico superior de los servidores públicos.	x							x
Nivel académico superior, experiencia y grado de conocimiento de los capacitadores.	x							x
Falta de actividades en el área de trabajo que promueva la salud física y mental.		x				x		
Déficit del personal.		x						x
Inoperatividad de varios departamentos por falta de personal.		x						x
Carencia de un gerente técnico de la unidad de negocio de capacitación.		x						x

Nota. Elaboración propia. Fuente: Adaptado *Gerencia Estratégica* de Serna (2008).

Selección por el método de Pareto para la elaboración de la Matriz FODA

Previo a la elaboración de la matriz FODA se seleccionaron las oportunidades, debilidades y amenazas conforme al análisis de Pareto (80/20), consiguiendo los siguientes resultados:

Fortalezas

De las 14 fortalezas identificadas, se seleccionaron 10 para la elaboración de la matriz FODA, representando el 80,0% del total. Las fortalezas más destacadas incluyen la competitividad en precios, el alto nivel académico del personal, la experiencia de los capacitadores, la diversidad en la oferta de capacitación cada una con un impacto del 9,09%. También se resaltaron la imagen corporativa, las habilidades de liderazgo, la orientación empresarial y el conocimiento del mercado, todas con un impacto significativo.

Tabla 17. Selección de las fortalezas con el principio de Pareto

Fortalezas	Impacto	Porcentaje	% de las fortalezas seleccionadas
Precios accesibles en comparación con empresas del sector.	5	9,09%	9,09%
Nivel académico de los servidores públicos.	5	9,09%	9,09%
Nivel académico, experiencia y grado de conocimiento de los capacitadores	5	9,09%	9,09%
Diversidad en la oferta de capacitación.	5	9,09%	9,09%
Imagen corporativa y responsabilidad social.	4	7,27%	7,27%
Habilidades de liderazgo y gestión.	4	7,27%	7,27%
Orientación empresarial.	4	7,27%	7,27%
Grado de conocimiento de las necesidad del mercado.	4	7,27%	7,27%
Disposición de tecnologías para brindar servicios de capacitación.	4	7,27%	7,27%
Diversidad y efectividad de los canales publicitarios.	4	7,27%	7,27%
Evaluación de gestión.	3	5,45%	
Comunicación y control gerencial.	3	5,45%	
Capacidad de respuesta del departamento tecnológico ante posibles contratiempos.	3	5,45%	
Fortalezas	Impacto	Porcentaje	% de las fortalezas seleccionadas

Reconocimiento de la empresa en comparación con la competencia.	2	3,64%	
Total	55	100,0%	80,00%

Oportunidades

Se lograron identificar 23 oportunidades de las cuales se seleccionaron 17 para la matriz FODA, representando el 82,95% del total. Las oportunidades más relevantes, con un impacto del 5,68% cada una, incluyen la credibilidad institucional de la universidad, la planta docente de la Universidad Nacional de Loja, la integración de tecnologías educativas, y las consultorías y asesoramiento. También se destacaron factores como el elevado uso de internet en la población, la inteligencia artificial, y los convenios de cooperación interinstitucional. Estas oportunidades resaltan el potencial de crecimiento de la empresa en áreas clave, aprovechando las fortalezas institucionales y tecnológicas para generar un impacto positivo y competitivo en el mercado.

Tabla 18. Selección de las oportunidades con el principio de Pareto

Oportunidades	Impacto	%	% de las oportunidades seleccionadas
Credibilidad institucional de la universidad.	5	5,68%	5,68%
Planta docente de la Universidad Nacional de Loja.	5	5,68%	5,68%
Integración de tecnologías educativas.	5	5,68%	5,68%
Consultorías y asesoramiento.	5	5,68%	5,68%
Diversidad cultural de la región sur.	5	5,68%	5,68%
Oportunidades	Impacto	%	% de las oportunidades seleccionadas
Más del 70% de la población utiliza internet.	5	5,68%	5,68%
Inteligencia artificial	5	5,68%	5,68%
Convenios de cooperación interinstitucional de la Universidad Nacional de Loja.	5	5,68%	5,68%
Mercado laboral competitivo.	4	4,55%	4,55%
Estudiantes, practicantes y pasantes de la Universidad Nacional de Loja.	4	4,55%	4,55%
Automatización de procesos.	4	4,55%	4,55%
Legislación educativa.	4	4,55%	4,55%
Ley orgánica para la transformación digital y audiovisual.	4	4,55%	4,55%
Normas ISO	4	4,55%	4,55%
Colaboración en los proyectos con los Gobiernos Autónomos Descentralizados.	3	3,41%	3,41%

Información organizada, actualizada y disponible de los resultados de vinculación con la sociedad.	3	3,41%	3,41%
Responsabilidad Social Empresarial (RSE).	3	3,41%	3,41%
Oportunidades	Impacto	%	% de las oportunidades seleccionadas
Centros de Investigación de la UNL.	3	3,41%	
Nivel de preparación académica de la provincia de Loja.	3	3,41%	
Proyectos de investigación del Centro de Investigación Tecnológicas y Energéticas (CITE) de la Universidad Nacional de Loja (UNL).	3	3,41%	
Producto Interno Bruto (PIB).	2	2,27%	
Salario Básico Unificado.	2	2,27%	
Reducción en los niveles de analfabetismo.	2	2,27%	
Total	88	100,00%	82,95%

Debilidades

Con respecto a las debilidades, se identificaron 7 factores que afectan a la empresa, de estos se escogieron a 5 para la elaboración de la matriz FODA, representando el 82,35% del total. Las debilidades más críticas, cada una con un impacto del 14,71%, incluyen los sistemas de seguridad, la escasez de personal, inoperatividad de los departamentos y carencia de un gerente técnico para los servicios de capacitación. También se destacaron la falta de estrategias de posicionamiento empresarial en medios de comunicación, la disponibilidad y acceso a recursos cuando se requieren cada una con un impacto del 11,76%

Tabla 19. Selección de las debilidades con el principio de Pareto

Debilidades	Impacto	%	% de debilidades seleccionadas
Sistemas de seguridad.	5	14,71%	14,71%
Déficit del personal administrativo	5	14,71%	14,71%
Inoperatividad de varios departamentos por falta de personal.	5	14,71%	14,71%
Carencia de un gerente técnico de la unidad de negocio de capacitación.	5	14,71%	14,71%
Falta de estrategias de posicionamiento empresarial en medios de comunicación.	4	11,76%	11,76%

Disponibilidad y acceso a recursos cuando los requiere.	4	11,76%	11,76%
Falta de actividades en el área de trabajo que promueva la salud física y mental.	2	5,88%	
Evaluación y diagnóstico del entorno.	2	5,88%	
Inversión en infraestructura y recursos tecnológicos.	2	5,88%	
Total	26	100,00%	82,35%

Amenazas

Por último, de las 11 amenazas detectadas, 8 fueron consideradas para la elaboración de la matriz FODA, lo cual representa el 80,95% del total. Las amenazas más significativas, cada una con un impacto del 11,90%, envuelven la inestabilidad política, los decretos ejecutivos de estado de excepción y toques de queda por el aumento de la violencia e inseguridad, y el déficit energético; otras amenazas importantes, con un impacto del 9,52% cada una, son el bajo nivel de manejo de las TIC por parte de los docentes, la percepción ciudadana sobre la credibilidad de las instituciones públicas, el déficit en el PGE y la inversión estatal en educación.

Tabla 20. Selección de amenazas con el principio de Pareto

Amenazas	Impacto	%	% de las amenazas seleccionadas
Inestabilidad política.	5	11,90%	11,90%
Decretos ejecutivos de estado de excepción y toques de queda por aumento de los índices de violencia e inseguridad.	5	11,90%	11,90%
Déficit energético.	5	11,90%	11,90%
Docentes con bajo nivel de manejo de las TIC.	4	9,52%	9,52%
Percepción ciudadana sobre la credibilidad de las instituciones públicas.	4	9,52%	9,52%
Déficit en el Presupuesto General del Estado (PGE).	4	9,52%	9,52%
Inversión estatal en educación.	4	9,52%	9,52%
Desinterés de los estudiantes y docentes.	3	7,14%	7,14%
Déficit en el equipamiento y conectividad en aulas y laboratorios.	3	7,14%	
Laboratorios de investigación con	3	7,14%	

insuficiente infraestructura, personal y equipo técnico.			
Infraestructura limitada para proyectos de vinculación con la sociedad.	2	4,76%	
Total	42	100,00%	80,95%

Matriz FODA

Tabla 21. *Matriz FODA de los servicios de capacitación de la empresa pública La Nacional de Loja-EP*

Fortalezas	Debilidades
1. Imagen corporativa y responsabilidad social. 2. Diversidad en la oferta de capacitación. 3. Habilidades de liderazgo y gestión. 4. Grado de conocimiento de las necesidades del mercado. 5. Precios accesibles en comparación con empresas del sector. 6. Diversidad y efectividad de los canales publicitarios. 7. Nivel académico superior de los servidores públicos. 8. Nivel académico superior, experiencia y grado de conocimiento de los capacitadores 9. Orientación empresarial 10. Disposición de tecnologías para brindar servicios de capacitación.	1. Falta de estrategias de posicionamiento empresarial en medios de comunicación. 2. Disponibilidad y acceso a recursos cuando los requiere. 3. Sistemas de seguridad y video vigilancia insuficiente. 4. Déficit del personal administrativo. 5. Inoperatividad de varios departamentos por falta de personal. 6. Carencia de un gerente técnico de la unidad de negocio de capacitación.
Oportunidades	Amenazas
1. Diversidad cultural de la región del sur. 2. Más del 70% de la población utiliza internet. 3. Inteligencia artificial. 4. Ley orgánica para la transformación digital y audiovisual. 5. Responsabilidad Social Empresarial (RSE). 6. Convenios de cooperación interinstitucional de la Universidad Nacional de Loja. 7. Normas ISO 8. Credibilidad, gobernabilidad y estabilidad institucional universitaria. 9. Planta docente de la Universidad Nacional de Loja. 10. Integración de tecnologías educativas. 11. Consultorías y asesoramiento. 12. Mercado laboral competitivo. 13. Colaboración en los proyectos con los Gobiernos Autónomos Descentralizados. 14. Información organizada, actualizada y disponible de los resultados de vinculación con la sociedad. 15. Estudiantes, practicantes y pasantes de la Universidad Nacional de Loja.	1. Inestabilidad política del país. 2. Decretos ejecutivos de estado de excepción y toques de queda por aumento de los índices de violencia e inseguridad. 3. Percepción ciudadana sobre la credibilidad de las instituciones públicas. 4. Déficit en el Presupuesto General del Estado (PGE). 5. Inversión estatal en educación. 6. Déficit energético. 7. Desinterés de los estudiantes y docentes en participar en los cursos de formación. 8. Docentes con bajo nivel de manejo de las TIC.

16. Automatización de procesos.

17. Legislación educativa.

Nota. Elaboración propia.

3.2. Elaborar el plan estratégico para los servicios de educación continua de la empresa pública La Nacional- EP, en función de los resultados del diagnóstico efectuado.

Elementos orientadores Misión y Visión

En los elementos orientadores se tomó en cuenta la misión y visión de la empresa, en este caso ya estaban definidos, por ende, se procedió únicamente a identificar y explicar los elementos que conforman la misión y visión.

Tabla 22. Elementos de la misión y visión de la empresa pública La Nacional de Loja-EP

Misión: Contribuimos al fortalecimiento del ecosistema educativo y empresarial a través de soluciones de formación, capacitación y asesoría.		
Elemento	Pregunta	Respuesta
Propósito	¿Por qué existe la organización?	Porque desea contribuir al fortalecimiento del ecosistema educativo y empresarial.
Clientes o beneficiarios	¿A quiénes va dirigido la prestación de los servicios?	Todos aquellos que integran el ecosistema educativo y empresarial.
Servicio que ofrece la organización	¿Qué tipo de producto bien o servicio ofrece la organización?	Soluciones de formación, capacitación y asesoría.
Impacto o valor de organización	¿Qué impacto o valor genera la organización?	Fortalecer el ecosistema educativo y empresarial, aportando al desarrollo social, económico y productivo.
Visión: Ser un referente de la generación y gestión de conocimiento e innovación que aporte al desarrollo social, económico y productivo de la región.		
Elemento	Pregunta	Respuesta
Propósito de la organización	¿Qué queremos lograr a futuro?	Aportar al desarrollo productivo, económico y social de la región.
Percepción deseada sobre la organización.	¿Cómo queremos ser percibidos a futuro?	Como un referente de generación y gestión de conocimiento.
Ámbito o alcance	¿Dónde queremos generar un cambio?	Impactar significativamente en el sector público y privado de la región.

Valores

Los valores que forman parte de la cultura empresa para la oferta de los programas de capacitación fueron definidos en la matriz axiológica como se aprecia en la tabla siguiente se establecieron 8 valores relacionándolos con los 5 grupos de impacto.

Tabla 21. Matriz axiológica de la empresa pública La Nacional de Loja-EP

Grupos de impacto	Comunidad Universitaria	Administración pública	clientes	Servidores públicos de la EP	Sociedad en general
Valores					

Responsabilidad	Gestión eficiente de los recursos universitarios.	Colaboración efectiva y transparente.	Prestación de servicios de buena calidad.	Cumplimiento eficiente de sus funciones.	Promoción de una cultura responsable.
Solidaridad	Fortalecimiento de un ambiente universitario colaborativo y solidario.	Establecimiento de alianzas para abordar problemas sociales y desarrollar soluciones.	Atención solidaria y empática.	Ambiente de trabajo colaborativo, participativo y solidario.	Impulso de una sociedad solidaria, justa y equitativa.
Honestidad	Actuar con honestidad en los diferentes procesos de cooperación con la universidad.	Cooperación basada en honestidad para fortalecer la confianza y el trabajo en equipo.	Comunicación honesta y efectiva para garantizar la fidelidad del cliente.	Integridad en el desempeño laboral.	Promover una cultura de honestidad en todos los ámbitos.
Ética y transparencia	Buena reputación institucional caracterizada por la ética y transparencia.	Cumplimiento de las diferentes leyes, reglamentos, normas, etc.	Transparencia en la ejecución de los procesos y prestación de servicios.	Cumplimiento de las normativas y respeto a las funciones establecidas en el estatuto.	Fortalecimiento de la ética y transparencia en la sociedad.
Eficiencia	Optimización de procesos y recursos.	Uso óptimo de los recursos públicos en la realización de políticas, programas y proyectos.	Agilidad en el proceso de inscripción, capacitación y certificación.	Uso eficiente de los recursos para el desempeño de funciones.	
Eficacia	Cumplimiento de los objetivos educativos.	Cumplimiento en las metas y objetivos de las políticas, programas y proyectos.	Cumplimiento de las expectativas del cliente.	Cumplimiento de los objetivos y metas establecidos por la empresa pública.	
Grupos de impacto	Comunidad Universitaria	Administración pública	clientes	Servidores públicos	Sociedad en general
Valores					
Innovación	Contribuir en la innovación de los procesos educativos.		Innovación en la oferta de los servicios de capacitación.	Uso de nuevas tecnologías y automatización de procesos.	Mejorar la calidad de vida y promover el desarrollo sostenible
Responsabilidad social	Generar un impacto social positivo en la universidad.	Contribuir al bienestar público.	Servicios con alto impacto social.	Participación en actividades e iniciativas ciudadanas.	Garantizar la calidad de vida y el desarrollo social.

Fuente: Adaptado de Gerencia estratégica Serna (2008).

Objetivos estratégicos

En base a la misión, visión y el análisis FODA se procedió a elaborar los objetivos estratégicos con sus respectivas políticas y objetivos operativos.

Figura 23. *Objetivos estratégicos de los servicios de capacitación de la empresa pública La Nacional de Loja-EP.*

Objetivo estratégico 1	Objetivo estratégico 2	Objetivo estratégico 3	Objetivo estratégico 4
Fortalecer la gestión institucional asegurando la calidad y eficiencia en los servicios de capacitación y el manejo transparente de los recursos.	Ofrecer soluciones de formación y capacitación garantizando la calidad, continuidad e innovación en el proceso de aprendizaje en modalidad presencial, virtual e híbrido, dirigidas al sector público, privado y a la sociedad en general, con acceso a tecnologías educativas y personal calificado.	Consolidar la imagen institucional y el posicionamiento de la empresa en el mercado como un referente de gestión del conocimiento a nivel local, provincial y regional, incorporando prácticas que aporten al bien común y al cuidado del medio ambiente.	Promover la innovación e investigación en el desarrollo de los programas de formación y capacitación, estableciendo alianzas estratégicas con instituciones educativas y empresas privadas a nivel local, provincial y regional para el desarrollo de nuevas competencias y habilidades requeridas en el mercado laboral que contribuyan al desarrollo social, económico y productivo de la región.

Nota. Elaboración propia. Propuesta de los 4 objetivos estratégicos para los servicios de capacitación de la empresa pública.

Estrategias FO, FA, DO, DA

En función del análisis FODA se relacionaron cada uno de sus elementos para definir las estrategias.

Tabla 24. *Estrategias FO, FA, DO, DA de la empresa pública La Nacional de Loja-EP*

Estrategias FO	Estrategias FA
F1, O5 Fortalecer la imagen corporativa por medio del diseño de programas alineados a las tendencias y políticas de RSE.	F1, F6, A3 Utilizar la imagen corporativa para la difusión en los canales publicitarios sobre el aporte de la empresa a la sociedad para contrarrestando la percepción negativa de la ciudadanía sobre las instituciones públicas.
F2, O1 Diversificar la oferta de los programas de capacitación incorporando conocimientos, costumbres, tradiciones, etc. de las culturas de la región sur del Ecuador.	F3, A4, A5 Liderar y gestionar nuevas alianzas con actores del sector privado disminuyendo el grado de dependencia de la universidad como proveedor de tecnologías, información estadística y personal capacitador.
F3, O10 Utilizar las habilidades de liderazgo y gestión para conseguir con la planta docente de la universidad la identificación de nuevos temas y ofertas de capacitación.	F10, A1, A2, A6 Ampliar e innovar la disposición de herramientas tecnologías educativas para que las actividades de aprendizaje del usuario no se vean afectadas.
F3, O11, O14, Gestionar el acceso a la información actualizada del departamento de vinculación con la sociedad, consultorías y asesoramiento para la toma de decisiones y estudios de mercado.	F6, A7 Crear campañas publicitarias atractivas para los docentes y estudiantes, motivándolos a participar de los cursos de formación en la faceta de colaboradores o usuarios.
F4, O2 Aprovechar el alto índice de personas que utilizan internet en el país para desarrollo y promoción cursos de capacitación en línea.	
F5, O13 Aprovechar el mercado laboral competitivo ofreciendo programas de capacitación de calidad con precios	

accesibles, para que las personas puedan acceder con mayor facilidad a un empleo.

F6, F8, O9, O11 Aprovechar la diversidad y efectividad de los canales publicitarios para dar a conocer el nivel académico y la experiencia de los capacitadores, así como la integración de tecnologías educativas de la universidad para mejorar la formación de los usuarios.

F8, A8 Identificar los docentes capacitadores con experiencia en el manejo de las TIC y proponer cursos de formación e el manejo de la tecnología.

F4, F6, A7 Crear un programa de incentivos que motive a docentes y estudiantes a formar parte de la unidad de negocio de capacitación, como practicantes, pasantes, colaboradores o usuarios.

Estrategias FO

F7, O16 Utilizar el nivel académico de los servidores públicos para la identificación de áreas de mejora en los procesos de gestión.

F10, O3 Integrar chatbots educativos en las herramientas virtuales usadas en los cursos de capacitación como método de asistencia y apoyo ante cualquier inquietud del usuario.

Estrategias FA

Estrategias DO

D1, O2, Crear contenidos innovadores y atractivos para publicar en redes sociales, ampliado la cobertura y uso de redes sociales tradicionales e integrando plataformas como X, TikTok, LinkedIn, entre otras.

D1, O15 Coordinar con la universidad para que los estudiantes participen en la publicidad e información sobre los cursos de capacitación, desarrollando campañas que den a conocer la empresa a nivel local.

D1, O3 Optimizar la creación de publicidad haciendo uso de la inteligencia artificial.

D2, O6, O13 Acceder a recursos e infraestructura por medio de los convenios de cooperación institucional de la universidad con entidades públicas y privadas.

D5, D2, O16 Automatizar procesos administrativos coordinando con la universidad el acceso y desarrollo de software.

D4, D5, D6, O9, O11 Cubrir las necesidades del personal por medio de asesorías y consultas a la planta docente sobre cualquier inquietud o problema de gestión.

D4, O15 Cubrir las necesidades de personal con ayuda de los estudiantes de la universidad.

Estrategias DA

D1, A1, A2, A7 Desarrollar estrategias de comunicación (redes sociales y plataformas virtuales) que permitan la comunicación entre la empresa y los usuarios durante periodos de inestabilidad política, estados de excepción y cortes de energía.

D1, A3 Desarrollar estrategias de marketing en destacando los logros de la empresa, la responsabilidad social y transparencia.

D2, A1, A2, A7 Asegurar la operatividad de la empresa elaborando planes de contingencia ante situaciones de emergencia.

D3, A2 Mejorar los sistemas de seguridad y video vigilancia a través de la cooperación interinstitucional.

Políticas y objetivos operativos

Luego de haber establecido los objetivos estratégicos se continuó con el proceso de elaborar las políticas y objetivos operativos para cada uno de los 4 objetivos. Para el primer objetivo estratégico: Fortalecer la gestión institucional asegurando la calidad y eficiencia en los servicios de capacitación y el manejo transparente de los recursos, se establecieron 3 políticas y 9 objetivos operativos.

Tabla 25. Políticas y objetivos operativos del objetivo estratégico 1

Políticas	Objetivos operativos
Identificar potenciales actores que ayuden a fortalecer la gestión institucional.	Contar con una página web para informar, comercializar, formar una comunidad, interactuar y ofrecer atención al cliente.

- Optimizar la gestión de procesos por medio de la innovación tecnológica y la mejora continua.
- Manejar los recursos bajo los principios establecidos en la Constitución de la República del Ecuador, la Ley Orgánica de Empresa Públicas (LOEP), la Ley Orgánica del Servicio Público (LOSEP), la Ley Orgánica de la Contraloría General del Estado y la Ley Orgánica de Transparencia y Acceso a la Información Pública (LOTAIP).
- Publicar en el sitio web de la empresa la información sobre transparencia y rendición de cuentas, en cumplimiento con el Artículo 7 de la Ley Orgánica de Transparencia y Acceso a la Información Pública (LOTAIP).
- Contar con un sistema certificado de gestión de la calidad basado en la norma ISO 9001:2015 Sistema de Gestión de la Calidad (SGC).
- Mejorar la eficiencia operativa mediante la revisión y optimización de los procesos durante la fase de formulación, implementación, evaluación y certificación.
- Contar con un sistema para la recopilación, almacenamiento, procesamiento y distribución de la información de manera eficiente y efectiva para la toma de decisiones.
- Promover una cultura enfocada en la mejora continua en todos los ámbitos de gestión institucional.
- Promover la capacitación y especialización de los servidores públicos en relación a las tendencias del sector y mejores prácticas de gestión, así como el manejo de nuevas tecnologías.
- Diseñar e implementar un plan de prácticas, pasantías y proyectos de grado para estudiantes de la UNL.
- Promover la salud física y mental de los servidores públicos.

Para el segundo objetivo estratégico: Ofrecer soluciones de formación y capacitación garantizando la calidad, continuidad e innovación en el proceso de aprendizaje en modalidad presencial, virtual e híbrido, dirigidas al sector público, privado y sociedad en general, con acceso a tecnologías educativas y personal calificado, se establecieron 6 políticas y 8 objetivos operativos.

Tabla 26. *Políticas y objetivos operativos del objetivo estratégico 2*

Políticas	Objetivos operativos
• Desarrollar programas de formación alineados con las tendencias educativas en varias ramas de la ciencia que aporten al desarrollo económico y social. • Diversificar la oferta incorporando tradiciones culturales de la región. • Garantizar que el personal capacitador esté bien calificado para impartir las enseñanzas de formación. • Asegurar que los docentes y usuarios tengan acceso a todas las tecnologías educativas • Incorporar la tecnología para garantizar la continuidad y comunicación entre la empresa, docentes y usuarios. • Garantizar la credibilidad de las certificaciones	• Diversificar el plan de capacitación incorporando cursos de formación sobre tradiciones y saberes ancestrales de las culturas de la región sur, y con temas inclusivos de formación para personas con capacidades especiales. • Realizar un estudio de mercado a nivel local y provincial. • Brindar asistencia personalizada y en tiempo real a los usuarios en las plataformas digitales utilizando herramientas de inteligencia artificial. • Disponer de una aplicación móvil que integre tecnologías educativas de la empresa y universidad, permitiendo acceder al usuario a contenido educativo, evaluación de conocimientos y adaptar el proceso de enseñanza a cualquier lugar.

- Adoptar técnicas de gamificación en los procesos de aprendizaje para aumentar la motivación y creatividad de los usuarios.
- Introducir sistemas de respuesta inmediata para facilitar la evaluación continua y la retroalimentación.
- Garantizar que los usuarios tengan acceso a espacios físicos de aprendizaje, mejorando la experiencia y calidad en el proceso de aprendizaje.
- Incrementar el acceso a espacios físicos de aprendizaje de la UNL.
- Lograr la acreditación por parte del Ministerio de Trabajo para la certificación por competencias laborales.

Para el tercer objetivo estratégico: Consolidar la imagen institucional y el posicionamiento de la empresa en el mercado como un referente de gestión del conocimiento a nivel local, provincial y regional, incorporando prácticas que aporten al bien común y al cuidado del medio ambiente, se establecieron 3 políticas y 7 objetivos operativos.

Tabla 25. Políticas y objetivos operativos del objetivo estratégico 3

Políticas	Objetivos operativos
• Desarrollar e implementar una cultura empresarial fundamentada en la Responsabilidad Social que contribuya al bien común y al cuidado de la naturaleza. • Promover un entorno de aprendizaje inclusivo y diverso • Elaborar estrategias de posicionamiento en los medios de comunicación basadas en el respeto hacia la competencia.	• Formular e implementar estrategias de comunicación para la publicidad y el reconocimiento de la marca. • Desarrollar ferias de exposición de los proyectos realizados en los cursos de formación. • Implementar tecnologías educativas inclusivas para personas con capacidades especiales, asegurando el derecho universal a la educación. • Fomentar prácticas de responsabilidad social en la comunidad. • Integrar enfoques de sostenibilidad en los programas de formación. • Fortalecer la cultura corporativa y el compromiso en el cuidado del medio ambiente. • Ofrecer programas de formación gratuitos o subsidiados, dirigidos a los grupos vulnerables. • Promover el uso de fuentes de energía renovable en la empresa para fomentar la sostenibilidad.

Para el cuarto objetivo estratégico: Promover la innovación e investigación en el desarrollo de los programas de formación y capacitación, estableciendo alianzas estratégicas con instituciones educativas y empresa privadas a nivel local, provincial y regional para el desarrollo de nuevas competencias y habilidades requeridas en el mercado laboral que contribuyan al desarrollo social, económico y productivo de la región, se establecieron 2 políticas y 4 objetivos operativos.

Tabla 27. *Políticas y objetivos operativos del objetivo estratégico 4*

Políticas	Objetivo operativos
• Establecer convenios de cooperación con instituciones públicas y privadas que se alineen a la misión y visión de la empresa. • Establecer convenios de cooperación institucional con empresas del sector público y privado bajo los principios de eficiencia, eficacia y transparencia.	• Establecer alianzas estratégicas con instituciones educativas, públicas y privadas. • Desarrollar proyectos de investigación e innovación en colaboración con empresas del sector privado y público. • Fomentar la participación de expertos académicos. • Crear un sistema de incubación de proyectos.

Metas e indicadores

A continuación, se presentan las metas con sus respectivos indicadores de medición y formula, elaboradas en relación a los objetivos operativos para el cumplimiento de los objetivos estratégicos.

Tabla 28. *Metas e indicadores del objetivo estratégico 1*

Objetivo estratégico 1: Fortalecer la gestión institucional asegurando la calidad y eficiencia en los servicios de capacitación y el manejo transparente de los recursos.		
Objetivo operativo 1: Contar con una página web para informar, comercializar, formar una comunidad, interactuar y ofrecer atención al cliente.		
Metas	Indicador	Formula
Desarrollar y lanzar la página web hasta el cuarto trimestre de 2025.	Porcentaje del progreso en el desarrollo y lanzamiento de la página web.	$\frac{\text{Número de etapas completadas}}{\text{Número de etapas planificadas}} * 100$
Al cuarto trimestre de 2028, comercializar 5 cursos asincrónicos por medio de la página web.	Número de cursos asincrónicos comercializados	Total de cursos asincrónicos comercializados.
Hasta el tercer trimestre de 2028 registrar 1000 visitas en la página web.	Número de visitas registradas en la página web.	Total de visitas registradas.
Objetivo operativo 2: Publicar en el sitio web de la empresa la información sobre transparencia y rendición de cuentas, en cumplimiento con el Artículo 7 de la Ley Orgánica de Transparencia y Acceso a la Información Pública (LOTAIP)		
Metas	Indicador	Formula
Subir toda la información pública en la página web institucional hasta el primer trimestre del año 2026.	Porcentaje de la información pública subida en la página web	$\frac{\text{Cantidad de información pública subida}}{\text{Cantidad de información requerida según el art.7 de la LOTAIP}} * 100$
Hasta el primer trimestre de cada año se actualizara al 100% la información pública.	Porcentaje de la información pública actualizada.	$\frac{\text{Cantidad de información actualizada}}{\text{Total de información pública anual}} * 100$
Objetivo operativo 3: Contar con un sistema certificado de gestión de la calidad basado en la norma ISO 9001:2015 Sistema de Gestión de la Calidad (SGC).		
Metas	Indicador	Formula
Diseñar e implementar el SGC basado en las normas ISO 9001:2015 hasta el cuarto trimestre de 2026.	Porcentaje de avance en el diseño e implementación de SGC basado en las normas ISO.	$\frac{\text{Número de etapas completadas}}{\text{Número de etapas planificadas}} * 100$

Al cuarto trimestre de 2028 lograr la certificación de las normas ISO para el SGC.	Certificación ISO para el SGC.	Certificación ISO obtenido Sí/No
--	--------------------------------	----------------------------------

Objetivo operativo 4: Mejorar la eficiencia operativa mediante la revisión y optimización de los procesos

Metas	Indicador	Formula
Realizar una auditoría de todos los procesos actuales de la EP para la prestación de los servicios de capacitación hasta el primer trimestre del 2026.	Porcentaje de los procesos auditados.	$(\text{Cantidad de procesos auditados} / \text{Total de procesos existentes}) * 100$

Rediseñar el 100% de los procesos con ineficiencia hasta el primer trimestre de 2027.	Porcentaje de procesos rediseñados.	$(\text{Cantidad de procesos rediseñados} / \text{Total de procesos ineficientes}) * 100$
---	-------------------------------------	---

Automatizar al menos 2 procesos hasta el primer trimestre de 2028.	Número de procesos automatizados.	Total de procesos automatizados
--	-----------------------------------	---------------------------------

Objetivo operativo 5: Contar con un sistema para la recopilación, almacenamiento, procesamiento y distribución de la información de manera eficiente y efectiva para la toma de decisiones.

Metas	Indicador	Formula
Diseñar e implementar el sistema de gestión de la información hasta el cuarto trimestre de 2027.	Porcentaje en el progreso del diseño e implementación del sistema de gestión de la información.	$(\text{Número de etapas completadas} / \text{Número de etapas planificadas}) * 100$

Objetivo operativo 5: Contar con un sistema para la recopilación, almacenamiento, procesamiento y distribución de la información de manera eficiente y efectiva para la toma de decisiones.

Metas	Indicador	Formula
Cada año, actualizar la información en el sistema	Porcentaje de información actualizada en el sistema.	$(\text{Información actualizada en el sistema} / \text{Total de información por actualizar}) * 100$

Objetivo operativo 6: Promover una cultura empresarial enfocada en la mejora continua en todos los ámbitos de gestión institucional.

Metas	Indicador	Formula
Crear 4 espacios de discusión para abordar propuestas de mejora continua en los procesos, hasta el cuarto trimestre de 2028.	Número de espacios de discusión creados.	Total de espacios de discusión creados.

Objetivo operativo 7: Promover la capacitación y especialización de los servidores públicos en relación con las tendencias del sector y mejores prácticas de gestión.

Metas	Indicador	Formula
Hasta el segundo trimestre de cada año elaborar y aprobar el plan de capacitación alineado con las tendencias del sector y mejores prácticas de gestión.	Estado de aprobación del plan de capacitación.	Plan aprobado si/no

Objetivo operativo 8: Diseñar e implementar un plan de prácticas, pasantías y proyectos de grado para estudiantes de la UNL.

Metas	Indicador	Formula
Hasta el segundo trimestre de cada año, elaborar y aprobar el plan de prácticas, pasantías y proyectos de grado para estudiantes de la UNL.	Estado de aprobación plan de prácticas, pasantías y proyectos de grado.	Plan de prácticas, pasantías y proyectos de grado aprobado Sí/No.

Objetivo operativo 9: Promover la salud física y mental de los servidores públicos.		
Metas	Indicador	Formula
Elaborar el cronograma de actividades físicas y mentales hasta el primer trimestre de 2025.	Estado de elaboración del cronograma de actividades físicas y mentales.	Cronograma de actividades físicas y mentales elaborado Sí/No.
Anualmente ejecutar el cronograma de actividades físicas y mentales	Porcentaje de actividades físicas y mentales ejecutadas	$(\text{Número de actividades realizadas} / \text{Número total de actividades planificadas}) * 100$
Lograr la participación de 100% del personal en las actividades que promuevan la salud física y mental.	Porcentaje de participación del personal en las actividades físicas y mentales.	$(\text{Cantidad total del personal que participa} / \text{Total del personal}) * 100$

Tabla 28. Metas e indicadores del objetivo estratégico 2

Objetivo estratégico 2: Ofrecer soluciones de formación y capacitación garantizando la calidad, continuidad e innovación en el proceso de aprendizaje en modalidad presencial, virtual e híbrido, dirigidas al sector público, privado y sociedad en general, con acceso a tecnologías educativas y personal calificado.		
Objetivo operativo 1: Diversificar el plan de capacitación incorporando cursos de formación sobre tradiciones y saberes ancestrales de las culturas, y con temas inclusivos de formación para personas con capacidades especiales.		
Metas	Indicador	Formula
Ofertar 8 cursos para personas con capacidades especiales hasta el cuarto trimestre de 2028.	Número de cursos ofertados para personas con capacidades especiales.	Total de cursos ofertados para personas con capacidades especiales.
Ofertar 8 cursos relacionados a los saberes, tradiciones y costumbres de las culturas de la región sur del Ecuador.	Número de cursos ofertados sobre costumbres y tradiciones de la región sur del Ecuador.	Total de cursos ofertados sobre costumbres y tradiciones de la región sur del Ecuador.
Objetivo operativo 2: Realizar un estudio de mercado a nivel local y provincial.		
Metas	Indicador	Formula
Recopilar 700 encuestas a nivel local y provincial sobre las preferencias de formación y capacitación en el mercado laboral público y privado hasta el tercer trimestre de 2025.	Número de encuestas recopiladas sobre las preferencias de formación y capacitación en el mercado laboral público y privado	Total de encuestas recopiladas sobre las preferencias de formación y capacitación en el mercado laboral público.
Recopilar 400 encuestas sobre las necesidades de formación y capacitación de los docentes de la UNL hasta el tercer trimestre de 2025.	Número de encuestas recopiladas sobre las preferencias de formación y capacitación de la planta docente de la UNL.	Total de encuestas recopiladas sobre las preferencias de formación y capacitación de la planta docente de la UNL.
Recopilar 400 encuestas sobre las necesidades de formación y capacitación de los estudiantes de cada facultad de la UNL hasta el tercer trimestre de 2025.	Número de encuestas recopiladas sobre las preferencias de formación y capacitación de los estudiantes de cada facultad de la UNL.	Total de encuestas recopiladas sobre las necesidades de formación y capacitación de los estudiantes de cada facultad de la UNL.
Recopilar 400 encuestas de las necesidades de formación y capacitación de los exestudiantes de grado y posgrado de la UNL en las modalidades presencial y en línea hasta el tercer trimestre de 2025.	Número de encuestas recopiladas sobre las preferencias de formación y capacitación de los exestudiantes de grado y posgrado de la UNL	Total de encuestas recopiladas sobre las preferencias de formación y capacitación de los exestudiantes de grado y posgrado de la UNL.
Identificar 10 temas prioritarios de formación hasta el tercer trimestre de 2025.	Número de temas prioritarios identificados.	Total de temas prioritarios identificados.

Objetivo operativo 3: Brindar asistencia personalizada y en tiempo real a los usuarios en las plataformas digitales utilizando herramientas de inteligencia artificial.

Metas	Indicador	Formula
Al primer trimestre de 2028, desarrollar e integrar un chatbot en las plataformas virtuales (página web, aplicación móvil y redes sociales) que maneja la empresa para brindar asistencia virtual al usuario.	Porcentaje de integración de chatbots para brindar asistencia virtual en las plataformas virtuales.	$(\text{Número de plataformas con chatbots integrados} / \text{Número total de plataformas virtuales}) * 100$
Lograr el nivel de satisfacción del 75% en atención al usuario con asistencia virtual de los chatbots hasta el cuarto trimestre de 2028.	Porcentaje de satisfacción del usuarios con asistencia virtual de los chatbots.	$(\text{Número de usuarios satisfechos en atención al usuarios con asistencia virtual} / \text{Total de usuarios}) * 100$

Objetivo operativo 4: Disponer de una aplicación móvil que integre tecnologías educativas de la empresa y universidad, permitiendo acceder al usuario a contenido educativos, evaluación de conocimientos y adaptar el proceso de enseñanza a cualquier lugar.

Metas	Indicador	Formula
Desarrollar e implementar una aplicación móvil enlazada a las herramientas virtuales de aprendizaje hasta el primer trimestre de 2028.	Porcentaje de desarrollo e implementación de la aplicación móvil.	$(\text{Número de etapas completadas} / \text{Número de etapas planificadas}) * 100$
Registrar 100 descargas de la aplicación móvil hasta el cuarto trimestre de 2028.	Número de descargas de la aplicación móvil.	Total de descargas registradas.

Objetivo operativo 5: Adoptar técnicas de gamificación en los procesos de aprendizaje para aumentar la motivación y creatividad de los usuarios.

Metas	Indicador	Formula
Hasta el cuarto trimestre de 2027, diseñar e integrar un módulo de gamificación en la plataforma de aprendizaje online que incluya 2 tipos de juegos interactivos.	Porcentaje de integración del módulo de gamificación.	$(\text{Número de componentes completados} / \text{Número de componentes planificados}) * 100$
Al cuarto trimestre de 2028, lograr que el 75% de los usuarios participen en las actividades de gamificación disponibles en la plataforma.	Porcentaje de los usuarios que participan en las actividades de gamificación	$(\text{Número de usuarios que participan en las actividades de gamificación} / \text{Total de usuarios}) * 100$

Objetivo operativo 6: Introducir sistemas de respuesta inmediata para facilitar la evaluación continua y la retroalimentación.

Objetivo operativo 6: Introducir sistemas de respuesta inmediata para facilitar la evaluación continua y la retroalimentación.

Metas	Indicador	Formula
Integrar 4 plataformas virtuales nuevas de respuesta inmediata en los cursos de capacitación hasta el primer trimestre de 2028.	Número de plataformas virtuales de respuesta inmediata integradas.	Total de plataformas de respuesta inmediata integradas.

Objetivo operativo 7: Garantizar que los usuarios tengan acceso a espacios físicos de aprendizaje, mejorando la experiencia y calidad en el proceso de aprendizaje.

Metas	Indicador	Formula
-------	-----------	---------

Ampliar en un 25 % el acceso a los espacios físicos disponibles de la UNL hasta el cuarto trimestre de 2028.	Porcentaje de incremento en el acceso a los espacios físicos de las UNL.	$(\text{Acceso post} - \text{acceso pre} / \text{Acceso pre}) * 100$
Organizar 4 eventos y actividades adicionales de aprendizaje en los espacios físicos de la UNL hasta el cuarto trimestre de 2028.	Número de eventos y actividades de aprendizaje organizadas.	Total eventos y actividades de aprendizaje organizadas.
Extender las horas de accesos a los espacios físicos en un 20% hasta el cuarto trimestre de 2028.	Porcentaje de incremento en las horas de acceso a los espacios físicos de la UNL.	$(\text{Horas de acceso actuales} - \text{horas de acceso anteriores}) / \text{Horas de acceso anteriores} * 100$
Objetivo operativo 8: Lograr la acreditación por parte del Ministerio de Trabajo para la certificación por competencias laborales.		
Metas	Indicador	Formula
Certificar 8 programas de capacitación hasta el cuarto trimestre de 2028.	Número de programas de capacitación certificados.	Total de programas de capacitación certificados.

Nota. Elaboración propia

Tabla 29. Metas e indicadores del objetivo estratégico 3

Objetivo estratégico 3: Consolidar la imagen institucional y el posicionamiento de la empresa en el mercado como un referente de gestión del conocimiento a nivel local, provincial y regional, incorporando prácticas que aporten al bien común y el cuidado del medio ambiente.		
Objetivo operativo 1: Formular e implementar estrategias de comunicación para la publicidad y el reconocimiento de la marca.		
Metas	Indicador	Formula
Diseñar y aprobar el plan de comunicación para la publicidad y reconocimiento de la empresa en el mercado hasta el primer trimestre de 2026.	Estado de diseño y aprobación del plan de comunicación.	Plan aprobado Sí/No
Conseguir al menos 9 apariciones en medios de comunicación locales y provinciales hasta el tercer trimestre de 2028.	Número de apariciones en medios de comunicación.	Total de apariciones en los medios locales y provinciales.
Objetivo operativo 2: Desarrollar ferias de exposición de los proyectos realizados en los cursos de formación.		
Metas	Indicador	Formula
Realizar anualmente la feria de exposición de los proyectos de capacitación.	Número de ferias realizadas sobre los proyectos de capacitación.	Total de ferias realizadas sobre los proyectos de capacitación.
Atraer a 600 estudiantes universitarios del cantón Loja hasta el cuarto trimestre de 2028.	Número de estudiantes universitarios atraídos.	Total de estudiantes universitarios que participaron.
Atraer a 400 estudiantes del bachillerato de las unidades educativas del cantón Loja hasta el cuarto trimestre de 2028.	Número de estudiantes de bachillerato atraídos.	Total de estudiantes de bachillerato que participaron.
Objetivo operativo 3: Implementar tecnologías educativas inclusivas para personas con capacidades especiales, asegurando el derecho universal a la educación.		
Metas	Indicador	Formula

Contar con un sistema de lectura asistida hasta el primer trimestre de 2028.	Porcentaje de implementación de lectura asistida.	(Número de componentes del sistema implementados / Número de componentes planificados) * 100
--	---	--

Objetivo operativo 3: Implementar tecnologías educativas inclusivas para personas con capacidades especiales, asegurando el derecho universal a la educación.

Metas	Indicador	Formula
Adquirir 15 dispositivos de acceso alternativo (teclados adaptados, ratones especiales y dispositivos controlados por voz) hasta el primer trimestre de 2028.	Número de dispositivos de acceso alternativo disponibles.	Total de dispositivos de acceso alternativo.
Disponer de una aula adaptada con tecnología, señalética y dispositivos de aprendizaje para personas con capacidades especiales hasta el primer trimestre de 2028.	Disponibilidad del aula para personas con capacidades especiales.	Disponibilidad del aula para personas con capacidades especiales Sí/No.

Objetivo operativo 4: Fomentar prácticas de responsabilidad social en la comunidad.

Metas	Indicador	Formula
Promover 4 proyectos de responsabilidad social hasta el cuarto trimestre de 2028.	Número de proyectos de responsabilidad social promovidos.	Total de proyectos de responsabilidad social promovidos.
Lograr la participación de 40 estudiantes de la universidad en los proyectos de responsabilidad social.	Número de estudiantes universitarios que participan en los proyectos de responsabilidad social.	Total de estudiantes universitarios de que participan en los proyectos de responsabilidad social.

Objetivo operativo 5: Integrar enfoques de sostenibilidad en los programas de formación.

Al cuarto trimestre de 2025 implementar 5 prácticas de sostenibilidad en la ejecución de los programas de formación en modalidad presencial e híbrido.	Número de prácticas de sostenibilidad implementadas.	Total de prácticas de sostenibilidad implementadas.
--	--	---

Objetivo operativo 6: Fortalecer la cultura corporativa y el compromiso en el cuidado del medio ambiente.

Metas	Indicador	Formula
Hasta el segundo trimestre de 2025 realizar y aprobar el código de ética de la empresa basado en las relaciones internas y externas, compromiso con la sostenibilidad, el impacto social y ambiental, y las relaciones con la comunidad y otros actores.	Estado de aprobación del código de ética.	Código de ética aprobado Sí/No.
Difundir al 100% el código de ética a todos los servidores de la empresa pública hasta el tercer trimestre de 2025.	Porcentaje de difusión del código de ética,	(Número de servidores capacitados sobre el código de ética / Total de servidores públicos) * 100

Objetivo operativo 7: Ofrecer programas de formación gratuitos o subsidiados, dirigido a los grupos vulnerables.

Metas	Indicador	Formula
Ofertar 4 programas de formación dirigidos a grupos vulnerables en pobreza o pobreza extrema hasta el cuarto trimestre de 2028.	Número de programas de formación dirigidos a grupos vulnerables en pobreza o pobreza extrema.	Total de programas de formación dirigidos a grupos vulnerables en pobreza o pobreza extrema.

Contar con la participación de 15 personas en los programas de formación dirigidos a personas en pobreza o pobreza extrema.	Número de participantes de los programas de formación gratuitos.	Total de participantes de los programas de formación gratuitos.
---	--	---

Objetivo operativo 8: Promover el uso de fuentes de energía renovable en la empresa para fomentar la sostenibilidad.

Metas	Indicador	Formula
Realizar un estudio sobre la viabilidad y rentabilidad de la energía solar como fuente de generación eléctrica en la empresa hasta el cuarto trimestre de 2028.	Porcentaje del avance del estudio realizado sobre la viabilidad y rentabilidad de la energía solar como fuente de generación eléctrica.	$(\text{Porcentaje del estudio ejecutado} / 100) * 100$

Nota. Elaboración propia.

Tabla 30. Metas e indicadores del objetivo estratégico 4

Objetivo estratégico 4: Promover la innovación e investigación en el desarrollo de los programas de formación y capacitación, estableciendo alianzas estratégicas con instituciones educativas y empresas privadas a nivel local, provincial y regional para el desarrollo de nuevas competencias y habilidades requeridas en el mercado laboral que contribuyan al desarrollo social, económico y productivo de la región.

Objetivo operativo 1: Establecer alianzas estratégicas con instituciones educativas, públicas y privadas.

Metas	Indicador	Formula
Firmar nuevos convenios de cooperación con 4 instituciones públicas o gobiernos autónomos hasta el cuarto trimestre de 2028.	Número de convenios firmados con instituciones públicas.	Total de convenios firmados con instituciones públicas.
Firmar nuevos convenios de colaboración con 4 empresas privadas a nivel provincial.	Porcentaje de convenios firmados con empresas privadas.	Total de convenios firmados con empresas privadas.

Objetivo operativo 2: Desarrollar proyectos de investigación e innovación en colaboración con empresas del sector privado y público.

Objetivo operativo 2: Desarrollar proyectos de investigación e innovación en colaboración con empresas del sector privado y público.

Metas	Indicador	Formula
Realizar 2 proyectos de formación en temas relacionados a innovación de los sectores productivos en colaboración con las empresas privadas hasta el cuarto trimestre de 2028.	Número de proyectos realizados en colaboración con empresas privadas.	Total de proyectos realizados en colaboración con empresas privadas.
Realizar 2 proyectos de capacitación enfocados en el fortalecimiento de la administración pública hasta el cuarto trimestre de 2028.	Número de proyectos realizados en colaboración con el sector público.	Total de proyectos realizados en colaboración con el sector público.

Objetivo operativo 3: Fomentar la participación de expertos académicos en los programas de formación.

Metas	Indicador	Formula
Para el primer trimestre de 2028, contar con la disponibilidad de una plataforma de registro para expertos académicos (externos a la UNL y la EP) interesados en formar parte como capacitadores en los programas de formación.	Estado de disponibilidad de la plataforma para el registro de expertos académicos.	Plataforma disponible Sí/No

Para el cuarto trimestre de 2028 contar con un total de 10 expertos académicos en diferentes áreas del conocimiento registrados en la plataforma.	Número de expertos académicos registrados en la plataforma.	Total de experto académicos registrados en la plataforma.
Objetivo operativo 4: Recopilar propuestas e ideas sobre proyectos de capacitación.		
Metas	Indicador	Formula
Diseñar el sistema de incubación de proyectos de capacitación hasta el cuarto trimestre de 2028.	Porcentaje de diseño del sistema de incubación de proyectos de capacitación completado.	$(\text{Número de fases diseñadas} / \text{Número de fases planificados}) * 100$

5. Conclusión

La planificación estratégica es esencial para fortalecer la gestión de las empresas públicas, proporcionando herramientas para el diagnóstico situacional y un enfoque claro para alcanzar los objetivos organizacionales. En este sentido, en la fase de diagnóstico estratégico se identificaron 10 fortalezas, 17 oportunidades, 6 debilidades y 8 amenazas, determinando la situación actual de los servicios de capacitación de la empresa pública; no se puede definir hacia dónde se quiere llegar sin antes conocer en dónde estamos.

La planificación estratégica es uno de principales componentes para remplazar el modelo tradicional y burocrático de la gestión pública por un enfoque nuevo de gestión caracterizado por la innovación, la automatización de procesos, el pensamiento estratégico, líderes comprometidos, la cooperación con el sector privado, el cumplimiento de los objetivos organizacionales, el fortalecimiento institucional, la ética y transparencia.

Referencias

1. Silva, M. La Capacitación Mejora Los Ánimos.
2. Fundación Panamericana de Desarrollo Boletín Anual de Homicidios Internacionales En Ecuador. **2023**.
3. Datosmacro.com Ecuador – Índice de Percepción de La Corrupción.
4. Ley Orgánica de Educación Superior Ley Orgánica de Educación Superior, LOES. *Regist. Of. Supl.* 298 12-oct.-2010 **2018**.
5. González, P. Cortes de Luz Ya Dejan USD 576 Millones En Pérdidas Para Ecuador.
6. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) Reducción Del Analfabetismo En Ecuador: Más de 199.000 Personas Libres de Esta Condición Desde 2010.
7. Kemp, S. Digital 2023: Ecuador.
8. Serna, H. *Gerencia Estratégica*; Editores, 3R, Ed.; Décima edi.; Bogotá, 2008;
9. UNL Plan Estratégico de Desarrollo Institucional UNL 2024–2028. **2024**.
10. Saiz, V.I.A.; Castañedo, M.F. El Enfoque de Cadenas Productivas y La Planificación Estratégica Como Herramientas Para El Desarrollo Sostenible En Cuba. *RIPS Rev. Investig. Políticas y Sociológicas* **2016**, 15.
11. Galeas Lema, G.D. Planificación Estratégica Como Herramienta de Gestión Administrativa En La Asociación Agropecuaria Quinlata. **2014**.
12. Rodríguez, F.D. Planificación Estratégica e Inteligencia Económica: Herramientas de Gestión Del Cambio. *Cuad. Estrateg.* **2015**, 189–229.
13. Maquera, M.W.V. Efectividad de La Gestión Pública a Través de La Planificación Estratégica. *Cienc. Lat. Rev.*

- Científica Multidiscip.* **2022**, 6, 97–115.
14. Pedro Da-Fonseca, J.; Hernández-Nariño, A.; Medina-León, A.; Nogueira-Rivera, D. Relevancia de La Planificación Estratégica En La Gestión Pública. *Ing. Ind.* **2014**, 35, 105–111.
 15. Ferreyra, M.V. La Planificación Estratégica Como Herramienta de Gestión Organizacional En Las Universidades Nacionales Públicas de Argentina: Estudio de Casos 2016.
 16. Calle García, A.J.; Zea Barahona, C.A.; Soledispa Rodríguez, X.E.; Quimi Cobos, L.S. La Gestión Pública Fundamentada En La Planificación Estratégica Con Impacto En La Ciudadanía. *Contrib. a las Ciencias Soc.* **2018**.
 17. Gonzalez Montaño, S.M. Evaluación de La Planificación Estratégica Como Herramienta de Gestión Universitaria. **2023**.
 18. Litardo, B.I.D.; Ross, W.A.B.; Barriga, L.E.P. La Planificación Estratégica Como Herramienta Clave Para El Desarrollo de Las Microempresas. *Rev. Publicando* **2022**, 9, 96–107.



© 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



RESEARCH ARTICLE

Biodiésel a partir de Aceite de Cocina Usado mediante Catalizadores de Carbón de Cáscara de Cacao e Hidróxido de Sodio.

Rosario Cecibel Cedillo Saraguro ¹  Jenniffer Tatiana Gualacio Benavidez ¹  Jaime Arturo García Ochoa ² 
Hugo Italo Romero Bonilla ³  Jaime Enrique Maza - Maza ² 

¹ Carrera de Ingeniería Ambiental, Universidad Técnica de Machala (UTMACH), Machala, 070205, Ecuador.

² Grupo de Investigación para la Conservación, Carrera de Ingeniería Ambiental, Universidad Técnica de Machala (UTMACH), Machala, 070205, Ecuador.

³ Grupo de Investigación en Aplicaciones Electroanalíticas, Carrera de Ciencias Químicas y de la Salud, Universidad Técnica de Machala (UTMACH), Machala, 070205, Ecuador.



Correspondencia: rcedillo2@utmachala.edu.ec



+ 593 992044836

DOI/URL: <https://doi.org/10.53313/gwj81204>

Resumen: El biodiésel a partir de aceite de cocina usado mediante catalizadores de carbón de cáscaras de cacao e hidróxido de sodio ofrece una alternativa sostenible y eficiente a los combustibles fósiles mediante la reutilización de residuos orgánicos. El proceso experimental incluyó la producción y activación del carbón con ácido clorhídrico y su posterior uso como un catalizador en la transesterificación del aceite. Se empleó una muestra testigo sin carbón y nueve tratamientos experimentales combinando temperaturas de 20 °C, 30 °C y 40 °C, con concentraciones de carbón de 2 g, 6 g y 10 g. La muestra testigo fue procesada únicamente con hidróxido de sodio como catalizador, lo que permitió analizar el efecto del carbón activado. El rendimiento promedio de biodiésel fue de 81.00%, alcanzando un máximo de 84.62% en el tratamiento testigo. La densidad del biodiésel se mantuvo dentro de los estándares normativos, en el tratamiento M6 (899.00 kg/m³) y para M9 (861.67 kg/m³), mientras que la viscosidad más alta fue en M3 (1.75 mm²/s). Este enfoque contribuye a la valorización de residuos orgánicos y a la producción de combustibles con menor impacto ambiental.

Palabras claves: Biodiésel; aceite de cocina usado; catalizador; carbón activado; transesterificación.

Biodiésel from Used Cooking Oil using Cocoa Husk Charcoal and Sodium Hydroxide Catalysts



Check for updates

Cita: Rosario Cecibel, C. S., Jenniffer Tatiana, G. B., Jaime Arturo, G. O., Hugo Italo, R. B., & Jaime Enrique, M.-M. (2025). Biodiésel a partir de Aceite de Cocina Usado mediante Catalizadores de Carbón de Cáscara de Cacao e Hidróxido de Sodio. Green World Journal, 08(01), 204. <https://doi.org/10.53313/gwj81204>

Received: 01/April/2025

Accepted: 17/April/2025

Published: 18/April/2025

Prof. Carlos Mestanza-Ramón, PhD.
Editor-in-Chief / CaMeRa Editorial
editor@greenworldjournal.com

Editor's note: CaMeRa remains neutral with respect to legal claims resulting from published content. The responsibility for published information rests entirely with the authors.



© 2025 CaMeRa license, Green World Journal. This article is an open access document distributed under the terms and conditions of the license.

Creative Commons Attribution (CC BY)

Abstract: Biodiésel from used cooking oil using cocoa husk charcoal and sodium hydroxide catalysts offers a sustainable and efficient alternative to fossil fuels by reusing organic waste. The experimental process involved the production and activation of charcoal with hydrochloric acid and its subsequent use as a catalyst in the transesterification of the oil. A control sample without charcoal and nine experimental treatments combining temperatures of 20 °C, 30 °C and 40 °C, with char concentrations of 2 g, 6 g and 10 g were used. The control sample was processed only with sodium hydroxide as catalyst, which allowed analyzing the effect of activated carbon. The average biodiésel yield was 81.00%, reaching a maximum of 84.62% in the control treatment. The density of the biodiésel remained within regulatory standards in the M6 treatment (899.00 kg/m³) and for M9 (861.67 kg/m³), while the highest viscosity was in M3 (1.75 mm²/s). This approach contributes to the valorization of organic waste and the production of fuels with less environmental impact.

Keywords: Biodiésel; used cooking oil; catalyst; activated carbon; transesterification.

1. Introducción

La dependencia de los combustibles fósiles ha impulsado el crecimiento económico y la industrialización en muchos países en desarrollo [1]. Se han generado desafíos críticos como el agotamiento acelerado de las reservas de petróleo, la emisión de gases de efecto invernadero y la degradación ambiental, agravando la crisis climática y los conflictos socioeconómicos asociados a su explotación [2]. La adopción de alternativas sostenibles, como la producción de biodiésel a partir de aceites de frituras usado y materiales vegetales catalizados, se presenta como una solución viable y estratégica [3]. Este proceso no solo aprovecha residuos orgánicos, reduciendo la contaminación, sino que también genera un combustible renovable y menos contaminante que el diésel fósil [4]. El uso de catalizadores naturales, como cáscaras de cacao o bagazo de caña, optimiza la producción y se alinea con los principios de la economía circular, promoviendo la reutilización y valorización de residuos [5]. La transición hacia estas tecnologías representa una oportunidad clave para reducir el impacto ambiental, avanzar hacia un modelo energético limpio y garantizar un desarrollo más equilibrado y sostenible.

A nivel mundial, la disposición inadecuada del aceite vegetal residual representa un problema ambiental significativo. Su vertido en cuerpos de agua y suelos provoca una grave contaminación que afecta tanto a los ecosistemas acuáticos como terrestres [6]. Este residuo, generado por la alta demanda de productos fritos, carece de una gestión adecuada en numerosos países, especialmente en aquellos con economías en desarrollo, donde las políticas de recolección y reciclaje son insuficientes [7]. Un solo litro de aceite usado puede contaminar hasta 1.000 litros de agua, evidenciando su alto potencial contaminante y las graves consecuencias para los recursos hídricos [8]. Su impacto radica en la formación de una capa superficial que dificulta el intercambio gaseoso, afectando la oxigenación necesaria para la vida de los organismos acuáticos [9]. En Ecuador, esta problemática es especialmente preocupante debido a la ausencia de prácticas eficientes de gestión. Según estadísticas, el 69.18 % de la población desecha el aceite con la basura, el 16.34% lo

vierte directamente en desagües o cuerpos de agua, y apenas el 1.61% lo entrega a centros de acopio [10]. Esta situación es particularmente crítica en las grandes ciudades y en aquellas en desarrollo, donde la falta de programas estructurados para la gestión de aceites usados contribuye a la contaminación de los sistemas de drenaje y alcantarillado, así como a la degradación de los suelos [11].

Las fuentes de energía renovable no solo ofrecen una alternativa más limpia, sino que son esenciales para cumplir con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) [12]. Entre estas opciones, los biocombustibles, como el biodiésel, destacan por su capacidad para proporcionar soluciones energéticas sostenibles frente a los combustibles fósiles [13]. En este contexto, el aceite de cocina usado ha cobrado interés debido a sus propiedades físicas, químicas y biológicas, que lo posicionan como una materia prima ideal para la producción de biocombustibles [14]. Este residuo constituye una fuente renovable de energía que, además de disminuir la contaminación, reduce la dependencia de fuentes fósiles [15]. Su reutilización, gracias a su disponibilidad, biodegradabilidad y capacidad de renovación, tiene un enorme potencial para mitigar impactos ambientales, transformar residuos en recursos útiles y promover la economía circular [16].

Por la gran de importancia y utilidad que tienen los combustibles en la sociedad y a nivel mundial, y conociendo los graves problemas que generan en el ambiente, hoy en día surge la necesidad de crear alternativas sostenibles que sustituyan a los combustibles convencionales. Bajo este contexto, la presente investigación tiene como objetivo producir biodiésel a partir de aceite de cocina usado, transformando estos residuos en una fuente de energía sostenible mediante el proceso de transesterificación. Para ello, se utilizaron catalizadores de tipo homogéneo (hidróxido de sodio) y heterogéneo (carbón activado de cáscara de cacao), con el propósito de evaluar su efecto en la eficiencia de la reacción química y en las propiedades del biodiésel. Este enfoque busca no solo obtener un biocombustible de alta calidad, sino también abordar problemáticas ambientales y energéticas al aprovechar residuos y valorizar subproductos agrícolas, promoviendo el desarrollo de energías alternativas y contribuyendo a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.

2. Materiales y métodos

2.1 Área de estudio

El proceso experimental se realizó en el Laboratorio de Investigaciones de la Facultad de Ciencias Químicas y de la Salud (FCQS) de la Universidad Técnica de Machala, situada en el kilómetro 5 1/2 vía a Pasaje-Machala (ver Figura 1). La región se caracteriza por un clima cálido, con temperaturas que oscilan entre los 26 °C y los 31 °C, y una precipitación

promedio anual de 257.7 mm.

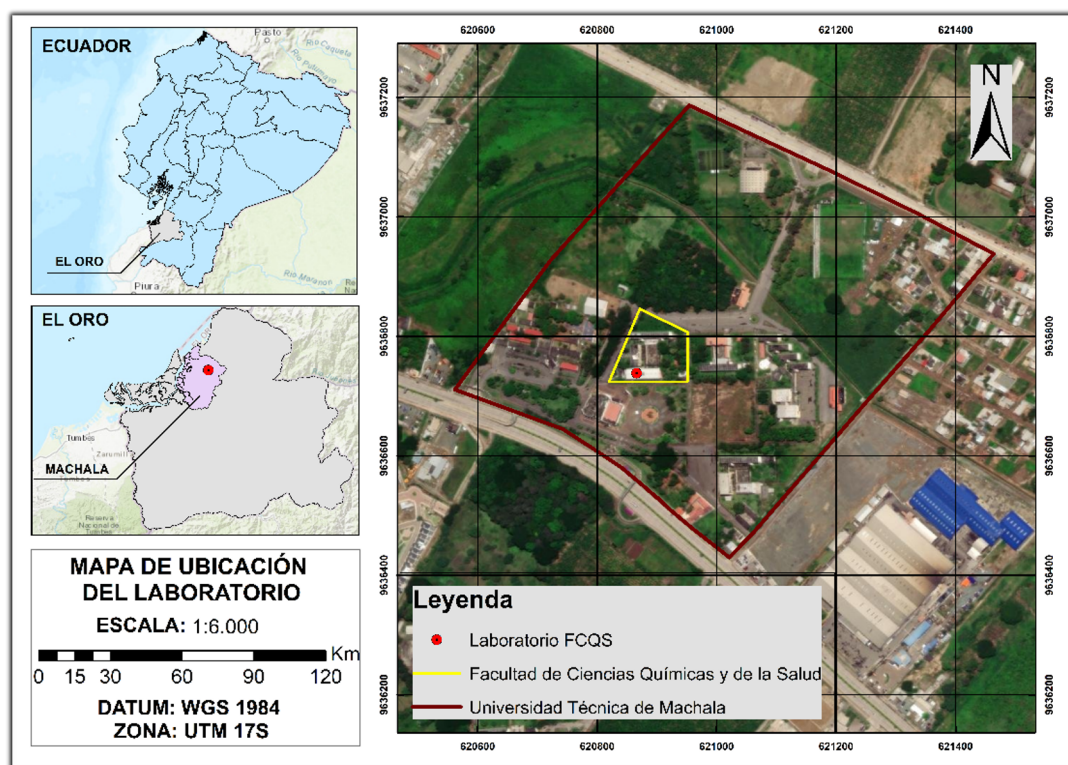


Figura 1. Mapa de ubicación del laboratorio de FCQS

2.2 Materiales

Entre los equipos y materiales empleados se incluyen: plancha de calentamiento con agitación magnética, cocineta eléctrica, mufla, reactor de vidrio de doble camisa, balanza analítica, esterilizador, tamizador, mortero, cápsula de porcelana, embudo de separación, soporte de retorta, vasos de precipitación, pipeta, probeta, varilla de agitación, balón volumétrico, frascos para muestra, bandeja de aluminio y papel aluminio.

2.2.1 Reactivos

Alcohol etílico, ácido clorhídrico (HCl), metanol, hidróxido de sodio (NaOH) y agua destilada.

2.3 Metodología

La investigación se desarrolló con un enfoque experimental y cuantitativo para la producción de biodiésel a partir de aceite de cocina usado, empleando carbón derivado de cáscara de cacao como catalizador. El enfoque experimental evaluó el impacto de variables como temperatura, tiempo y proporciones de reactivos en el rendimiento y calidad del biodiésel, mientras que el enfoque cuantitativo permitió medir parámetros clave como densidad y viscosidad. Además, se empleó microscopía electrónica de barrido (SEM) para

analizar la morfología y estructura superficial del catalizador heterogéneo, determinando características como tamaño de poros y textura, esenciales para optimizar la actividad catalítica y garantizar la eficiencia del proceso.

El proceso estructural para la investigación fue la siguiente: 1) Recolección y selección de la materia prima 2) Producción de carbón, 3) Activación del carbón, 4) Adsorción, 5) Transesterificación 6) Separación. A continuación, se presenta un diagrama que ilustra los procesos involucrados en la obtención del biodiésel (ver Figura 2).

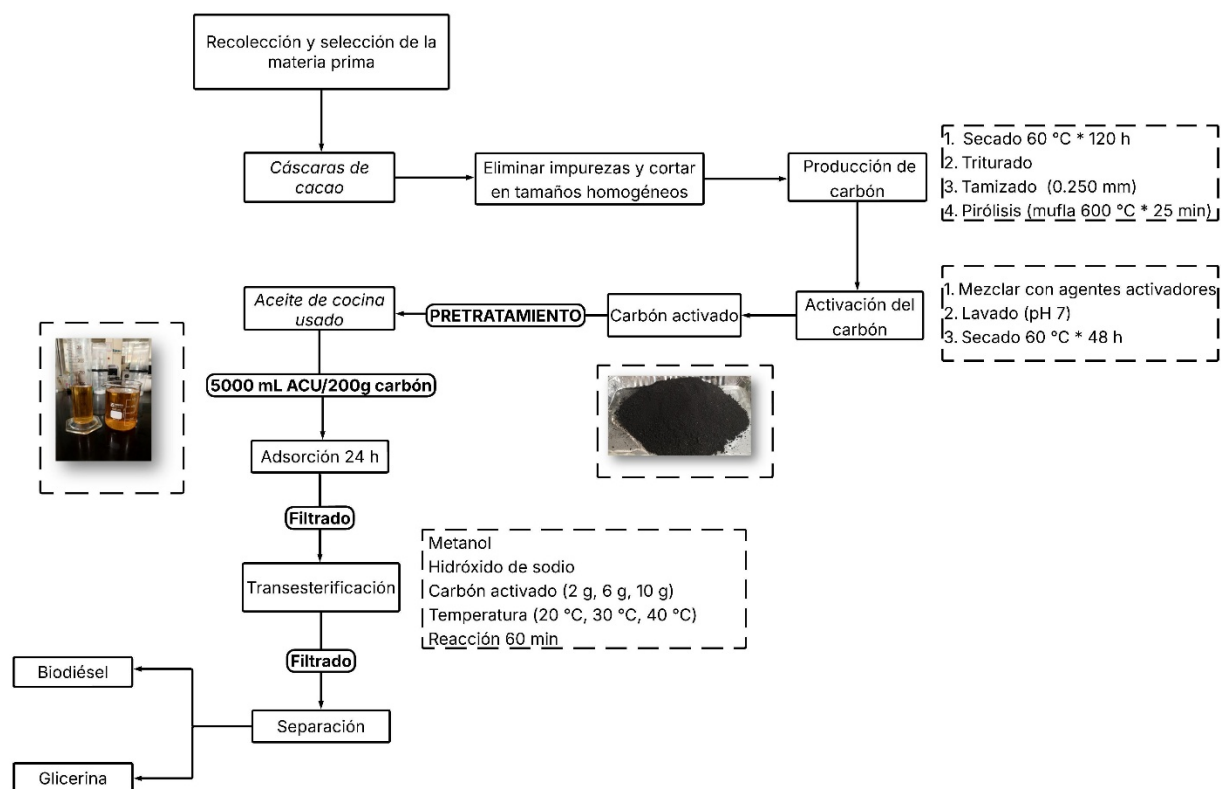


Figura 2. Diagrama de Flujo de Producción de Biodiésel

2.3.1 Recolección y selección de la materia prima

Las cáscaras utilizadas fueron de la variedad de cacao CCN-51, recolectadas en una finca cacaotera ubicada en la comunidad La Maravilla, cantón Pucará, provincia del Azuay. El cultivo, con cinco años de antigüedad, se maneja mediante prácticas agrícolas convencionales, lo que permite una producción estable y de buena calidad. La región presenta un clima tropical megatérmico seco, con temperaturas que oscilan entre 22 °C y 24 °C, condiciones ideales para el desarrollo óptimo del cacao [17]. Después de la recolección, se seleccionaron cuidadosamente alrededor de 15 libras de cáscaras, para asegurar su buen estado, eliminando daños visibles e impurezas. Luego, se cortaron en tamaños uniformes de 3 a 5 cm de largo y se almacenaron en una funda plástica para su transporte al laboratorio.

El aceite de cocina usado fue recolectado de 5 hogares de la misma comunidad, obteniendo un total de 5 litros. Posteriormente, fue envasado y almacenado bajo condiciones adecuadas para su procesamiento, asegurándose de protegerlo de la luz mediante envases opacos y conservándolo en un ambiente oscuro a una temperatura de 25 °C, lo que evitó alteraciones en sus propiedades. Además, se mantuvo en un entorno limpio, seco y libre de contaminantes.

2.3.2 Producción de Carbón

Para este proceso, las cáscaras cortadas de cacao fueron sometidas a un proceso de secado dentro de un esterilizador a una temperatura constante de 60 °C durante 120 horas, lo que permitió reducir significativamente su contenido de humedad. Una vez secas, se molieron y tamizaron hasta obtener un tamaño de partícula de 0.250 mm, para luego ser procesadas mediante pirolisis de acción termoquímica a una temperatura de 600 °C durante 25 minutos, generando la descomposición del material orgánico sólido por efecto del calor en ausencia de oxígeno, transformándose a un nuevo material [18].

2.3.3 Activación del Carbón

Para modificar y mejorar las propiedades del carbón, se empleó el método de activación ácida utilizando ácido clorhídrico (HCl). Para este proceso, se utilizaron 278 g de carbón en mezcla con 1.738 mL de agua destilada y 146 mL de ácido clorhídrico (HCl), dejándose en reposo durante 30 minutos para permitir su acidificación. Transcurrido este tiempo, se realizó un lavado con 500 mL de agua destilada previamente calentada a 100 °C, dejando reposar la mezcla durante 10 minutos. Este procedimiento se repitió 7 veces hasta alcanzar un pH de 7. Finalmente, el material fue secado a 60 °C durante 48 horas, logrando así la eliminación de metales y la incorporación de grupos funcionales ácidos en la superficie del carbón, lo que mejora su capacidad de adsorción y su selectividad [19].

2.3.4 Caracterización morfológica del carbón

Para el análisis morfológico, se tomaron muestras de 3 gramos de carbón sin activar y 3 gramos de carbón activado, las cuales fueron enviadas a un laboratorio especializado para su caracterización mediante microscopía electrónica de barrido (SEM), el análisis consistió en 3 tipos de imágenes: 1) imagen con resolución a 1000× con carbón sin activar, 2) imágenes con resolución de 1050× y 2100× con carbón activado, estas resoluciones magnificadas permitieron detallar de manera eficaz la estructura porosa en las muestras. Para asegurar un mejor contraste y uniformidad para la observación y comparación de las muestras se aplicó parámetros similares de voltaje acelerador (HV) de

10 kV, intensidad (Int) y detector (Det) con una combinación del 50% de electrones secundarios y retrodispersados y la presión de vacío (Vac) se mantuvo en 0.10 Pascales (Pa). El ancho del marco (FW) y la distancia de trabajo (WD) fueron de tamaños diferentes en las tres imágenes.

El proceso consistió en preparar una delgada capa de carbón fijada a un portaobjetos, que luego fue analizada en un escáner de barrido. Este dispositivo captó información detallada de la superficie del carbón, generando imágenes tridimensionales que permiten examinar su estructura [20].

Las imágenes obtenidas fueron analizadas cualitativa y cuantitativamente en Python, evaluando la porosidad, el tamaño y la distribución de partículas mediante técnicas de procesamiento digital. Se aplicó detección de bordes para resaltar las características estructurales del material, permitiendo identificar con mayor precisión la morfología y la disposición de los poros.

2.3.5 Producción de biodiésel

Para la obtención de biodiésel, se realizó previamente un proceso de adsorción de impurezas al aceite de cocina usado, mejorando así su calidad antes de la transesterificación. Este proceso se llevó a cabo bajo un diseño experimental que incluyó 9 tratamientos, con el objetivo de evaluar el efecto de las variaciones en la temperatura y el tipo de catalizador. Se probaron 2 tipos de catalizadores: hidróxido de sodio y carbón activado. Como punto de referencia, se llevó a cabo una muestra inicial utilizando únicamente hidróxido de sodio como catalizador, a una temperatura de 20 °C. Esta muestra sin carbón sirvió para identificar variaciones en las propiedades del biodiésel. Cada tratamiento fue diseñado para analizar cómo estas variables independientes influyen en la calidad del biodiésel obtenido. El tiempo de reacción se mantuvo constante para garantizar la comparabilidad de los resultados y minimizar factores externos que pudieran alterar los efectos observados. Para conocer en detalle las condiciones experimentales establecidas para cada muestra (ver Tabla 1).

Tabla 1. Diseño experimental del proceso de transesterificación para la producción de biodiésel

Tratamiento	Temperatura (°C)	Carbón Activado (g)	Hidróxido de Sodio (g)	Metanol (mL)	Agitación (rpm)	Tiempo (min)
Testigo	20	0	3.6	99	260	60
M1	20	2	3.6	99	260	60
M2		6	3.6	99	260	60

M3		10	3.6	99	260	60
M4		2	3.6	99	260	60
M5	30	6	3.6	99	260	60
M6		10	3.6	99	260	60
M7		2	3.6	99	260	60
M8	40	6	3.6	99	260	60
M9		10	3.6	99	260	60

Para el proceso de adsorción de residuos del aceite de cocina usado, se utilizaron 5000 mL de aceite, al que se le añadieron 200 g de carbón, dejándolo reposar durante 24 horas. Al finalizar este tiempo, se procedió a filtrar el aceite para eliminar los residuos retenidos por el carbón, logrando así una mayor pureza. Posteriormente, el biocombustible se obtuvo mediante el proceso de transesterificación. Para ello, se preparó una solución compuesta por 99 mL de metanol y 3.6 g de hidróxido de sodio (NaOH), los cuales se disolvieron mediante agitación a 1000 rpm y control de temperatura a 55 °C para asegurar la completa disolución del hidróxido de sodio. Una vez obtenida la solución homogénea, se introdujo en un reactor de vidrio de doble camisa, donde se añadió 390 mL de aceite pretratado. Finalmente, para el análisis experimental, se añadió el catalizador de carbón en diferentes cantidades (2 g, 6 g y 10 g), la reacción se llevó a cabo durante 60 minutos mediante agitación constante de 260 rpm (ver Tabla 1). Una vez completada la reacción, cada muestra fue filtrada para proceder a la decantación durante 24 horas permitiendo así la separación del biodiésel y la glicerina.

2.3.6 Cuantificación de rendimiento, densidad y viscosidad del biodiésel

El rendimiento del biodiésel se refiere a la cantidad de biodiésel obtenido en relación con la cantidad de aceite de cocina usado como materia prima utilizada, expresada en porcentaje. Este rendimiento es un indicador clave de la eficiencia del proceso. Para el cálculo de este parámetro se empleó la ecuación (1):

$$\% \text{ Rendimiento de Biodiesel} = \frac{\text{Volumen de biodiésel obtenido (mL)}}{\text{Volumen de aceite utilizado (mL)}} \times 100$$

(1)

Para determinar la densidad del biodiésel, se procedió a medir un volumen de 10 mL de cada muestra y se determinó su masa utilizando una balanza analítica. Posteriormente, se aplicó estos valores a la ecuación correspondiente (2):

$$\rho = \frac{m}{v}$$

(2)

Donde, ρ : Densidad; m : Masa; v : Volumen

La viscosidad del biodiésel fue determinada mediante el método de caída de bola, que consistió en medir el tiempo que una esfera tardó en recorrer una distancia específica dentro de un tubo que contenía 200 mL de biodiésel. Luego, se utilizó la ecuación derivada de la Ley de Stokes para calcular la viscosidad. A continuación, se presenta la ecuación (3) empleada:

$$\eta = \frac{2 \cdot g \cdot (\rho_s - \rho_f) \cdot r^2}{9 \cdot v_t}$$

(3)

Donde, η : Viscosidad dinámica del fluido; g : Aceleración gravitacional; ρ_s : Densidad de la esfera (sólido); ρ_f : Densidad del fluido; r : Radio de la esfera; v_t : Velocidad terminal de la esfera en el fluido.

3. Resultados

3.1 Morfología del carbón de cáscara de cacao

Los resultados de este análisis (ver Figura 3) revelan que la muestra de carbón sin activar, con FW de 515 μm y WD 7424 mm (ver Figura 3a1), abarca 354 poros con un área promedio de 182.45 μm^2 , caracterizada por una distribución irregular y poros alargados, lo que representa una porosidad moderada y una estructura fracturada que favorece cierta capacidad de adsorción. La imagen 3b1, con carbón activado de FW 505 μm y WD 7069 mm y 7292 mm, indicó cantidades variadas en los poros y tamaño de superficie, alcanzó 438 poros con un área específica promedio de 214.25 μm^2 , con una distribución heterogénea de microporos y mesoporos, lo que aumenta la superficie específica y mejora la retención de fluidos. En cambio, la imagen 3c1 la cantidad de poros fue menor (238), con un aumento en el tamaño del área de (772.77 μm^2), evidenciando cavidades y canales abiertos que, aunque en menor cantidad, pueden facilitar rutas preferenciales para la adsorción.

Las imágenes 3a2, 3b2 y 3c2 corresponden a las mismas muestras previamente analizadas, pero con un proceso de detección de bordes aplicado para mejorar la visualización, resaltando de manera más clara los contornos de las estructuras y facilitando su identificación y caracterización.

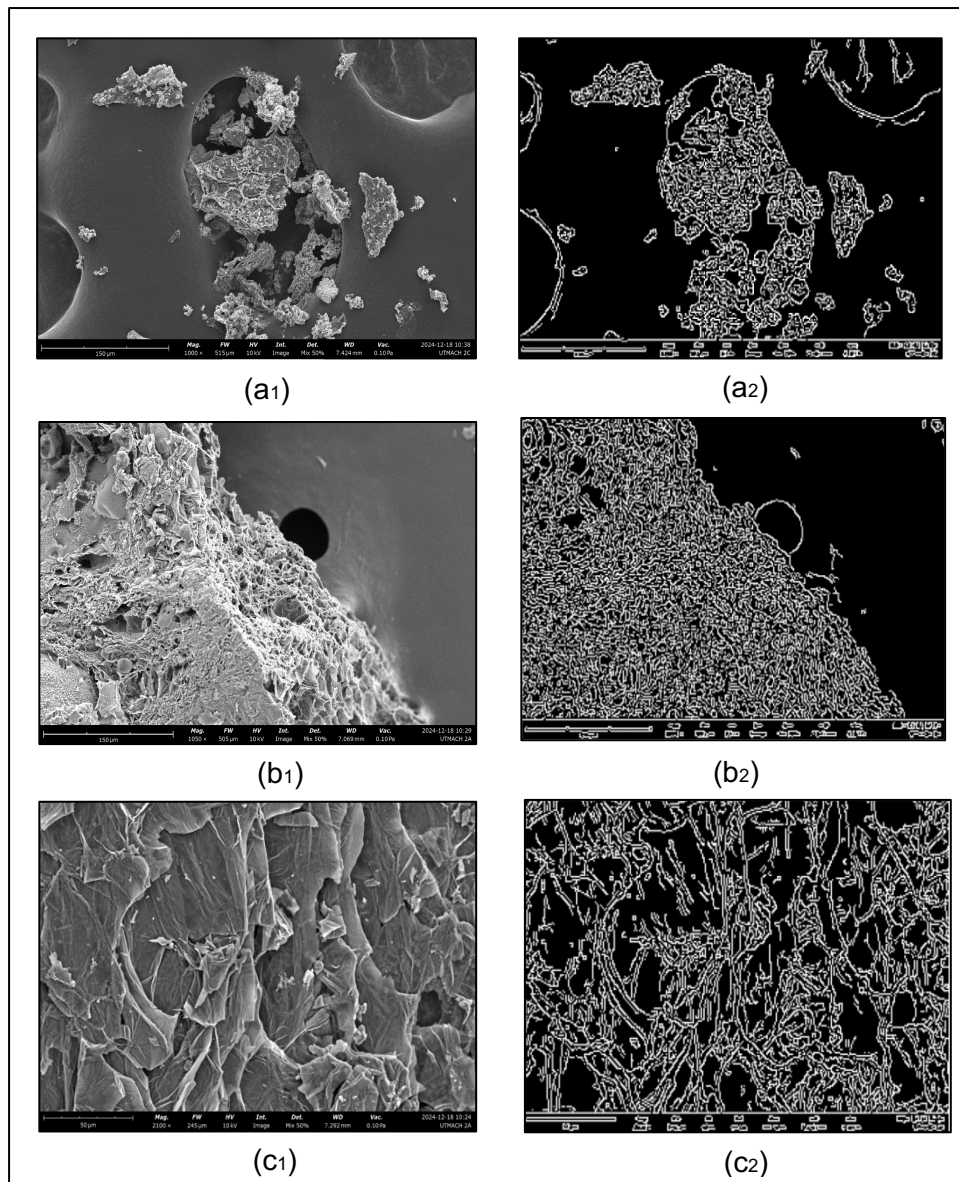


Figura 3. Microscopía electrónica de barrido y detección de bordes a diferentes niveles de magnificación: 1000× para carbón sin activar (a1 y a2); 1050× para carbón activado (b1 y b2); y 2100× para carbón activado (c1 y c2).

3.2 Volumen y rendimiento del biodiésel

El rendimiento promedio general de biodiésel obtenido fue de aproximadamente 81.00%, con resultados uniformes y consistentes en todas las condiciones experimentales evaluadas (ver Tabla 1). El tratamiento testigo presentó la mayor tasa de rendimiento (84.62%), con un volumen producido de 330 mL, seguido de los tratamientos M8, con 83.33% y 325 mL. Los tratamientos M7 y M3 obtuvieron rendimientos similares de 82.05%, con volúmenes de 320 mL cada uno, mientras que los rendimientos más bajos fueron M1 (76.92%) y M2 (78.21%), ambos por debajo del promedio general, con volúmenes de 300 mL y 305 mL (ver Figura 4).

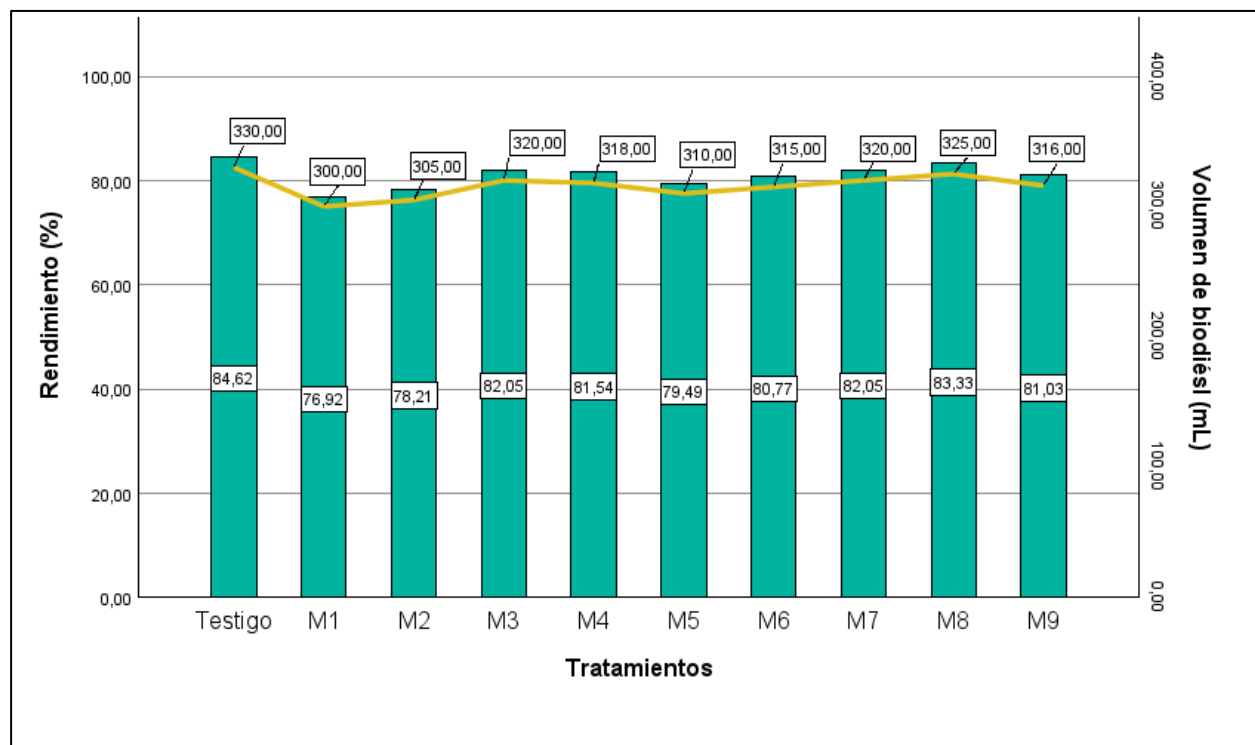


Figura 4. Gráfico comparativo del volumen y rendimiento de biodiésel

3.3 Análisis de densidad y viscosidad del biodiésel

La densidad presentó una tendencia relativamente estable en función de las concentraciones de carbón utilizadas y la temperatura aplicado en cada tratamiento. El tratamiento testigo sin la incorporación de carbón registró una densidad de 853.67 kg/m^3 . Los tratamientos M1, M2 y M3 presentaron una dispersión con valores de 979.33 kg/m^3 , 845.33 kg/m^3 y 852.33 kg/m^3 , respectivamente. En cambio, en los tratamientos M4, M5 y M6 se obtuvo una tendencia estable al aumentar una mayor cantidad de carbón, se alcanzaron valores que varían entre 849.67 kg/m^3 y 899.00 kg/m^3 . Asimismo, en los tratamientos M7, M8 y M9 los valores se situaron entre 848.33 kg/m^3 a 861.67 kg/m^3 , evidenciando un ligero aumento al emplear mayores concentraciones de carbón (ver Figura 5).

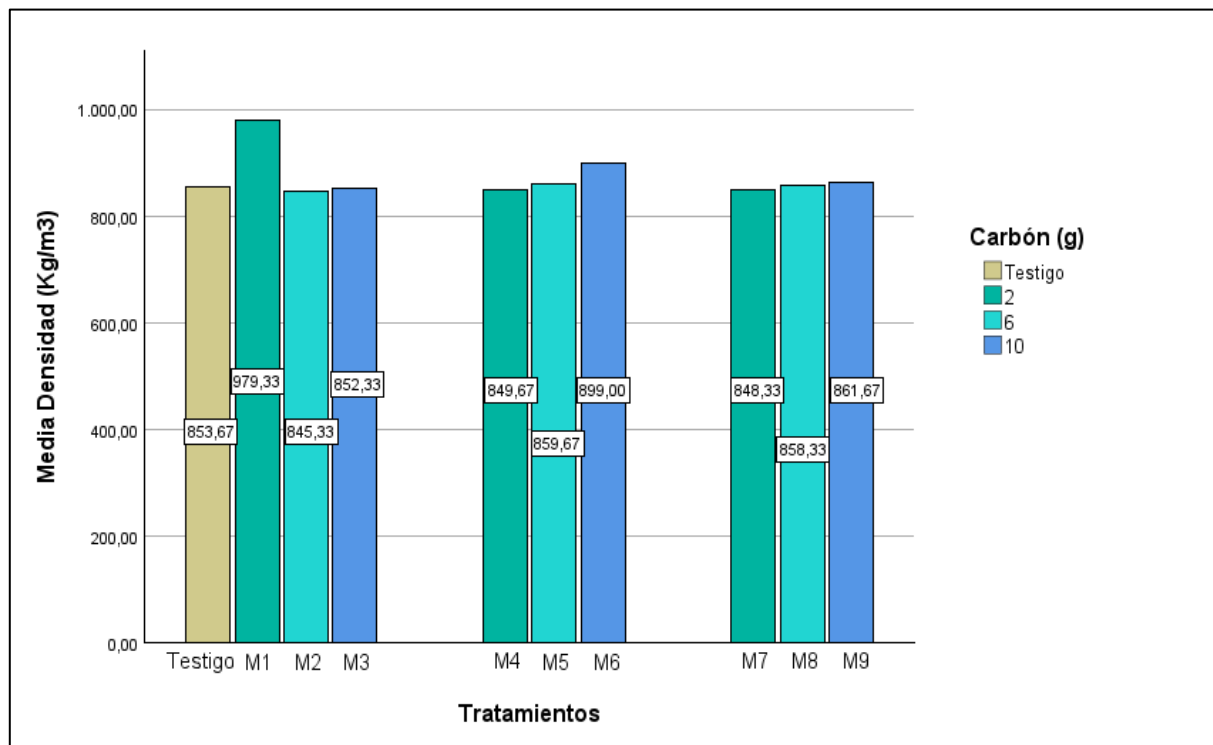


Figura 5. Valores de media de densidad por tratamientos

El comportamiento de la viscosidad mostró variaciones significativas dependiendo de las concentraciones y las condiciones experimentales establecidas. El tratamiento testigo, sin presencia de carbón, presentó la viscosidad más alta con un valor de 1.93 mm²/s, superando a los demás tratamientos. La viscosidad disminuyó notablemente en M1 (1.26 mm²/s), en comparación con el tratamiento sin carbón. En los tratamientos M2 y M3, se aprecia un incremento de la viscosidad conforme aumenta la concentración de carbón. Los valores registrados para M1, M2 y M3 son 1.53 mm²/s, 1.64 mm²/s y 1.41 mm²/s respectivamente. Mientras que para los tratamientos M7, M8 y M9 se mantuvo un valor constante de 1.51 mm²/s. La mayor viscosidad se registró en la M3 (1.75 mm²/s) mayor densidad con presencia de carbón, aunque sigue siendo inferior al tratamiento testigo (ver Figura 6). Este comportamiento sugiere que concentraciones más elevadas de carbón pueden generar un ligero incremento en la viscosidad a temperaturas más bajas.

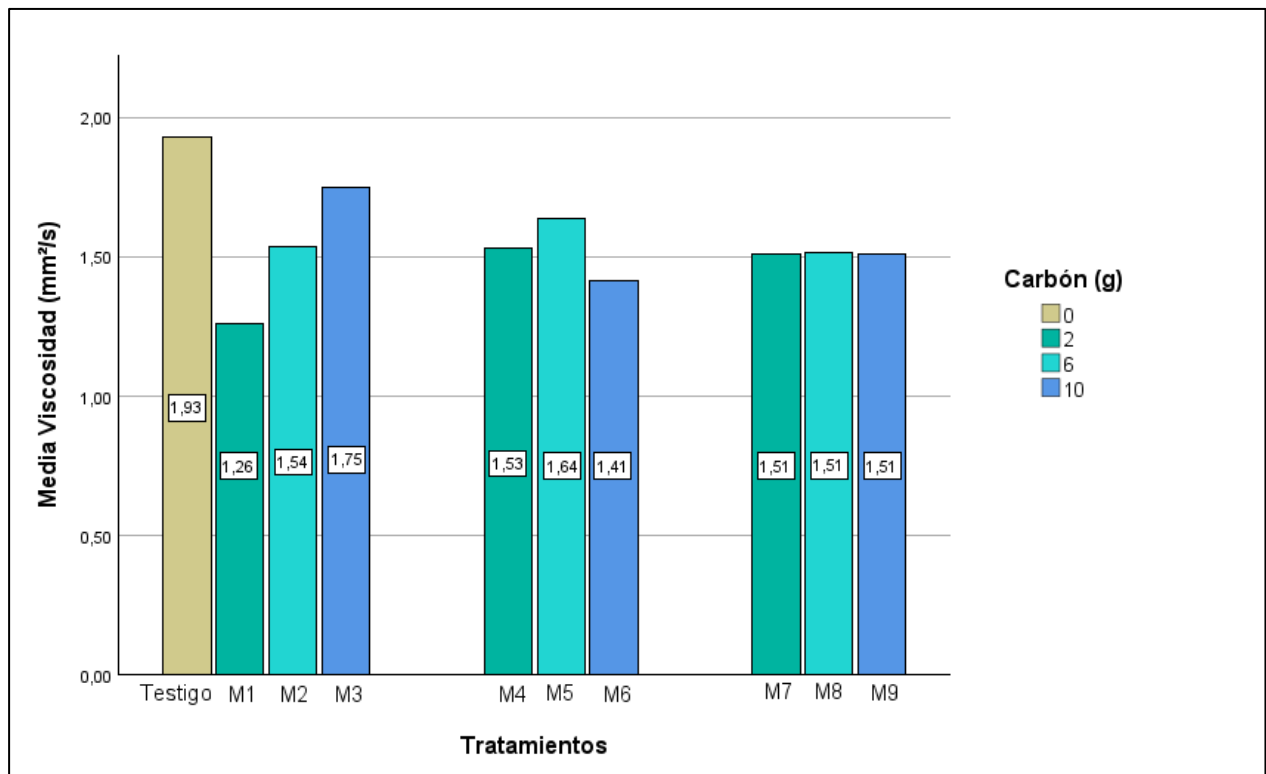


Figura 6. Valores de media de viscosidad por tratamientos

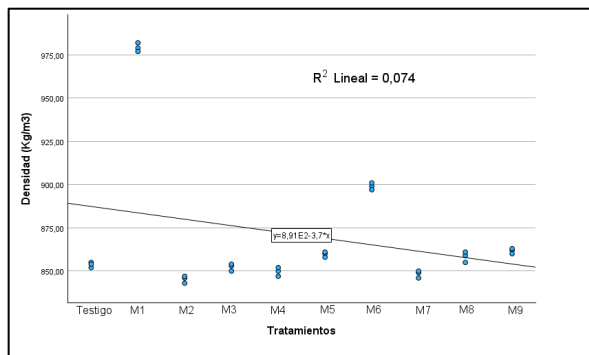
3.4 Correlación entre las propiedades físicas y las condiciones de producción del biodiésel

El análisis de correlación de Pearson muestra una relación inversa alta y significativa al nivel de 0.01 entre la densidad y la viscosidad. En contraste, las correlaciones entre los tratamientos y ambas variables, así como entre el carbón y la viscosidad, fueron inversas bajas, mientras que la correlación entre el carbón y la densidad fue inversa muy baja (ver Tabla 2).

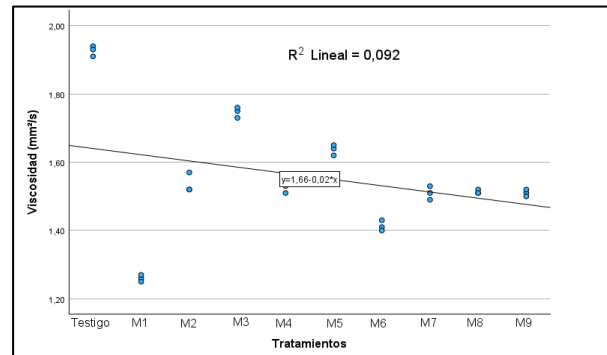
Tabla 2. Correlación de Pearson entre las propiedades físicas del biodiésel y sus condiciones de producción

Correlación entre:		p-valor	Coefficiente de correlación r
Tratamientos	Densidad	0.145	-0.272
	Viscosidad	0.103	-0.303
Carbón	Densidad	0.678	-0.079
	Viscosidad	0.249	-0.217
Densidad	Viscosidad	< 0.001	-0.650**

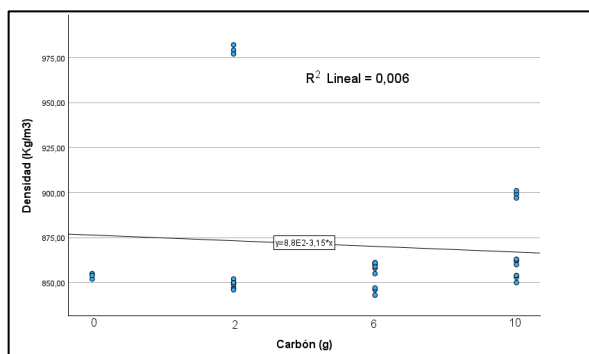
La Figura 7, en los paneles (a) y (b), presenta una alta dispersión de los puntos, lo que indica una correlación débil entre las variables. Esto se refleja en bajos coeficientes de determinación ($R^2 = 0.074$ para densidad y $R^2 = 0.092$ para viscosidad). De manera similar, en (c) y (d) se evidencia una gran dispersión, con coeficientes de determinación aún más bajos ($R^2 = 0.006$ para densidad y $R^2 = 0.047$ para viscosidad). Por otro lado, en (e) se muestra una nube de puntos con mejor agrupación a lo largo de la línea de tendencia lineal ($R^2 = 0.423$).



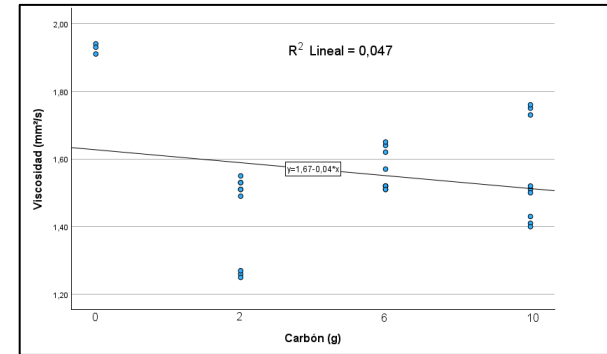
(a)



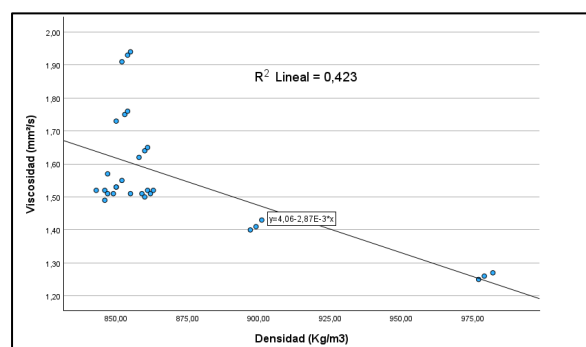
(b)



(c)



(d)



(e)

Figura 7. Diagramas de correlación – dispersión entre: a) Tratamientos y densidad; b) Tratamientos y viscosidad; c) Carbón y densidad; d) Carbón y viscosidad; y e) Densidad y viscosidad.

4. Discusión

4.1 *Análisis de la morfología del carbón de cáscara de cacao*

La caracterización morfológica de materiales carbonosos derivados de biomasa permite evaluar su potencial adsorbente, especialmente cuando son sometidos a procesos de activación [21]. Estudios previos han demostrado que la activación, tanto física como química, incrementa la cantidad de microporos y mesoporos, mejorando así la superficie específica y la capacidad de adsorción del material [22,23]. Nuestros hallazgos concuerdan con estos estudios y destacan la importancia de la activación en la optimización de la estructura porosa de los carbones derivados de biomasa.

En este estudio, se observó una diferencia notable entre el carbón sin activar y las muestras activadas. El carbón sin activar mostró una estructura fracturada con 354 poros de distribución irregular y alargada, y un área promedio de $182.45 \mu\text{m}^2$, caracterizados por una distribución irregular y poros alargados, lo cual sugiere una porosidad moderada y una estructura fracturada que podría favorecer cierta capacidad de adsorción. La ausencia de un proceso de activación limita el desarrollo de una estructura porosa más definida y una mayor área superficial específica, factores cruciales para una adsorción eficiente. La activación es esencial para mejorar estas propiedades en carbones derivados de biomasa [24].

Las muestras activadas presentaron mejoras significativas en la morfología y propiedades adsorbentes. La primera muestra de carbón activado (muestra 3b1) exhibió la mayor cantidad de poros (438) con un área promedio de $214.25 \mu\text{m}^2$ y una distribución heterogénea de microporos y mesoporos. Esta estructura aumenta la superficie específica y mejora la retención de fluidos, lo cual es beneficioso para aplicaciones de adsorción. La presencia de una combinación de microporos y mesoporos es deseable, ya que permite la adsorción de moléculas de diferentes tamaños [25]. La segunda muestra de carbón activado (muestra 3c1), analizada con una mayor magnificación, mostró una menor cantidad de poros (238) pero con un mayor tamaño promedio ($772.77 \mu\text{m}^2$), evidenciando cavidades y canales abiertos. Las características estructurales de las cáscaras de cacao, incluida su porosidad, favorecen una morfología más desarrollada del material, lo que podría facilitar la difusión de moléculas más grandes hacia su interior y, en consecuencia, mejorar su capacidad de adsorción de contaminantes [26].

La elección de la biomasa y las condiciones de activación, como la temperatura y el tiempo, son factores determinantes en la calidad del carbón activado producido. La elevada concentración de celulosa y lignina en la cáscara de la mazorca de cacao es una materia prima adecuada para su producción [20]. Al ser un residuo lignocelulósico, posee una

estructura y contenido de carbono que favorecen la generación de un carbón activado con características óptimas para procesos de adsorción [27].

4.2 Rendimiento del biodiésel

Los resultados obtenidos muestran un rendimiento promedio del 81.00%, considerado satisfactorio al emplear un catalizador alternativo. La producción más alta fue obtenida por el tratamiento testigo, con un rendimiento de 84.62% y un volumen de 330 mL. Este rendimiento superior puede atribuirse a la ausencia de interferencias catalíticas y a la influencia de parámetros en el proceso. Los autores [28] estudiaron cómo la transesterificación sin catalizadores específicos puede optimizar la producción de biodiésel bajo condiciones adecuadas y factores como la mezcla, la agitación y la estabilidad del sistema influyen significativamente en la eficiencia y calidad del producto final.

El uso del catalizador de carbón derivado de cáscara de cacao mostró resultados prometedores, con M8 alcanzando un rendimiento del 83.33% y un volumen de 325 mL, valores cercanos al tratamiento testigo, lo que sugiere su efectividad bajo condiciones específicas. Esto coincide con estudios que indican que la activación térmica o química de materiales lignocelulósicos mejora su capacidad catalítica. El carbón, un material rico en carbono obtenido por pirólisis, ha demostrado ser un adsorbente eficiente, también puede actuar como un catalizador o soporte de catalizadores [29].

Los tratamientos M7 y M3, con rendimientos de 82.05% y volúmenes producidos de 320 mL, reflejan la efectividad del catalizador de carbón activado. Aunque sus rendimientos son levemente inferiores al tratamiento testigo, la producción de biodiésel se mantiene dentro de un rango aceptable. Las condiciones de proceso, incluyendo el tiempo de reacción, la relación molar de alcohol a aceite, la temperatura de reacción y la cantidad de catalizador tienen un efecto significativo en el rendimiento de biodiésel [30].

En contraste, los tratamientos M1 (76.92%) y M2 (78.21%) presentaron rendimientos por debajo del promedio general, con volúmenes de 300 mL y 305 mL, respectivamente. Este comportamiento puede estar relacionado con condiciones menos favorables para la actividad catalítica, como temperaturas inadecuadas o una baja afinidad entre el catalizador y el aceite de cocina usado. Sin embargo, estudios como el de Behera et al. [31] han demostrado que la biomasa pirolizada es el material carbonoso más eficiente y rentable para actuar como catalizador, lo que resalta la importancia de optimizar las condiciones del proceso para mejorar su desempeño.

En general, se evidencia una correlación positiva entre el rendimiento porcentual y el volumen de biodiésel producido. Aunque esta relación no es completamente lineal,

tratamientos como M8 y M3, que muestran altos rendimientos y volúmenes producidos, confirman la viabilidad del uso de carbón de cáscara de cacao como catalizador. Sin embargo, la eficiencia del proceso aún puede mejorarse mediante la optimización de parámetros como la concentración del catalizador, la temperatura y el tiempo de reacción [32].

4.3 *Análisis de densidad y viscosidad del biodiésel*

Los resultados obtenidos evidencian que la adición de carbón y las variaciones de temperatura influyen significativamente en las propiedades de densidad y viscosidad del biodiésel. La densidad del biodiésel, según normativas como la ASTM D6751 y la europea EN 14214, deben situarse entre 860 y 900 kg/m³ [33]. Se observa que la densidad tiende a aumentar ligeramente con la incorporación de pequeñas cantidades de carbón (2 g), alcanzando un máximo de 979.33 kg/m³ a 20 °C, valor que excede el límite superior establecido por la normativa. Este fenómeno podría explicarse por la mayor eficiencia en la catálisis al emplear pequeñas cantidades de carbón, promoviendo una conversión más completa de los triglicéridos a ésteres metílicos. La presencia de catalizadores heterogéneos puede influir en la densidad debido a la interacción con los compuestos presentes en la mezcla de reacción [34]. Con incrementos en la cantidad de carbón a 6 g y 10 g, la densidad disminuye a 845.33 kg/m³ y 852.33 kg/m³. A 30 °C y 40 °C, las variaciones en la densidad son menos pronunciadas, con valores que oscilan entre 848.33 kg/m³ y 899.00 kg/m³, acercándose más al rango especificado por la norma. Esto puede deberse a que las variaciones en la temperatura reducen la densidad del biodiésel debido a la disminución de las fuerzas intermoleculares, mejorando así la fluidez del biocombustible [35,36].

La norma ASTM D6751 establece que la viscosidad cinemática del biodiésel a 40 °C debe situarse entre 1.9 y 6.0 mm²/s [37]. El tratamiento testigo (sin carbón) presenta la viscosidad más alta con un valor de 1.93 mm²/s, apenas por encima del límite inferior del rango establecido. La adición de 2 g de carbón genera una disminución notable en la viscosidad, especialmente a 20 °C (1.26 mm²/s). Esto sugiere que el carbón derivado de cáscara de cacao facilita la descomposición de los triglicéridos, reduciendo la formación de compuestos con cadenas más largas y, por ende, disminuyendo la viscosidad. Este comportamiento concuerda con investigaciones que señalan la eficiencia de catalizadores heterogéneos para mejorar las propiedades reológicas del biodiésel [38,39].

A medida que se incrementa la cantidad de carbón a 6 g y 10 g, la viscosidad aumenta progresivamente, alcanzando valores de 1.64 mm²/s a 30 °C y 1.51 mm²/s a 40 °C para ambas concentraciones. Barros et al. [40] encontraron que cantidades excesivas de

catalizador pueden inducir reacciones secundarias o generar impurezas que afectan negativamente las propiedades del biodiésel.

4.4 Influencia de los tratamientos y carbón en las propiedades físicas del biodiésel

Los resultados obtenidos del análisis de correlación de Pearson indicaron una fuerte relación inversa entre la densidad y la viscosidad del biodiésel ($r = -0.650$, $p < 0.001$). Esta correlación significativa indica que a medida que la densidad del biodiésel disminuye, su viscosidad tiende a aumentar, y viceversa. Esta tendencia puede explicarse por las interacciones moleculares presentes en los ésteres metílicos, las cuales influyen simultáneamente en ambas propiedades físicas [41]. Además, factores estructurales de los ácidos grasos, como el grado de insaturación y la longitud de la cadena, influyen de manera notable en los valores de densidad y viscosidad [42].

Las correlaciones entre los tratamientos experimentales y las propiedades físicas, como la densidad y la viscosidad fueron bajas y no significativas ($r = -0.272$ y -0.303 , respectivamente). La influencia de las condiciones experimentales sobre estas propiedades, al menos desde una perspectiva lineal, parece ser limitada. Pequeñas variaciones en parámetros como temperatura de reacción, proporción molar o tipo de catalizador no alteraron significativamente la densidad ni la viscosidad del producto final, lo que refleja una relativa estabilidad del biodiésel frente a ajustes en las condiciones operativas [43].

En relación a la variable gramos de carbón, se observó una correlación inversa baja con la viscosidad ($r = -0.217$) y muy baja con la densidad ($r = -0.079$), lo que evidencia que el contenido de carbono residual en el producto final podría tener una influencia leve sobre sus propiedades físicas. La presencia de impurezas, como carbón no reaccionado o glicerol, puede impactar negativamente la estabilidad y el rendimiento del biodiésel [44]. No obstante, su influencia directa sobre la densidad y la viscosidad varía dependiendo del tipo de materia prima y las condiciones del proceso de producción [45].

5. Conclusión

El análisis morfológico mediante microscopía electrónica de barrido (SEM) indicó diferencias significativas entre las muestras de carbón sin activar y las de carbón activado, presentando un área promedio de $182.45 \mu\text{m}^2$ (carbón sin activar), menor que el área del carbón activado, que fue de $214.25 \mu\text{m}^2$, un factor esencial para mejorar la eficiencia catalítica en el proceso. Adicionalmente, la densidad del biodiésel obtenido cumple con las normativas ASTM D6751 y EN 14214, alcanzándose valores de 899.00 kg/m^3 (M6) y 861.67 kg/m^3 (M9) en las muestras analizadas. En lo referente a la viscosidad, el valor más cercano a la norma fue de $1.75 \text{ mm}^2/\text{s}$ (M3). Por último, se puede concluir que

existió una diferencia significativa entre la densidad y viscosidad ($r = -0.650$, $p < 0.001$) indicando que, a medida que la densidad disminuye, la viscosidad tiende a aumentar.

Contribución de autores: Todos los autores han contribuido sustancialmente al trabajo.

Financiamiento: Los autores financiaron a integridad el estudio.

Conflictos de interés: Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Referencias

1. Dinh, S.K.; Duong, H.; Phan Dinh, T. Environmental Impacts Assessment of Biodiésel Production from Jatropha and Waste Cooking Oil (Wco). *Vietnam Journal of Science and Technology* **2019**, *57*, 606–616, doi:10.15625/2525–2518/57/5/13371.
2. Rana, Md.M.; Mueed, Md.M.A.–; Islam, M.N.; Ali, Md.H. Production and Analysis of Biodiésel from Mango Seed Kernels and Tamarind Seeds Using Hybrid Approach of Solvent Extraction and Transesterification. *Results in Engineering* **2025**, *25*, 103983, doi:10.1016/j.rineng.2025.103983.
3. Rufai Fakai, U.; Zubairu Utono, A.; Nuradden Bui, M. Evaluating Biodiésel Properties from Waste Cooking Oil for Sustainable Energy Applications. *Journal of Energy Engineering and Thermodynamics* **2024**, *4*, doi:10.55529/jet.46.1.8.
4. Chen, H.; Ding, M.; Li, Y.; Xu, H.; Li, Y.; Wei, Z. Feedstocks, Environmental Effects and Development Suggestions for Biodiésel in China. *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)* **2020**, *7*, 791–807, doi:10.1016/j.jtte.2020.10.001.
5. Velasco, J.F.; F. Mendoza, J.M.; Aznar, J.A.; Gallego, A. (PDF) Circular Economy Implementation in the Agricultural Sector: Definition, Strategies and Indicators. *Resources, Conservation & Recycling* **2021**, *170*, doi:10.1016/j.resconrec.2021.105618.
6. Hosseinzadeh–Bandbafha, H.; Li, C.; Chen, X.; Peng, W.; Aghbashlo, M.; Lam, S.S.; Tabatabaei, M. Managing the Hazardous Waste Cooking Oil by Conversion into Bioenergy through the Application of Waste–Derived Green Catalysts: A Review. *Journal of Hazardous Materials* **2022**, *424*, 127636, doi:10.1016/j.jhazmat.2021.127636.
7. Jadán, M.; Morejón, M.; García, S.; Burgos, G.; García, G. Obtención de biodiésel a partir de la transesterificación de aceite vegetal residual. *infoANALÍTICA* **2022**, *11*, 31–51, doi:10.26807/ia.v11i1.242.
8. Malla, L.; Bravo, D.; Toledo, E. Disposición a Pagar Por El Servicio de Recogida de Aceite de Cocina Usado En El Hogar: Un Estudio de Caso En Loja, Ecuador. *Revista Económica* **2024**, *12*, 57–66, doi:10.54753/rve.v12i2.2181.

9. Moya, M.M.; Moya, J. Biodegradación de residuos de aceite usado de cocina por hongos lipolíticos: un estudio in vitro. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* **2020**, *36*, 351–359, doi:10.20937/RICA.53054.
10. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos [INEC] Información Ambiental En Hogares ESPND 2019 Available online: https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Hogares/Hogares%202019/MOD_AMB_HOGAR_ESPND_2019_11.pdf (accessed on 27 December 2024).
11. Mora, A.G.; Ureña, D.A. Obtención de Biodiésel a Partir de Aceites Usados de Cocina, Utilizando Un Catalizador de Ceniza de Cacao CCN-51., 2022.
12. Vélez, A.M.; Marquinez, J.F.; Vega, F.Y.; Vega, A. del C. Desarrollo sostenible de Ecuador a través del desarrollo de las Fuentes No Convencionales de Energía Renovable. *Recimundo* **2024**, *8*, 103–113, doi:10.26820/recimundo/8.(2).abril.2024.103–113.
13. Herrera, D.; Bermúdez, J.; Castilla, C. (PDF) Análisis Del Desempeño de La Potencia y El Torque de Un Motor Diésel Operando Con Mezclas de Biodiésel de Palma. *Ingeniería* **2020**, *25*, 250–263, doi:10.14483/23448393.15676.
14. Aguiar, S.; Estrella, M.E.; Cabadiana, H.U. Residuos agroindustriales: su impacto, manejo y aprovechamiento. *Axioma* **2022**, 05–10, doi:10.26621/ra.v1i27.803.
15. Delgado, S.J.; Zambrano, G.J.; Burgos, G.A.; Moreira, C.A. Evaluación de los residuos agroindustriales con potencial para biocombustibles. *Revista Colón Ciencias, Tecnología y Negocios* **2023**, *10*, 53–73, doi:10.48204/j.colonciencias.v10n2.a4140.
16. Morales, D.P.; Arrieta, Á.Á.A. Utilización de residuos agroindustriales en la elaboración de materiales. *Editorial CECAR* **2023**, 231–251, doi:10.21892/9786287515413.10.
17. Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT) Actualización Del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Cantonal de Pucará 2024.
18. Ibrahim, H. Pyrolysis in the Chemical Industry and Its Major Industrial Applications. *Innovation Science and Technology* **2023**, *2*, 1–11, doi:10.56397/IST.2023.03.01.
19. Munar, D.A.; Ramírez, N.E.; García, J.A. Biocarbón como producto de la biomasa residual de palma de aceite en un concepto de economía circular. *Boletines técnicos* **2022**, 1–80.
20. Barrezueta Unda, S.; Romero Bonilla, H.; Rios Hidalgo, M. Características principales del biocarbón derivado de restos de Theobroma cacao L. para su uso en suelos agrícolas. *Revista Colombiana de Química* **2023**, *52*, 19–24, doi:10.15446/rev.colomb.quim.v52n1.110591.
21. Díaz Chacón, L.; Arévalo Fester, J.; Plaza Pirela, E.; Atencio-Fuenmayor, R. Caracterización Por Microscopía Electrónica de Barrido de Micro y Nanoesferas de Carbono Obtenidas a Partir de

- Naftaleno Empleando La Técnica de Deposición Química En Fase de Vapor. *Acta Microscopica* **2011**, *20*, 54–59.
22. Feng, P.; Li, J.; Wang, H.; Xu, Z. Biomass-Based Activated Carbon and Activators: Preparation of Activated Carbon from Corncob by Chemical Activation with Biomass Pyrolysis Liquids. *ACS Omega* **2020**, *5*, 24064–24072, doi:10.1021/acsomega.0c03494.
23. Tsarpali, M.; Kuhn, J.N.; Philippidis, G.P. Activated Carbon Production from Algal Biochar: Chemical Activation and Feasibility Analysis. *Fuel Communications* **2024**, *19*, 100115, doi:10.1016/j.fueco.2024.100115.
24. Abdulbari A., A.; Abdulraqueeb, A.; Laila A. Al, K.; Hani, D. Biomass-Based Activated Carbon. In *From Biomass to Biobased Products*; IntechOpen, 2024 ISBN 978-1-83769-003-9.
25. Rodriguez, A.; Trujillo, D.; Carranza Rodriguez, A. *Propiedades y Aplicaciones Del Carbón Activado: Un Análisis Completo*; 2025;
26. Saltos, K.; Bravo, A.; Mosquera, R.; Riera, M. Efficiency of Activated Carbon Derived from Cocoa Shells in Removing Pollutants from Wastewater. *Journal of Ecological Engineering* **2024**, *25*, 151–162, doi:10.12911/22998993/188206.
27. Valencia, L.F.; Tovar, A.M.; Villa, A.L. Transformation of Organic Cacao (Theobroma Cacao) Husk into Commercial. *Ingeniería y Competitividad* **2024**, *26*, doi:10.25100/iyc.v26i3.13519.
28. Oyekunle, D.T.; Barasa, M.; Gendy, E.A.; Tiong, S.K. Heterogeneous Catalytic Transesterification for Biodiésel Production: Feedstock Properties, Catalysts and Process Parameters. *Process Safety and Environmental Protection* **2023**, *177*, 844–867, doi:10.1016/j.psep.2023.07.064.
29. Kopp Alves, A.; Hauschild, T.; Basegio, T.M.; Amorim Berutti, F. Influence of Lignin and Cellulose from Termite-Processed Biomass on Biochar Production and Evaluation of Chromium VI Adsorption. *Sci Rep* **2024**, *14*, 14937, doi:10.1038/s41598-024-65959-5.
30. Yusuf, B.O.; Oladepo, S.A.; Ganiyu, S.A. Efficient and Sustainable Biodiésel Production via Transesterification: Catalysts and Operating Conditions. *Catalysts* **2024**, *14*, 581, doi:10.3390/catal14090581.
31. Behera, B.; Selvan S, M.; Dey, B.; P, B. Algal Biodiésel Production with Engineered Biochar as a Heterogeneous Solid Acid Catalyst. *Bioresource Technology* **2020**, *310*, 123392, doi:10.1016/j.biortech.2020.123392.
32. Putri, P.E.Y.; Bestari, C.B.A. Optimization Transesterification Reaction in the Synthesis of Biodiésel from Household Catering Waste Cooking Oil: Transesterification. *Journal of Biobased Chemicals* **2024**, *4*, 81–95, doi:10.19184/jobc.v4i1.813.

33. Tobío-Pérez, I.; Melo-Espinosa, E.A.; Suárez-Hernández, J.; Sotolongo-Pérez, J.Á.; Piloto-Rodríguez, R. Evaluación de mezclas de biodiésel de *Jatropha curcas* (L.) en bancos de motores diésel. *Pastos y Forrajes* **2018**, *41*, 300–309.
34. Gómez-Delgado, E.E.; Nabarlantz, D.; Avellaneda-Vargas, F.A. Obtención de biodiésel por transesterificación in situ a partir de semillas de *Jatropha curcas* L. *Revista UIS ingenierías* **2022**, *21*, 21–38.
35. Kassem, Y.; Çamur, H. A Laboratory Study of the Effects of Wide Range Temperature on the Properties of Biodiésel Produced from Various Waste Vegetable Oils. *Waste and Biomass Valorization* **2017**, *8*, 1995–2007, doi:10.1007/S12649-016-9753-4.
36. Gómez-Delgado, E.E.; Nabarlantz, D.; Avellaneda-Vargas, F.A. Obtención de biodiésel por transesterificación in situ a partir de semillas de *Jatropha curcas* L. *Revista UIS ingenierías* **2022**, *21*, 21–38.
37. García Muentes, S.A.; Lafargue Pérez, F.; Labrada Vázquez, B.; Díaz Velázquez, M.; Sánchez del Campo-Lafita, A.E. Propiedades fisicoquímicas del aceite y biodiésel producidos de la *Jatropha curcas* L. en la provincia de Manabí, Ecuador. *Revista Cubana de Química* **2018**, *30*, 142–158.
38. Prasetyo, D.A.; Saputro, M.R.A.; Ulma, Z. Arang Kulit Biji Kakao (*Theobroma Cacao* L.) Sebagai Adsorben Untuk Menurunkan Kadar Asam Lemak Bebas Pada Pembuatan Biodiésel Dari Minyak Jelantah. *Jurnal Teknik Terapan* **2023**, *2*, 12–23, doi:10.25047/jteta.v2i1.24.
39. Silva, D.S.; Silva dos Santos, R.K.; Silva Carneiro, M.E.; Thode Filho, S.; da Silveira Maranhão, F.; Gomes de Souza, F. The Importance of Viscosity Analysis in Biodiésel. *Brazilian Journal of Experimental Design, Data Analysis and Inferential Statistics* **2023**, *1*, doi:10.55747/bjedis.v1i2.62228.
40. Barros Ferreira, R.S.; Menezes dos Passos, R.; Araujo Sampaio, K.; Caldas Batista, E.A. Heterogeneous Catalysts for Biodiésel Production: A Review. *Food and Public Health* **2019**, *9*, 125–137, doi:10.5923/j.fph.20190904.04.
41. Hoang, A.T. Prediction of the Density and Viscosity of Biodiésel and the Influence of Biodiésel Properties on a Diesel Engine Fuel Supply System. *Journal of Marine Engineering & Technology* **2021**, *20*, 299–311, doi:10.1080/20464177.2018.1532734.
42. Khethiwe, E.; Clever, K.; Jerekias, G. Effects of Fatty Acids Composition on Fuel Properties of *Jatropha Curcas* Biodiésel. *SGRE* **2020**, *11*, 165–180, doi:10.4236/sgre.2020.1110010.
43. Kocakulak, M.B.-S.K.-T. Response Surface Method Based Optimization of the Viscosity of Waste Cooking Oil Biodiésel. *sciperspective* **2021**, *1*, 30–37, doi:10.29228/sciperspective.49697.

44. Šalić, A.; Kučan, K.Z.; Gojun, M.; Rogošić, M.; Zelić, B. Chapter 7 – Biodiésel Purification: Real-World Examples, Case Studies, and Current Limitations. In *Sustainable Biodiésel*; Tabatabaei, M., Nizami, A.-S., Eds.; Biomass and Biofuels; Academic Press, **2023**; pp. 185–237 ISBN 978-0-12-820361-3.
45. Bharathiraja, B.; Chakravarthy, M.; Kumar, R.R.; Yuvaraj, D.; Jayamuthunagai, J.; Kumar, R.P.; Palani, S. Biodiésel Production Using Chemical and Biological Methods – A Review of Process, Catalyst, Acyl Acceptor, Source and Process Variables. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* **2014**, 38, 368–382, doi:10.1016/j.rser.2014.05.084.



© 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

RESEARCH ARTICLE

Recopilación Bibliográfica del impacto ambiental de diferentes materiales de construcción andina: Hormigón, Acero, Madera y Adobe.

Idrovo-Ureña, Diego Fernando ¹  Jefferson Torres-Quezada ^{2*} 

¹ Universidad Católica de Cuenca. Unidad Académica de Posgrado. Maestría en Construcciones con mención en Administración de la Construcción Sustentable.

² Universidad Católica de Cuenca, Unidad Académica de Posgrado. Maestría en Construcciones con mención en Administración de la Construcción Sustentable.

✉ Correspondencia: dfidrovou62@est.ucacue.edu.ec ☎ + 593 999 057 661

DOI/URL: <https://doi.org/10.53313/gwj81205>

Resumen: El objetivo de esta investigación fue evaluar el impacto ambiental de los materiales de construcción (hormigón (convencional, prefabricado y con aditivos ecológicos), acero, madera y adobe) mediante la recolección y análisis de estudios previos relacionados al estudio. Se seleccionaron estos materiales por su relevancia y alta demanda en proyectos constructivos, buscando identificar opciones más sostenibles. La recolección bibliográfica evaluó las emisiones de CO₂ y el consumo de energía promedio en cada caso. Los resultados muestran que el acero es el material con mayor impacto ambiental, con emisiones promedio de 2.62 kg CO₂/kg y un consumo energético de 33.5 MJ/kg. El hormigón presenta un impacto moderado, con emisiones de 0.15 kg CO₂/kg y consumo energético de 1.5 MJ/kg. En contraste, el adobe y la madera destacan como los materiales más sostenibles, con emisiones de 0.024 kg CO₂/kg y 0.35 kg CO₂/kg, respectivamente, y consumos energéticos de 0.3 MJ/kg (adobe) y 3.0 MJ/kg (madera). En conclusión, la optimización en el uso de materiales como el hormigón prefabricado con aditivos ecológicos y el acero reciclado es clave para reducir el impacto ambiental de la construcción, alineándose con los objetivos de sostenibilidad global.

Palabras claves: Evaluación del Ciclo de Vida (LCA), impacto ambiental, eficiencia energética, materiales de construcción, sostenibilidad.

Bibliographic compilation of the environmental impact of different Andean construction materials: Concrete, Steel, Wood and Adobe

Abstract: The objective of this research was to evaluate the environmental impact of construction materials (concrete (conventional, prefabricated and with ecological additives), steel, wood and adobe) through the collection and analysis of previous studies related to the study. These materials were selected for their relevance

Green World Journal /Vol 08/Issue 01/205/ January-April 2025 /www.greenworldjournal.com



Cita: Diego Fernando, I.-U., & Orres-Quezada, J. T. (2025). Recopilación Bibliográfica del impacto ambiental de diferentes materiales de construcción andina: Hormigón, Acero, Madera y Adobe. Green World Journal, 8(1), 205. <https://doi.org/10.53313/gwj81205>

Received: 01/April/2025

Accepted: 18/April/2025

Published: 19/April/2025

Prof. Carlos Mestanza-Ramón, PhD.
Editor-in-Chief / CaMeRa Editorial
editor@greenworldjournal.com

Editor's note: CaMeRa remains neutral with respect to legal claims resulting from published content. The responsibility for published information rests entirely with the authors.



© 2025 CaMeRa license, Green World Journal. This article is an open access document distributed under the terms and conditions of the license.

Creative Commons Attribution (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>

RESEARCH ARTICLE

and high demand in construction projects, seeking to identify more sustainable options. The bibliographic collection evaluated CO₂ emissions and average energy consumption in each case. The results show that steel is the material with the highest environmental impact, with average emissions of 2.62 kg CO₂/kg and energy consumption of 33.5 MJ/kg. Concrete presents a moderate impact, with emissions of 0.15 kg CO₂/kg and energy consumption of 1.5 MJ/kg. In contrast, adobe and wood stand out as the most sustainable materials, with emissions of 0.024 kg CO₂/kg and 0.35 kg CO₂/kg, respectively, and energy consumptions of 0.3 MJ/kg (adobe) and 3.0 MJ/kg (wood). In conclusion, optimization in the use of materials such as precast concrete with ecological additives and recycled steel is key to reduce the environmental impact of construction, aligning with global sustainability goals.

Key words: Life Cycle Assessment (LCA), environmental impact, energy efficiency, building materials, sustainability.

1. Introducción

El impacto ambiental de la industria de la construcción se ha convertido en un tema de gran relevancia a nivel global y Ecuador no es la excepción. El uso de materiales como hormigón, acero, madera y adobe en la construcción es un factor crítico en las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y en el consumo energético. En Ecuador, el sector de la construcción ha mostrado un crecimiento constante, lo que ha incrementado su contribución al cambio climático debido al uso intensivo de materiales como el hormigón y el acero, ambos con altas emisiones de CO₂ durante su producción ¹²

El hormigón, siendo uno de los materiales más comunes en la construcción, es conocido por su impacto ambiental significativo. La producción de cemento, su componente principal, es responsable de aproximadamente el 8% de las emisiones globales de CO₂, una cifra alarmante considerando que el proceso de fabricación es altamente intensivo en energía ³. En Ecuador, la industria del cemento ha sido identificada como una de las principales fuentes de emisiones de GEI, lo que ha llevado a un creciente interés por encontrar alternativas más sostenibles ¹. Por otro lado, el acero, aunque menos utilizado que el hormigón en algunas áreas, también genera un impacto ambiental considerable. La producción de acero en Ecuador, al igual que en otros países, involucra procesos que requieren grandes cantidades de energía y emiten contaminantes nocivos, incluidos GEI ². Estudios recientes han destacado la necesidad de mejorar la eficiencia energética en las plantas siderúrgicas ecuatorianas para mitigar estos impactos ⁴.

En Ecuador, el impacto ambiental de la madera depende en gran medida de las prácticas de manejo forestal. La tala ilegal y la deforestación siguen siendo problemas significativos que, si no se gestionan correctamente, pueden disminuir los beneficios ambientales del uso de la madera en la construcción ⁵.

El adobe, un material tradicional en la construcción rural de Ecuador, destaca por su bajo impacto ambiental en la etapa de producción. Este material, hecho de tierra cruda, tiene una huella de carbono mínima comparada con el hormigón y el acero. Sin embargo, su uso también presenta desafíos, como la durabilidad limitada y la necesidad de mantenimiento frecuente, que pueden aumentar su impacto ambiental a lo largo del tiempo ⁶. Además, su capacidad para aislar térmicamente es inferior a la de otros materiales, lo que podría llevar a un mayor consumo de energía en climas extremos ⁷. La relevancia de estudiar el impacto ambiental de estos materiales en Ecuador radica en la urgencia de desarrollar estrategias que minimicen las emisiones de GEI y

el consumo de energía en la construcción, un sector vital para el desarrollo económico del país. La literatura existente ha abordado de manera fragmentada el impacto de estos materiales, con estudios que analizan individualmente el hormigón ¹, el acero ², la madera ⁸, y el adobe ⁶. Sin embargo, aún es necesario realizar un análisis que considere las particularidades del contexto ecuatoriano, ya que los estudios actuales no abordan de manera completa los factores clave para evaluar el impacto ambiental de los materiales de construcción. Este artículo tiene como objetivo llenar este vacío en la literatura, proporcionando una evaluación comparativa del impacto ambiental de hormigón, acero, madera y adobe, con un enfoque en Ecuador. Se analizarán las etapas críticas del ciclo de vida que contribuyen al impacto ambiental, lo que permitirá identificar estrategias de mitigación efectivas.

Este estudio no solo aportará conocimientos valiosos para la comunidad científica, sino que también ofrecerá recomendaciones prácticas para los actores del sector de la construcción en Ecuador. La pregunta de investigación principal es: ¿Cuál es el impacto ambiental de los materiales de construcción más utilizados en Ecuador, específicamente el hormigón, acero, madera y adobe, en términos de emisiones de GEI y consumo de energía?

La estructura del artículo se desarrollará en las siguientes secciones: primero, se presentará el marco metodológico y los datos utilizados; luego, se mostrarán los resultados de la revisión bibliográfica y el análisis comparativo; y finalmente, se discutirán las implicaciones de estos resultados y se ofrecerán recomendaciones para mejorar la sostenibilidad de la construcción en Ecuador. Los objetivos específicos incluyen: (1) identificar las emisiones de CO₂ y el consumo energético de cada material reportados en la literatura revisada; (2) considerando los estudios previos, se identificará que material contribuye en mayor impacto al ambiente; (3) evaluar la sostenibilidad de cada material considerando sus características reportadas en la bibliografía; y (4) proponer estrategias basadas en la evidencia bibliográfica para reducir el impacto ambiental en la construcción en el país.

2. Metodología

La metodología de esta investigación se estructurará en cuatro fases principales, cuyo objetivo es evaluar y comparar el impacto ambiental de diferentes materiales de construcción: hormigón convencional, prefabricado y con aditivos ecológicos, acero, madera y adobe. Para este propósito, se recopilarán y analizarán datos disponibles en la literatura científica y bases de datos especializadas, que permitirá cuantificar los impactos de cada material en términos de emisiones de gases de efecto invernadero y consumo energético en todas las etapas de su ciclo de vida. A continuación, se describe cada fase en detalle.

2.1. Fase 1: Recolección y Estandarización de Datos para Evaluación del Ciclo de Vida (LCA)

En esta primera fase, el proceso se centrará en la recopilación y estandarización de datos ambientales relevantes para cada material de construcción. Los materiales seleccionados (hormigón, acero, madera y adobe) serán evaluados desde la producción hasta la disposición final. Los datos incluirán indicadores clave, como las emisiones de CO₂ y el consumo de energía, necesarios para establecer un inventario ambiental detallado. Este inventario servirá como base para las evaluaciones que se realizarán en las fases siguientes.

La recolección de datos incluirá la extracción de información específica de estudios previos, bases de datos ambientales y estadísticas industriales. En particular, se pondrá especial atención al

hormigón, analizando variantes como el hormigón prefabricado y el hormigón con aditivos ecológicos, los datos de la tabla 1 continua en la siguiente página.

Tabla 1. Artículos analizados

Título del Artículo	Autor(es)	Año	Datos Obtenidos
Metodología para la evaluación del impacto ambiental del hormigón elaborado aplicado a RMBA	Córdoba et al.	2024	Hormigón: Producción anual de 2.6 millones m³ en RMBA; emisiones de CO ₂ de 919.957 t; consumo energético de 4.156.815 GJ; uso de 8,49 Mt de materia prima. Incluye variantes de hormigón prefabricado y con aditivos ecológicos que disminuyen el impacto de carbono.
Analyzing the environmental impact of conventional wooden and modern reinforced concrete systems	Keles et al.	2024	Hormigón (RC): Alta energía embebida (hasta 3000 MJ/m²) en sistemas con aislamiento XPS/EPS; emisiones de CO ₂ de 300–330 kgCO ₂ -eq/m². Madera: Energía embebida baja en sistemas tradicionales (~500–750 MJ/m²), con emisiones de CO ₂ de 50–100 kgCO ₂ -eq/m² en sistemas de adobe y madera.
Embodied energy and embodied carbon of structural building materials	Cabeza et al.	2021	Hormigón: Energía embebida entre 0.78–1 MJ/kg y carbono embebido de 0.10–0.16 kgCO ₂ /kg. Acero: Energía embebida elevada de 32–35 MJ/kg y carbono embebido de 2.53–2.71 kgCO ₂ /kg. Madera: Energía embebida de 3 MJ/kg; carbono embebido de 0.30–0.40 kgCO ₂ /kg. Adobe: Energía embebida de 0.45 MJ/kg para bloques de adobe.
Cradle to site Life Cycle Assessment (LCA) of adobe bricks	Christoforou et al.	2016	Adobe: Energía embebida varía según método de producción: on-site con paja local 51.03 MJ/m³ (0.033 MJ/kg), off-site con paja transportada 261.74 MJ/m³ (0.17 MJ/kg), on-site con aserrín transportado 51.88 MJ/m³ (0.033 MJ/kg), y off-site con aserrín

			transportado 264.73 MJ/m ³ (0.169 MJ/kg).
Recent work in embodied energy analysis of New Zealand building materials	Alcorn	1998	Adobe: Energía embebida para adobe en diferentes formas: bloque 0.47 MJ/kg, estabilizado con cemento 0.42 MJ/kg, adobe bituminoso 0.29 MJ/kg, tierra apisonada con cemento 0.50 MJ/kg, y bloque prensado 0.42 MJ/kg. Sin datos específicos de carbono embebido, aunque valores de referencia de técnicas de tierra indican de 0.023–0.025 kg CO ₂ /kg.
Embodied energy and carbon in construction materials 9	Hammond et al.	2008	Hormigón: Energía embebida de 0.95 MJ/kg y carbono embebido de 0.035 kgCO ₂ /kg. La tabla continua en la siguiente página Acero: Energía embebida de 24.4–35.3 MJ/kg y carbono embebido de 0.482–0.749 kgCO ₂ /kg. Madera: Energía embebida de 7.4–15 MJ/kg y carbono embebido de 0.123–0.221 kgCO ₂ /kg.
Assessment of building materials in the construction sector: A case study using life cycle assessment10	Dsilva et al.	2023	Hormigón: emisiones reducidas de 680 a 500 kgCO ₂ /m ² de área construida.
Methodologies for assessing building embodied carbon in a circular economy perspective11	Li & Masera	2024	Acero: Emisiones negativas por reciclaje de –183.86 kgCO ₂ /m ² . Concreto: Baja tasa de reciclaje con un promedio de –2.39 kgCO ₂ /m ² .

Sustainability of Building Materials: Embodied Energy and Embodied Carbon of Masonry12	Asdrubali et al.	2023	Hormigón: Energía embebida promedio 1.32 MJ/kg, carbono embebido 0.137 kgCO ₂ eq/kg. Adobe: Energía embebida 0.033–0.17 MJ/kg, carbono embebido 0.0017–0.0129 kgCO ₂ eq/kg.
Carbon assessment of a wooden single-family building13	Petrović et al.	2023	Madera: Emisiones GHG de hasta –3.5 kgCO ₂ e/m ² /año en la etapa de producción; emisiones totales de referencia para el diseño mejorado (cradle to grave) de –0.7 kgCO ₂ e/m ² /año. CLT y materiales de madera se destacaron por su capacidad de almacenamiento de carbono.
Evaluating the Impact of Material Service Life on Embodied Energy of Residential Villas in UAE14	Rauf et al.	2024	Hormigón: 2.404 GJ/m ³ en estructuras de cimentación. La tabla continua en la siguiente página
A Building Life-Cycle Embodied Performance Index—The Relationship between Embodied Energy, Embodied Carbon, and Environmental Impact15	Hu	2020	Hormigón: Contribuye al 51 % del carbono embebido; energía embebida de 1.84–3.90 MJ/kg.
A Review of Embodied Energy (EM) Analysis of Industrialised Building System (IBS)16	Zaini et al.	2016	Hormigón: Energía embebida de 1.84–3.90 MJ/kg
Environmental Impact Assessment of Building Materials Using Life Cycle Assessment17	Ghanbari	2023	Hormigón: Energía embebida de 1.11 MJ/kg, emisiones de CO ₂ de 1.14 kgCO ₂ /kg. Acero: Energía embebida de 24.34 MJ/kg, emisiones de CO ₂ de 1.53 kgCO ₂ /kg.

Evaluación ambiental basada en el análisis del ciclo de vida (ACV) en la fase de construcción de una edificación en Cataluña18	Ortiz et al.	2010	Acero: emisiones de CO ₂ : 54.9 kg CO ₂ -eq/m ² ; energía total: 1,260 MJ/m ² . Hormigón prefabricado: 88.9 kg/m ² ; emisiones de CO ₂ : 16.9 kg CO ₂ -eq/m ² ; energía total: 165 MJ/m ² .
Life Cycle Assessment of Construction Materials: A Sustainable Development Approach19	Souvik et al.	2022	Acero: Energía embebida de 35.4 MJ/kg (virgen), 25.3 MJ/kg (39% reciclado); carbono embebido de 2.89 kg CO ₂ /kg (virgen), 1.95 kg CO ₂ /kg (reciclado). La tabla continua en la siguiente página
Life Cycle Assessment of Building Materials for a Single-family House in Sweden20	Petrovic et al.	2019	Hormigón: Energía embebida de 268.68 MJ/m ³ ; emisiones de CO ₂ de 6.10 toneladas en la construcción de 21.8 m ³ . Madera: Energía embebida de 514.03 MJ/m ³ ; emisiones de CO ₂ de 9.10 toneladas en 4.4 m ³ .
Advancing the circular economy and environmental sustainability with timber hybrid construction in South Korean public building21	Shin & Kim	2024	Usando LCA (Evaluación del Ciclo de Vida) y BCI (Indicadores de Circularidad de Edificios). El uso de madera redujo el impacto ambiental en −13.5 %, −11.5 % y −5.0 % según su aplicación (estructura, sin núcleo, pared exterior).
Environmental Assessment of Calcium Sulfoaluminate Cement: A Monte Carlo Simulation in an Industrial Symbiosis Framework22	Tanguler-Bayramtan et al.	2024	El cemento mejorado con elementos sostenibles (CSA) reduce el consumo energético en 13–16 % y las emisiones de CO ₂ en 35–48 % frente al cemento Portland, utilizando materias primas alternativas bajo un enfoque de simbiosis industrial
Assessing the environmental impact of construction waste management in northern Thailand: An	Ubolsook et al.	2024	El concreto genera 38.624 kgCO ₂ eq/m ² , 12.991 MJ/m ² y 420.97 THB/m ² en costos.

approach to estimate greenhouse gas emissions and cumulative energy demand ²³	Con materiales reciclados, las emisiones se reducen en 20.3 %, la energía en 90.5 % y los costos en 20.9 % frente al caso convencional
--	--

2.2.Fase 2: Evaluación del Ciclo de Vida en trabajos previos para la Cuantificación de Impactos Ambientales

La segunda fase de la metodología se enfoca en evaluar los datos recolectados en los estudios previos, para identificar los impactos ambientales de los materiales de construcción seleccionados: hormigón (convencional, prefabricado y con aditivos ecológicos), acero, madera y adobe. Esta fase está diseñada para cumplir con los objetivos de la investigación, proporcionando una evaluación detallada de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y el consumo de energía asociado a cada material a lo largo de todas las etapas de su ciclo de vida. La implementación de este análisis facilitará la identificación de los materiales que presentan el menor impacto ambiental, estableciendo un marco propio para evaluar proyectos de construcción sostenible que prioricen la reducción de emisiones y la conservación energética.

2.2.1. Revisión de indicadores de impacto ambiental

En este trabajo, se verificó la información sobre los materiales seleccionados: hormigón, acero, madera y adobe. Los datos recopilados permitieron evaluar indicadores como energía embebida, emisiones de CO₂ y eficiencia en el uso de recursos.

Para el hormigón, se analizaron datos relacionados con su consumo energético y emisiones durante su ciclo de vida. En el caso del acero, se revisaron sus altos niveles de energía embebida en comparación con otros materiales, mientras que la madera mostró ventajas asociadas con el secuestro de carbono. Por último, para el adobe, se evaluaron métodos de producción y transporte, registrando valores de 0.033 MJ/kg en producción local y 0.17 MJ/kg con transporte, según datos existentes (Christoforou et al.,2016).

Esta verificación proporciona una base para identificar oportunidades de mejora ambiental en el uso de estos materiales y optimizar su aplicación en proyectos constructivos.

2.2.2. Identificación de Puntos Críticos y Comparación de Impacto Ambiental

El análisis de trabajo previos respecto al LCA permitirá identificar los puntos críticos de impacto ambiental para cada material en términos de consumo energético y emisiones de GEI en las diferentes etapas de su ciclo de vida. En el caso del acero, se ha demostrado que su alta energía embebida (32–35 MJ/kg) y carbono embebido (2.53–2.71 kgCO₂/kg) representan una contribución significativa al impacto ambiental total en comparación con materiales como la madera y el adobe, que presentan menores valores de energía y carbono embebido (Cabeza et al., 2021; Alcorn, 1998). De igual manera, el impacto del aislamiento térmico se analizará en profundidad, considerando los materiales de alto carbono embebido como el XPS y EPS, que, si bien mejoran la eficiencia térmica, presentan altos valores de carbono (Keles et al., 2024).

Hormigón

- El análisis se centrará en evaluar las emisiones de CO₂ y el consumo energético asociados con la producción de hormigón, considerando datos específicos sobre el impacto del cemento como componente principal. Este enfoque permitirá identificar las etapas clave del ciclo de vida del material que generan mayores impactos ambientales.

Acero

- El análisis se enfocará en evaluar los altos niveles de energía embebida y carbono asociado en la producción de acero, considerando datos clave de su ciclo de vida. Este enfoque permitirá identificar los procesos de mayor impacto ambiental, como la fundición y el laminado, para optimizar el uso del material en aplicaciones constructivas.

Madera

- El análisis se centrará en evaluar el carbono embebido y el potencial de secuestro de carbono de la madera durante su ciclo de vida. Este enfoque permitirá identificar los beneficios ambientales y las etapas críticas en el uso de este material en construcciones sostenibles.

Adobe y Materiales de Tierra

- El análisis se centrará en evaluar la energía embebida y el carbono asociado a los diferentes métodos de producción del adobe y otros materiales de tierra. Se considerarán escenarios de producción local y transporte, identificando los procesos que generen menores impactos ambientales. Este enfoque permitirá determinar las mejores prácticas para el uso eficiente de estos materiales en construcciones sostenibles.

2.3. Fase 3: Comparación y Análisis de Resultados

En esta fase, se realizará una comparación detallada de los impactos ambientales de los materiales seleccionados (hormigón, acero, madera y adobe) utilizando los datos obtenidos y estandarizados en las fases anteriores. Se emplearán métricas como emisiones de gases de efecto invernadero (CO₂ equivalente) y consumo energético total para evaluar el desempeño de cada material. Además, se identificarán las etapas del ciclo de vida con mayor contribución al impacto ambiental, permitiendo destacar oportunidades de mejora para cada material.

2.4. Fase 4: Elaboración de Recomendaciones para una Construcción Sostenible

Con base en los resultados obtenidos, se desarrollarán recomendaciones dirigidas a reducir el impacto ambiental de los materiales evaluados. Estas recomendaciones estarán orientadas a la selección de materiales, optimización de procesos constructivos y promoción de prácticas sostenibles. También se planteará un marco preliminar para la implementación de estrategias de diseño y construcción más sostenibles, destacando el potencial de cada material en contextos específicos.

3. Resultados

A continuación, se muestra la tabla 2 con los materiales analizados, derivados de los distintos artículos, junto con sus valores de emisión de CO2 y energía incorporada.

Tabla 2. Impacto ambiental de cada variante de los materiales analizados

Material y Variante	Emisiones de CO ₂ (kg CO ₂ /kg)	Consumo Energético (MJ/kg)	Energía incorporada (MJ/m³)	Fuente
Hormigón (convencional)	0.137	1.11	268.68	Petrovic et al., 2019
Hormigón (prefabricado)	0.169	1.32	-	Ortiz et al., 2010
Hormigón (general)	0.1	0.95	-	Hammond & Jones, 2008
Hormigón (cradle to grave)	0.035	-	-	Asdrubali et al., 2023
Acero (virgen)	2.89	35.4	-	Souvik et al., 2022
Acero (reciclado)	1.95	25.3	-	Souvik et al., 2022
Madera (general)	0.4	15	514.03	Petrovic et al., 2019
Madera (CLT)	-0.7	-	-	Petrovic et al., 2023
Adobe (bloque prensado)	0.42	0.5	-	Alcorn, 1998
Adobe (on-site con paja local)	0.033	0.033	51.03	Christoforou et al., 2016
Adobe (on-site con paja transportada)	0.169	0.17	261.74	Christoforou et al., 2016
Adobe (con estabilización de cemento)	0.023	0.42	-	Alcorn, 1998
Adobe (bituminoso)	0.025	0.29	-	Alcorn, 1998

La tabla presenta un análisis detallado de las emisiones de CO₂, el consumo energético y la energía incorporada para diversos materiales y variantes utilizados en la construcción. En ella, se incluyen datos cuantitativos provenientes de estudios científicos que evalúan el impacto ambiental mediante metodologías estandarizadas de Análisis de Ciclo de Vida (LCA). Se destacan materiales como el hormigón, el acero, la madera y el adobe, con sus respectivas variantes. En el caso del hormigón, se observa una variación en sus emisiones de CO₂ y consumo energético dependiendo de su tipo, como el convencional, prefabricado y en análisis de ciclo completo ("cradle to grave"). Por otro lado, el acero presenta valores significativamente más altos de energía embebida y emisiones de CO₂, diferenciándose entre la producción virgen y el reciclaje. La madera se analiza tanto en su forma general como en sistemas constructivos de CLT, mostrando ventajas en términos de secuestro de carbono. Finalmente, el adobe se detalla en varias configuraciones, desde métodos

locales hasta estabilizados con cemento, evidenciando diferencias en energía embebida según las condiciones de producción.

Hormigón

El hormigón, dependiendo de su variante, presenta diferentes valores de emisiones de CO₂ y consumo energético. Para el hormigón convencional, las emisiones de CO₂ se estiman en 0.137 kg CO₂/kg, con un consumo energético de 1.11 MJ/kg y una energía incorporada de 268.68 MJ/m³ (Petrovic et al., 2019). El hormigón prefabricado muestra un ligero incremento en las emisiones, alcanzando 0.169 kg CO₂/kg y un consumo energético de 1.32 MJ/kg (Ortiz et al., 2010). Por otro lado, el hormigón en términos generales tiene emisiones de 0.1 kg CO₂/kg y un consumo energético de 0.95 MJ/kg (Hammond & Jones, 2008). Finalmente, un análisis "cradle to grave" revela emisiones de 0.035 kg CO₂/kg (Asdrubali et al., 2023).

Estos valores reflejan el impacto ambiental acumulado debido a la alta demanda de este material en la construcción. La etapa de producción del cemento y el transporte se identifican como factores clave para reducir sus impactos ambientales.

Acero

El acero se caracteriza por ser uno de los materiales con mayor impacto ambiental. Las emisiones de CO₂ asociadas a su producción varían entre 2.89 kg CO₂/kg para el acero virgen y 1.95 kg CO₂/kg para el acero reciclado, según Souvik et al. (2022). En términos de consumo energético, el acero virgen requiere 35.4 MJ/kg, mientras que el reciclado disminuye este valor a 25.3 MJ/kg. El alto impacto del acero se debe a la intensidad energética de los procesos de fundición y laminado, lo que lo convierte en un material crítico en proyectos de construcción donde se utiliza en grandes cantidades. Aunque el reciclaje representa una alternativa menos intensiva en energía, su efectividad depende de la eficiencia de los sistemas de recuperación y reciclaje en la industria, lo que plantea desafíos operativos importantes.

Madera

La madera, especialmente en construcciones tradicionales, se presenta como una opción de menor impacto ambiental en comparación con otros materiales. Según Petrovic et al. (2019), las emisiones de CO₂ para la madera general son de 0.4 kg CO₂/kg, con un consumo energético de 15 MJ/kg y una energía incorporada de 514.03 MJ/m³. En sistemas constructivos como CLT (Cross Laminated Timber), la madera incluso muestra emisiones negativas de -0.7 kg CO₂/kg, destacando su capacidad de almacenamiento de carbono (Petrovic et al., 2023).

Estas propiedades hacen de la madera una alternativa sostenible, especialmente para estructuras de baja densidad. Sin embargo, su impacto ambiental puede variar dependiendo del tratamiento aplicado, ya que procesos como el secado en hornos o el uso de madera laminada tienden a incrementar el consumo energético, lo que debe considerarse al implementarla en construcciones sostenibles.

Adobe

El adobe, especialmente en variantes locales, destaca por su bajo impacto ambiental. Según Christoforou et al. (2016), el adobe producido in situ con paja local presenta un consumo energético

de 0.033 MJ/kg y una energía incorporada de 51.03 MJ/m³, con emisiones de CO₂ de 0.023 kg CO₂/kg. Por otro lado, variantes como el adobe estabilizado alcanzan un consumo energético de 0.42 MJ/kg (Alcorn, 1998). A pesar de las diferencias en producción, el adobe sigue siendo una opción más eficiente en carbono y energía en comparación con materiales como el acero o el hormigón armado.

Emisiones Promedio

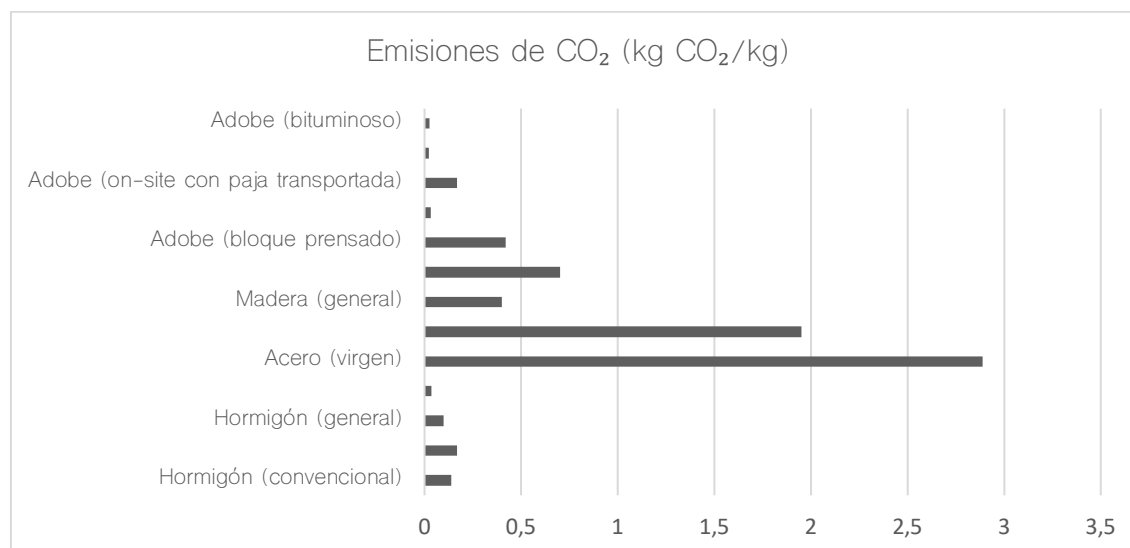


Figura 1. Emisiones de CO₂ de los materiales

Al analizar las emisiones de CO₂, el adobe y adobe con agregados se destaca como el material con menor impacto ambiental, con un promedio de 0.024 kg CO₂/kg. Este valor refleja la baja intensidad de carbono asociada al uso de materiales naturales y locales, como la tierra y la paja, en la producción de adobe. Su método de producción, especialmente cuando se realiza en el sitio de construcción, minimiza tanto el consumo energético como las emisiones, haciéndolo una opción sostenible y de bajo impacto.

La madera, con emisiones promedio de 0.35 kg CO₂/kg, también presenta un bajo impacto ambiental en comparación con materiales convencionales. Su capacidad de almacenar carbono durante su ciclo de vida contribuye a reducir su huella de carbono. No obstante, los procesos de tratamiento y secado pueden incrementar sus emisiones en algunos casos, lo cual debe considerarse al seleccionar madera para construcción sostenible.

El hormigón, con emisiones promedio de 0.15 kg CO₂/kg, presenta un impacto moderado en términos de emisiones de CO₂. Aunque su producción es menos intensiva en carbono que la del acero, el uso extensivo de cemento contribuye significativamente a sus emisiones, especialmente en su variante armada. La utilización de aditivos ecológicos y agregados reciclados puede mejorar su perfil ambiental, pero aún representa un reto en proyectos de alta demanda.

Por último, el acero se identifica como el material con el mayor impacto ambiental, con emisiones promedio de 2.62 kg CO₂/kg, debido al proceso de producción intensivo en carbono y energía. Su uso genera hasta diez veces más emisiones de CO₂ que materiales como el adobe, lo cual posiciona al acero como una opción menos favorable para proyectos con objetivos de sostenibilidad, salvo en casos donde se priorice el uso de acero reciclado para reducir este impacto.

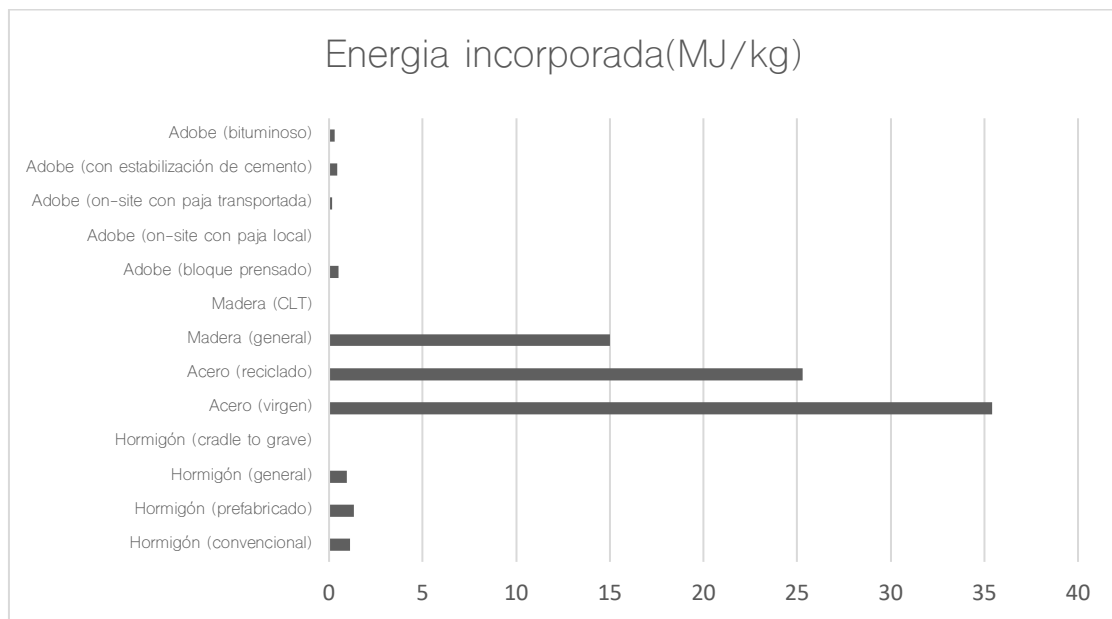


Figura 2. Energía incorporada de los materiales

Los valores del hormigón se calcularon considerando tanto el hormigón convencional como el armado, incluyendo datos de la energía incorporada entre 0.78 y 2.5 MJ/kg y emisiones de CO₂ de 0.10 a 0.24 kg CO₂/kg. En el caso del acero, el valor promedio es más alto debido a su proceso de producción intensivo en energía, con un rango de 32–35 MJ/kg y emisiones de 2.53 a 2.71 kg CO₂/kg.

Por otro lado, los valores de la madera incluyen variaciones de construcciones tradicionales y madera laminada, lo cual eleva ligeramente en la energía incorporada promedio debido a procesos como el secado en hornos. Y Finalmente, con valores de energía embebida muy bajos (0.033–0.47 MJ/kg) y emisiones de CO₂ entre 0.023 y 0.025 kg CO₂/kg, el adobe se posiciona como el material de menor impacto ambiental.

Basándonos en la energía incorporada promedio, el adobe surge como el material con la mayor eficiencia energética, con un gasto de solo 0.3 MJ/kg. Este bajo consumo se debe a su composición de materiales naturales y al uso de técnicas de producción en sitio que minimizan el transporte y el procesamiento intensivo. Por ello, el adobe es una opción altamente eficiente y sostenible, especialmente en construcciones locales donde se pueden utilizar recursos disponibles en el lugar.

La madera, con un consumo de 3.0 MJ/kg, también muestra una eficiencia energética favorable en comparación con materiales más industrializados. Aunque su proceso de tratamiento y secado puede incrementar la energía incorporada, su capacidad para almacenar carbono y la relativa facilidad de producción la posicionan como una alternativa de bajo impacto en proyectos sostenibles.

El hormigón consume en 1.5 MJ/kg, situándose en un nivel de eficiencia moderado. Aunque su producción requiere un considerable gasto energético, en particular para la fabricación del cemento, variantes de hormigón prefabricado o con aditivos reciclados pueden optimizar su perfil de eficiencia. Este consumo moderado de energía convierte al hormigón en una opción viable cuando se buscan materiales de bajo impacto moderado.

El acero es el material con el mayor la energía incorporada, de 33.5 MJ/kg, debido al proceso intensivo de fundición y moldeado. A pesar de que el acero reciclado puede reducir en cierta medida este consumo, su demanda energética sigue siendo significativamente mayor que la de otros materiales de construcción. Esto lo posiciona como el material menos eficiente en términos de energía y lo hace menos adecuado para proyectos con objetivos de eficiencia energética y sostenibilidad.

4. Discusión

El análisis LCA realizado para hormigón, acero, madera y adobe permitió identificar y comparar sus impactos ambientales en términos de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y la energía incorporada, cumpliendo así con los objetivos de la investigación. La evaluación de estos materiales en distintas variantes, incluyendo hormigón convencional, prefabricado y con aditivos ecológicos, destaca diferencias significativas en su huella de carbono y eficiencia energética, proporcionando una base cuantitativa para la selección de materiales más sostenibles en la industria de la construcción.

4.1. Emisiones de Gases de Efecto Invernadero

El acero se identifica como el material de construcción con mayores emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Según Souvik et al. (2022), el acero virgen genera emisiones de 2.89 kg CO₂/kg, mientras que el acero reciclado reduce estas emisiones a 1.95 kg CO₂/kg, aunque siguen siendo elevadas en comparación con otros materiales. Este impacto está relacionado con la alta demanda energética de los procesos de fundición y laminado.

La transición hacia el uso de acero reciclado representa una alternativa más sostenible, aunque su eficiencia depende de la implementación de sistemas de reciclaje efectivos en la industria. Estos datos resaltan la importancia de optimizar los procesos productivos para mitigar el impacto ambiental del acero en la construcción.

Por otro lado, el hormigón, con un promedio de emisiones de 0.15 kg CO₂/kg, representa un impacto moderado. Si bien su producción y el uso de cemento Portland contribuyen considerablemente a las emisiones, las variantes de hormigón prefabricado y con aditivos ecológicos, como se observó en el estudio de Córdoba et al. (2024), presentan una mejora relativa en términos de emisiones debido al uso de agregados reciclados y materiales que reducen el consumo de cemento. Sin embargo, el hormigón sigue siendo una fuente relevante de GEI y debería usarse con cautela en proyectos orientados hacia la sostenibilidad.

La madera y el adobe se posicionan como las alternativas de construcción más sostenibles en cuanto a emisiones de CO₂. La madera, con un promedio de 0.35 kg CO₂/kg, destaca por su capacidad de almacenar carbono durante su ciclo de vida, un factor que potencialmente puede reducir aún más su huella de carbono, especialmente en proyectos que consideren el uso de madera certificada y producida de manera sostenible (Keles et al., 2024). El adobe demostró tener el menor impacto en emisiones de CO₂, con valores promedio de 0.024 kg CO₂/kg, debido a que su producción requiere poco procesamiento y aprovecha materiales naturales y locales (Christoforou et al., 2016). Esta baja huella de carbono hace que el adobe sea especialmente adecuado para construcciones de bajo impacto ambiental, especialmente en contextos locales donde es posible minimizar la distancia de transporte y la necesidad de materiales adicionales.

4.2. La energía incorporada

El adobe destaca como el material más eficiente, con un consumo de 0.033 MJ/kg en producción local, optimizando el uso de energía y recursos disponibles en sitio (Christoforou et al., 2016; Alcorn, 1998). La madera, con un consumo promedio de 3.0 MJ/kg, es favorable en términos energéticos, aunque procesos como el secado pueden aumentar su impacto (Cabeza et al., 2021).

El hormigón presenta un consumo energético moderado de 1.5 MJ/kg, con mejoras en variantes prefabricadas o con aditivos reciclados (Córdoba et al., 2024). Por último, el acero tiene el mayor consumo energético, alcanzando 33.5 MJ/kg, reducido en un 70% con acero reciclado, aunque sigue siendo menos eficiente que otros materiales (Cabeza et al., 2021).

4.3. Evaluación de Impactos Energéticos

La energía incorporada y las emisiones de CO₂ son factores clave para evaluar la sostenibilidad de los materiales de construcción. El acero tiene el mayor consumo energético, con 33.5 MJ/kg, debido a procesos intensivos de fundición y laminado, lo que lo convierte en una opción menos eficiente en términos de sostenibilidad (Cabeza et al., 2021). Sin embargo, el reciclaje puede reducir este valor en un 70%, aunque sigue siendo elevado frente a otros materiales.

El hormigón, con una energía incorporada promedio de 1.5 MJ/kg, presenta un impacto más moderado, aunque sigue siendo menos eficiente que la madera y el adobe. Su principal área de impacto es la producción de cemento, que consume altos niveles de energía. Alternativas como el uso de agregados reciclados han mostrado potencial para reducir tanto la energía como las emisiones de CO₂ (Córdoba et al., 2024).

La madera, con 3.0 MJ/kg, y el adobe, con apenas 0.033 MJ/kg, destacan por su bajo consumo energético. Aunque la madera puede incrementar su impacto con tratamientos como el secado en hornos, sigue siendo una opción eficiente frente al hormigón y el acero. El adobe, por su parte, sobresale como el material de menor demanda energética, gracias a su producción local y al uso de recursos naturales, minimizando el transporte y el procesamiento (Christoforou et al., 2016).

4.4. Identificación de Mejores Prácticas en Producción y Uso de Materiales

La mejora de la eficiencia energética en la construcción depende de la implementación de prácticas sostenibles tanto en la producción como en el uso de materiales. A partir del análisis, se identifican varias mejores prácticas que pueden optimizar el perfil ambiental de cada material:

Hormigón Prefabricado y con Aditivos Ecológicos: La producción de hormigón prefabricado reduce la necesidad de mezcla en el sitio de construcción, lo que disminuye el consumo de energía y la generación de residuos. Además, el uso de aditivos ecológicos, como la ceniza volante y la escoria de alto horno, permite reducir la cantidad de cemento Portland necesario, que es la fuente principal de impacto en el hormigón (Córdoba et al., 2024). La adopción de estas prácticas podría mejorar significativamente la eficiencia energética del hormigón, haciéndolo una opción más viable para proyectos sostenibles.

Reciclaje de Acero: Aunque el acero es intensivo en energía, su reciclaje puede reducir la energía incorporada hasta en un 70% (Cabeza et al., 2021). Invertir en sistemas de recuperación y reciclaje en la industria permite reaprovechar el acero sin necesidad de someterlo a los procesos iniciales de fundición. Además, el acero reciclado mantiene las propiedades estructurales necesarias para aplicaciones de alta resistencia, lo cual permite que su uso en construcciones sea más sostenible sin comprometer la calidad.

Madera Certificada y Tratamiento en Sitio: La madera presenta una ventaja significativa debido a su capacidad para almacenar carbono, lo que puede reducir la huella de carbono general del proyecto. Para maximizar su eficiencia, se recomienda utilizar madera certificada proveniente de fuentes sostenibles. Además, minimizar el tratamiento en hornos industriales y optar por tratamientos naturales o secado en sitio puede reducir considerablemente la energía incorporada en el proceso de preparación de la madera, haciéndola una opción aún más favorable para proyectos sostenibles (Keles et al., 2024).

Producción Local de Adobe: La práctica de producir adobe en el sitio de construcción es una de las mejores maneras de optimizar su eficiencia energética. La disponibilidad de tierra local y la incorporación de materiales naturales, como paja o aserrín, permiten reducir tanto la energía incorporada como las emisiones de CO₂ asociadas al transporte. Además, el uso de técnicas de producción que no requieran estabilización con cemento, como el adobe sin cocer, presenta una opción de bajo impacto en comparación con variantes más industrializadas (Christoforou et al., 2016; Alcorn, 1998).

4.5. Criterios para la Selección de Materiales Basados en Impacto Ambiental y Eficiencia Energética

Para asegurar la selección de materiales que contribuyan a la sostenibilidad en la construcción, se proponen los siguientes criterios, que priorizan tanto el menor impacto ambiental (en términos de emisiones de CO₂) como la mayor eficiencia energética (la energía incorporada mínimo). Estos criterios ayudarán a orientar las decisiones en la elección de materiales en proyectos de construcción con objetivos ambientales claros.

4.5.1. Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (CO₂)

Materiales con Baja Emisión de CO₂: Se debe seleccionar preferentemente materiales con emisiones de CO₂ inferiores a 0.1 kg CO₂/kg. Este umbral asegura que los materiales contribuyan mínimamente al cambio climático en términos de huella de carbono. Los materiales que cumplen con este criterio incluyen el adobe y algunas variantes de madera no tratada.

Uso de Materiales con Potencial de Captura de Carbono: La madera, al almacenar carbono durante su ciclo de vida, puede reducir la huella de carbono neta de una construcción. Se deben priorizar materiales que ofrecen almacenamiento de carbono, siempre que sean de fuentes certificadas y sostenibles.

4.5.2. La energía incorporada (Eficiencia Energética)

Materiales con La energía incorporada Bajo (≤ 1 MJ/kg): La eficiencia energética debe considerarse mediante la selección de materiales con la energía incorporada promedio igual o menor a 1 MJ/kg. Este valor asegura un bajo consumo de recursos energéticos durante el ciclo

de vida del material. El adobe y ciertas aplicaciones de madera cumplen con este criterio, mientras que el acero y el hormigón presentan consumos energéticos mayores.

Uso de Materiales Locales y Producción In Situ: La selección de materiales disponibles en el sitio de construcción reduce significativamente las necesidades de transporte y el consumo de energía asociado. Los materiales naturales, como el adobe, deben ser preferidos cuando se puedan producir in situ utilizando recursos locales.

4.5.3. Durabilidad y Mantenimiento de Ciclo de Vida

Materiales de Alta Durabilidad y Bajos Requerimientos de Mantenimiento: Se deben preferir materiales que, además de ser sostenibles, requieran poco mantenimiento o reemplazo durante su ciclo de vida, ya que esto reduce el consumo de energía a largo plazo. La madera tratada adecuadamente y el hormigón prefabricado son opciones que cumplen este criterio en términos de resistencia y bajo mantenimiento.

Materiales Reciclables o de Economía Circular: Es recomendable seleccionar materiales que se puedan recuperar y reciclar al final de su vida útil. El acero reciclado y los componentes prefabricados de hormigón representan opciones adecuadas para maximizar la circularidad de los materiales y reducir su impacto a largo plazo.

4.5.4. Impacto Ambiental General en la Producción

Uso de Materiales con Proceso de Producción de Bajo Impacto: Materiales cuya producción genere emisiones y la energía incorporada mínimo deben ser preferidos. Se debe priorizar el uso de adobe y madera sin tratamiento intensivo. En el caso del hormigón, variantes con aditivos reciclados como la ceniza volante y escoria de alto horno son preferibles, dado que reducen el impacto ambiental al reducir la dependencia de cemento Portland.

Evitación de Materiales con Procesos Altamente Intensivos en Energía: Materiales como el acero deben ser minimizados en aplicaciones que no exijan alta resistencia estructural, dado su alto impacto energético. Cuando el acero sea necesario, se debe priorizar el uso de acero reciclado.

Basado en estos hallazgos y criterios de selección definidos, a continuación, se muestra una tabla indicando los materiales que son más adecuados para reducir el impacto ambiental en distintos contextos de construcción:

Tabla 3. Materiales recomendados según el contexto e impacto ambiental

Contexto de Construcción	Material Más Adecuado	Razón	Notas Adicionales
Construcción Local y en Sitios Rurales	Adobe	Baja emisión de CO ₂ (0.024 kg CO ₂ /kg) y bajo consumo energético (0.3 MJ/kg). Producción en sitio con materiales locales reduce el transporte y el consumo de energía.	Ideal para proyectos que buscan un impacto ambiental mínimo y pueden aprovechar materiales naturales disponibles en el lugar.

Proyectos Urbanos de Mediana Escala	Hormigón prefabricado con aditivos ecológicos	Emisiones moderadas (0.15 kg CO ₂ /kg) y consumo de energía moderado (1.5 MJ/kg). Los aditivos reciclados mejoran su perfil ambiental.	Adecuado cuando se necesita resistencia estructural, y permite reducir el uso de cemento Portland a través de materiales reciclados como ceniza volante.
Edificaciones con Enfoque en Economía Circular	Acero reciclado	Reciclabilidad y durabilidad altas. Aunque el consumo energético es elevado (10 MJ/kg reciclado), el impacto se reduce al evitar la producción primaria.	Recomendado en aplicaciones donde se requiere alta resistencia estructural y se puede establecer un sistema de reciclaje eficiente al final de la vida útil.
Construcción Sostenible en Climas Fríos	Madera	Emisión de CO ₂ moderada (0.35 kg CO ₂ /kg) y bajo consumo energético (3 MJ/kg). Actúa como aislante natural y almacena carbono, reduciendo la huella total.	La madera certificada y sin tratamientos intensivos es la opción preferente. Adecuada en proyectos de baja altura con requerimientos de aislamiento térmico. La tabla continua en la siguiente página
Proyectos de Construcción Modular o Prefabricada	Hormigón prefabricado	Emisiones moderadas y menor consumo energético al evitar mezcla en sitio. Facilidad de transporte y montaje eficiente en proyectos modulares.	Adecuado para edificaciones de mediana y alta resistencia estructural, como módulos de vivienda o pequeñas edificaciones prefabricadas.
Construcción en Zonas de Alta Sísmicidad	Madera o Hormigón prefabricado	La madera ofrece flexibilidad y resistencia en zonas sísmicas. El hormigón prefabricado proporciona estabilidad estructural.	La madera laminada (GLT o CLT) es preferible en edificaciones que requieren flexibilidad, mientras que el hormigón prefabricado se usa en estructuras más rígidas.
Construcción de Edificios Industriales o de Gran Altura	Acero reciclado	Alta durabilidad y reciclabilidad, aunque tiene un alto consumo energético. Ideal para grandes estructuras que necesitan alta resistencia y durabilidad.	El acero reciclado es esencial para disminuir el impacto ambiental, pero aún se deben considerar prácticas de minimización del uso de acero en el diseño.
Proyectos de Construcción Ecológica o Sostenible	Adobe y Madera	Ambos materiales tienen bajo consumo de energía y bajas emisiones de CO ₂ . Son ideales para proyectos que priorizan la sostenibilidad y la integración con el entorno.	Recomendados en edificaciones de bajo impacto ambiental, especialmente en proyectos ecológicos donde se aprovechan los materiales naturales disponibles localmente.

Nota. El adobe es la mejor opción para construcciones locales y proyectos con limitaciones de transporte y recursos energéticos. El hormigón prefabricado con aditivos ecológicos es el más adecuado en proyectos urbanos donde se requiere resistencia estructural, con el beneficio adicional de reducir el uso de cemento. El Acero reciclado, por su lado, es idóneo en estructuras de gran escala donde se necesita alta resistencia, asegurando que los materiales sean reciclables al final de

la vida útil. Y la madera, es excelente elección para construcciones sostenibles y con características de aislamiento, especialmente en climas fríos o zonas sísmicas.

5. Conclusión

La evaluación del impacto ambiental de los materiales de construcción —hormigón convencional, prefabricado y con aditivos ecológicos, acero, madera y adobe— utilizando la metodología de Evaluación del Ciclo de Vida (LCA) permitió identificar variaciones significativas en emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y consumo energético. Los resultados muestran que el adobe y la madera presentan el menor impacto ambiental, mientras que el acero es el material con mayor intensidad en términos de consumo energético y emisiones de GEI. La implementación de estrategias que prioricen el uso de materiales de bajo impacto, como el adobe y la madera, y la adopción de variantes más sostenibles, como el hormigón prefabricado con aditivos ecológicos y el acero reciclado, pueden ayudar a la industria de la construcción a reducir su huella de carbono y el consumo de energía de manera significativa, alineándose así con los objetivos de sostenibilidad globales.

La cuantificación de emisiones de gases de efecto invernadero realizada mediante LCA permitió identificar los materiales con menor y mayor impacto en términos de CO₂. El adobe se destaca como el material con menor emisión de CO₂, con un promedio de 0.024 kg CO₂/kg, seguido por la madera con 0.35 kg CO₂/kg, lo que los convierte en opciones altamente sostenibles en construcciones de bajo impacto ambiental. En contraste, el acero demostró ser el material con el mayor nivel de emisiones de CO₂, alcanzando un promedio de 2.62 kg CO₂/kg debido a su proceso de producción intensivo en energía. Estas conclusiones cuantitativas indican que, para proyectos orientados a reducir el impacto de GEI, el adobe y la madera son las opciones preferibles.

El análisis de consumo energético reveló que el adobe es el material con mayor eficiencia energética, con un promedio de 0.3 MJ/kg cuando se produce en sitio con materiales locales. La madera también presenta un consumo moderado de 3.0 MJ/kg, manteniéndose dentro de rangos bajos siempre que se minimicen los tratamientos intensivos. Por otro lado, el hormigón mostró un consumo energético promedio de 1.5 MJ/kg, siendo una opción intermedia en eficiencia. Sin embargo, el acero resultó tener el mayor consumo energético, alcanzando un promedio de 33.5 MJ/kg, lo que confirma su ineficiencia en términos de energía embebida. Estos resultados sugieren que, para maximizar la eficiencia energética, deben priorizarse materiales como el adobe y la madera en proyectos sostenibles, y optimizarse el uso de hormigón prefabricado y acero reciclado cuando sean necesarios en estructuras de alta resistencia.

A partir de los hallazgos del LCA, se desarrolló una tabla de recomendaciones que ofrece criterios específicos para seleccionar materiales de construcción que minimicen el impacto ambiental, adaptándose a distintos contextos. En proyectos de construcción local o rural, el adobe es la opción más adecuada debido a su bajo impacto y facilidad de producción en sitio. En construcciones urbanas de mediana escala, el hormigón prefabricado con aditivos ecológicos resulta favorable por su resistencia y reducción de emisiones en comparación con el hormigón convencional. Para edificaciones de gran altura o industriales, el acero reciclado se posiciona como la opción más sostenible dentro de las alternativas de alta resistencia estructural. Finalmente, en proyectos de construcción sostenible y ecológica, tanto el adobe como la madera son recomendados como las

mejores opciones. Estas recomendaciones permiten seleccionar materiales de acuerdo a las necesidades específicas del proyecto, facilitando la aplicación de estrategias efectivas para reducir el impacto ambiental en la industria de la construcción

Contribución de autores: Conceptualización, metodología, investigación, análisis formal, curaduría de datos, redacción, revisión y edición, visualización, supervisión y administración del proyecto: Ing. Diego Idrovo-Ureña. Validación y revisión general: Arq. Jefferson Torres-Quezada.

Financiamiento: Los autores financiaron a integridad el estudio.

Conflictos de interés: Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Referencias

- 1 A. León-Velez and V. Guillén-Mena, *Ambiente Construido*, 2020, **20**, 611–625.
- 2 D. M. Petroche Sánchez, ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL, 2021.
- 3 J. L. Provis and J. S. J. Van Deventer, *Springer*.
- 4 M. Fossati, B. Fabiano and E. Palazzi, *Energy efficiency in iron and steel making*, Helsinki, 2021.
- 5 J. G. M. Cantos and M. G. V. Arvelo, *Revista San Gregorio*, 2021, **1**, 197–209.
- 6 J. F. Brito, D. Pino, N. Madeleine and S. Herrera, *DAYA. Diseño, Arte y Arquitectura*, 2021, 59–79.
- 7 M. J. González and J. García Navarro, *Build Environ*, 2006, **41**, 902–909.
- 8 G. Churkina, A. Organschi, C. P. O. Reyer, A. Ruff, K. Vinke, Z. Liu, B. K. Reck, T. E. Graedel and H. J. Schellnhuber, DOI:10.1038/s41893-019-0462-4.
- 9 G. P. Hammond and C. I. Jones, *Proceedings of the Institution of Civil Engineers – Energy*, 2008, **161**, 87–98.
- 10 J. Dsilva, S. Zarmukhambetova and J. Locke, *Heliyon*, 2023, **9**, e20404.
- 11 Y. Li and G. Masera, *E3S Web of Conferences*, 2024, **546**, 01014.
- 12 F. Asdrubali, G. Grazieschi, M. Roncone, F. Thiebat and C. Carbonaro, *Energies (Basel)*, 2023, **16**, 1846.
- 13 B. Petrović, O. Eriksson and X. Zhang, *Build Environ*, 2023, **233**, 110093.
- 14 A. Rauf, D. E. Attoye and R. H. Crawford, *Engineering, Construction and Architectural Management*, 2024, **31**, 244–270.
- 15 M. Hu, *Energies (Basel)*, 2020, **13**, 1905.
- 16 N. Zaini, S. Ibrahim, A. Baharum and M. Nawi, *J. Mater. Environ.*, 2016, **7**, 1357–1365.
- 17 M. Ghanbari, *Journal of Architectural Environment & Structural Engineering Research*, 2023, **6**, 11–22.
- 18 O. Ortiz, J. Pasqualino and F. Castells, *Afinidd LXV*, 2010, **67**, 175–181.
- 19 M. Souvik, K. Saurav and K. Anup, *Journal of Tianjin University Science and Technology*, 2022, **55**, 369–380.
- 20 B. Petrovic, J. A. Myhren, X. Zhang, M. Wallhagen and O. Eriksson, *Energy Procedia*, 2019, **158**, 3547–3552.
- 21 B. Shin and S. Kim, *Build Environ*, 2024, **257**, 111543.
- 22 M. Tanguler-Bayramtan, C. B. Aktas and I. O. Yaman, *Buildings*, 2024, **14**, 3673.
- 23 P. Ubolsook, C. Podong, S. Sedpho and P. Jansanthea, *J Clean Prod*, 2024, **467**, 142961.



© 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

RESEARCH ARTICLE

Producción orgánica de Pitahaya Amarilla (*Hylocereus megalanthus*), mediante invernadero como alternativa económica, social y ambiental, en el cantón Palora.

Jenny Pricila Urgiles Ortiz ^{1*}  Nadia Quevedo Pinos ² 

Facultad De Ciencias Agrarias, Universidad Estatal Península De Santa Elena, Santa Elena, Ecuador.

Centro Experimental de Investigación y Producción Amazonica, Universidad Estatal Amazonia, Santa Clara, Pastaza EC160150, Ecuador.

✉ Correspondencia: jfidelrosillo03@gmail.com  + 593 99 385 0735

DOI/URL: <https://doi.org/10.53313/gwj81206>

Resumen: El estudio analiza la sostenibilidad del cultivo de pitahaya amarilla *Hylocereus megalanthus* en el cantón Palora, Ecuador, destacando la importancia de equilibrar la rentabilidad económica con la conservación ambiental. Para ello, se compararon dos sistemas de manejo agrícola mediante un enfoque multidisciplinario que evaluó aspectos económicos, ambientales y sociales. Se recopilaron datos de producción, uso de insumos y prácticas de cultivo, además de entrevistas con productores locales. Los resultados indican que los sistemas agroecológicos presentan ventajas en la conservación del suelo y reducción del uso de agroquímicos, aunque requieren mayor tiempo para alcanzar niveles óptimos de producción. En contraste, los sistemas convencionales son más rentables a corto plazo, pero generan impactos ambientales negativos. En conclusión, la sostenibilidad del cultivo de pitahaya depende de estrategias de manejo adecuadas y del acceso a mercados sostenibles. La investigación resalta la necesidad de promover prácticas agrícolas responsables para garantizar la viabilidad a largo plazo.

Palabras claves: Agricultura sostenibilidad; manejo agrícola; pitahaya amarilla; Sistema convencional

Organic production of Yellow Pitahaya (*Hylocereus megalanthus*) using greenhouses as an economic, social, and environmental alternative in the Palora district.

Abstract: This study analyzes the sustainability of yellow pitahaya *Hylocereus megalanthus* cultivation in the cantón of Palora, Ecuador, highlighting the importance of balancing economic profitability with environmental conservation. To this end, two agricultural management systems were compared using a multidisciplinary approach that evaluated economic, environmental and social aspects. Data were collected on production, input use and cultivation practices, as well as interviews with local producers. The results



Cita: Jenny Pricila, U. O., & Quevedo Pinos, N. (2025). Sostenibilidad el cultivo de *Hylocereus megalanthus* dos sistemas de manejo en el cantón Palora. Green World Journal, 08(01), 206.

Received: 01/April/2025

Accepted: 21/April/2025

Published: 22/April/2025

Prof. Carlos Mestanza-Ramón, PhD.
Editor-in-Chief / CaMeRa Editorial
editor@greenworldjournal.com

Editor's note: CaMeRa remains neutral with respect to legal claims resulting from published content. The responsibility for published information rests entirely with the authors.



© 2025 CaMeRa license, Green World Journal. This article is an open access document distributed under the terms and conditions of the license.
Creative Commons Attribution (CC BY).
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>

indicate that agroecological systems have advantages in soil conservation and reduced use of agrochemicals, although they require more time to reach optimal production levels. In contrast, conventional systems are more profitable in the short term, but generate negative environmental impacts. In conclusion, the sustainability of pitahaya cultivation depends on appropriate management strategies and access to sustainable markets. The research highlights the need to promote responsible agricultural practices to ensure long-term viability.

Keywords: Agriculture sustainability; agricultural management; pitahaya yellow; Conventional system

1. Introducción.

El cultivo de la pitahaya amarilla *Hylocereus megalanthus* ha cobrado gran relevancia en Ecuador, especialmente en el cantón Palora, provincia de Morona Santiago. Esta región se ha consolidado como la principal productora del fruto, aportando significativamente al desarrollo económico local y nacional. Sin embargo, el incremento en la demanda del producto ha impulsado la implementación de diferentes sistemas de manejo, lo que genera inquietudes sobre su sostenibilidad a largo plazo [1].

La sostenibilidad en la agricultura implica el equilibrio entre la rentabilidad económica, la conservación del medio ambiente y el bienestar social de las comunidades involucradas en la producción [2]. En este contexto, los productores de pitahaya en Palora han adoptado dos sistemas de manejo principales: el sistema convencional, basado en el uso de agroquímicos y tecnologías de alto impacto, y el sistema orgánico sostenible, que promueve prácticas agroecológicas con menor impacto ambiental [3]. El presente estudio analiza las implicaciones de ambos sistemas en la productividad, el medio ambiente y la rentabilidad económica, con el objetivo de identificar el modelo de producción más adecuado para garantizar la sostenibilidad del cultivo en el tiempo [4].

La pitahaya amarilla es un cultivo que ha encontrado en Palora condiciones climáticas y edafológicas óptimas para su desarrollo. Su crecimiento ha sido exponencial en los últimos años, convirtiéndose en una fuente de ingresos fundamental para cientos de agricultores locales. Sin embargo, el incremento en la superficie cultivada y la demanda del mercado han generado la necesidad de implementar diferentes estrategias de manejo agronómico para mejorar la productividad y la calidad del fruto [5,6].

Los sistemas de manejo aplicados en la región pueden clasificarse en dos grandes categorías: el manejo convencional y el manejo sostenible. Mientras que el primero se basa en el uso intensivo de insumos químicos y tecnologías de producción intensiva, el segundo incorpora prácticas agroecológicas con el fin de reducir el impacto ambiental y mejorar la sostenibilidad del sistema productivo [7]. El manejo convencional de la pitahaya en Palora se caracteriza por la aplicación de fertilizantes químicos, pesticidas y reguladores de crecimiento para optimizar la producción y la calidad del fruto. Los productores que optan por este sistema priorizan la rentabilidad y la competitividad en el mercado, asegurando altos rendimientos y estandarización del producto [8].

El manejo orgánico de la pitahaya busca equilibrar la producción con la conservación ambiental y el bienestar social. Este sistema promueve el uso de fertilizantes orgánicos, el control biológico de plagas y la rotación de cultivos para mantener la fertilidad del suelo y la biodiversidad del

ecosistema agrícola [9,10].

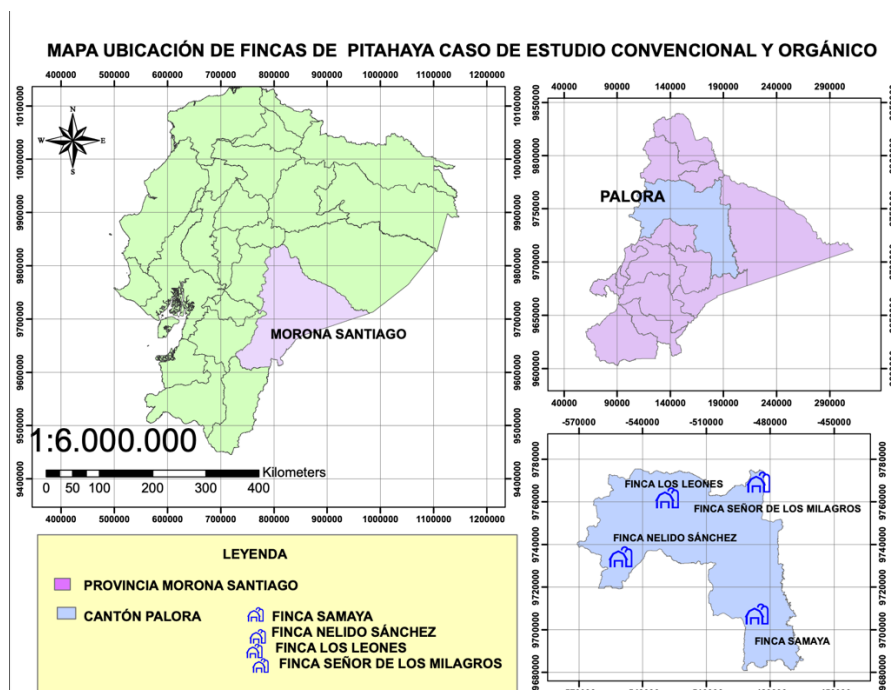
El objetivo de esta investigación es evaluar la sostenibilidad del cultivo de pitahaya amarilla bajo dos sistemas de manejo convencional y orgánico en el cantón Palora. Se busca demostrar que el sistema orgánico es más sostenible que el convencional, considerando aspectos ambientales, económicos y sociales, según los indicadores de la metodología MESMIS.

2. Materiales y métodos

2.1. Área de estudio

Palora, cantón de Morona Santiago, limita al Norte con Baños de Agua Santa y Mera, al Sur con el Cantón Huamboya, Este cantón Pastaza, Oeste Parque Nacional Sangay [11]. Su división política está constituida por cinco parroquias: una urbana (Palora) y cuatro rurales (Arapicos, Sangay, 16 de Agosto y Cumandá); las características climatológicas son variadas que va del tropical húmedo de la Amazonía hasta el clima frío húmedo de las zonas andinas del volcán Sangay, con una temperatura promedio de 22.5 °C y precipitación media anual de 3000–4000 mm, las precipitaciones altas abarcan desde mes de julio a mes de diciembre y llegan hasta 5.000mm; y el verano con las precipitaciones bajas hasta 200 mm se ubica en los meses de enero, Febrero y Marzo, en ella se cuenta con una humedad relativa de 85%, mientras su clasificación ecológica según Holdrige el cantón se encuentra en las zonas: bosque húmedo tropical (bhT), bosque húmedo montano bajo (bhMB), bosque pluvial sub andino (bpSA) [12,13].

Figura 1. Área de estudio.



2.2. Metodología

El tipo de investigación del presente artículo fue cuantitativa de tipo descriptivo-exploratorio, enfocada en evaluar y comparar la sostenibilidad de dos sistemas de manejo del cultivo de pitahaya amarilla: convencional y orgánico. Se trabajó en parcelas de pitahaya amarilla bajo ambos sistemas de manejo [13]. Se seleccionaron 4 fincas con manejo convencional y 4 con manejo orgánico con las características que se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 1. FINCAS DE ESTUDIO

Sistema	Nombre	Localización	Área (Ha)	Dueño	Núcleo Familiar (# personas)
Orgánico	Finca Samaya	Vía a la Antenas	3.5	Vinicio Herrera	4
	Finca Los Leones	Vía a los tanques de Agua Potable	6	José León	10
	Nelido Sanchez	Vía a la Comanche	2.5	Nelido Sánchez	3
	Finca Señor de los Milagros	Vía Agua Potable	1	Emilia Ortiz	2
Convencional	Finca Samaya	Vía a la Antenas	4	Vinicio Herrera	4
	Finca Los Leones	Vía a los tanques de Agua Potable	15	José León	10
	Nelido Sanchez	Vía a la Comanche	4	Nelido Sánchez	3
	Finca Señor de los Milagros	Vía Agua Potable	1	Emilia Ortiz	2

Se emplearon herramientas de monitoreo ambiental, como sensores de humedad, temperatura y análisis de suelos. También se aplicaron encuestas estructuradas a productores locales, donde se utilizó la metodología MESMIS para evaluar la sostenibilidad del cultivo de pitahaya amarilla. Se recopilaban datos cuantitativos sobre rendimientos, insumos utilizados y costos en cada sistema [14,15]. Los indicadores evaluadores incluyeron biodiversidad, salud del suelo y estabilidad económica. La población objetivo está conformada por agricultores del cantón Palora, donde existen más de 300 unidades productivas con distintas prácticas de manejo, donde cuatro fincas fueron seleccionadas bajo los dos sistemas de manejo tanto orgánico como convencional [16,17].

Para la recolección de datos se aplicaron los siguientes métodos:

- Revisión documental , para identificar los sistemas productivos predominantes [18].
- Encuestas estructuradas , dirigidas a los agricultores para recopilar información sobre prácticas agrícolas, aspectos económicos y sociales [19].
- Observación directa , mediante visitas de campo para registrar las prácticas agrícolas y condiciones ambientales [20].

Se aplica el marco MESMIS, ampliamente utilizado en América Latina para evaluar la sustentabilidad de sistemas agrícolas a pequeña escala. Se analizaron las siguientes dimensiones [14]:

Tabla 2. Dimensiones del marco MESMIS,

Dimensión Económica (IK): Para evaluar la rentabilidad y viabilidad económica de los sistemas.	
Sub-indicadores	Variables
A. Rentabilidad de la finca	A1. Productividad: rendimiento por hectárea.
	A2. Calidad del producto: calidad del maíz (peso, tamaño, salud).
	A3. Problemas fitosanitarios: frecuencia de plagas o enfermedades.
	A4. Comercialización de la cosecha: acceso a mercados locales y externos.
B. Ingreso neto mensual	B1. Ingresos totales: relación entre ingresos y costos de producción.
C. Riesgo económico	C1. Dependencia de insumos externos: cantidad de insumos no locales.
	C2. Canales de comercialización: diversidad de opciones de venta (cooperativas, mercados).
	C3. Diversificación de ingresos: fuentes de ingreso adicionales (ganadería, otros cultivos).
Dimensión Ambiental (IA): Para evaluar la conservación de los recursos y la reducción de impactos negativos en el medio ambiente.	
Sub-indicadores	Variables
A. Conservación del suelo	A1. Uso de abonos orgánicos: aplicación de bokashi u otros biofertilizantes.
	A2. Prácticas de conservación de suelo: barreras vivas, terrazas, rotación de cultivos.
B. Gestión del agua	B1. Uso eficiente del agua: riego tecnificado o tradicional.
	B2. Fuentes de agua: acceso y disponibilidad de agua durante la temporada.
C. Biodiversidad	C1. Diversidad de cultivos: número de cultivos por parcela.
Dimensión Sociocultural (ISC): Para medir la satisfacción de los actores locales y la cohesión social.	
Sub-indicadores	Variables
A. Satisfacción de las necesidades básicas	A1. Calidad de la vivienda: tipo de materiales de construcción, tamaño.
	A2. Acceso a la educación: nivel de educación alcanzado por la familia.
	A3. Acceso a servicios de salud: frecuencia de visitas médicas, cobertura sanitaria.
B. Participación Comunitaria	B1. Participación en organizaciones locales: integración en cooperativas o grupos de trabajo.

	B2. Transmisión de conocimientos: uso de prácticas tradicionales en la agricultura.
C. Equidad de género	C1. Participación de mujeres en la toma de decisiones: roles en la gestión de la finca.

3. Resultados

Mediante la aplicación del marco metodológico MESMIS y la recopilación de datos a través de encuestas, observación directa y revisión documental, se evaluó la sostenibilidad de los sistemas productivos agrícolas en el cantón Palora. El análisis de los resultados se realizó con el software Excel, lo que permitió generar gráficos y tablas comparativas para visualizar los indicadores de sostenibilidad en las dimensiones económica, ambiental y social.

Los puntos críticos se identifican a partir de un análisis detallado de la información obtenida en entrevistas y encuestas a los agricultores, abarcando aspectos clave como el uso de insumos externos, prácticas de conservación del suelo, diversificación de cultivos, acceso a mercados y participación comunitaria. Entre los principales desafíos destacan la dependencia de insumos externos, la eficiencia en el uso del agua y la equidad de género en la toma de decisiones. Estos hallazgos sirvieron de base para proponer estrategias orientadas a fortalecer la resiliencia de los sistemas productivos y fomentar prácticas agrícolas más sostenibles en la región.

Tabla 3. Resultados de las dimensiones económicas.

DIMENSIÓN ECONÓMICA		FINCA SAMAYA		FINCA LOS LEONES		FINCA NELINO SANCHEZ		FINCA MILAGROS	
Sub-indicadores	Variables	Sistema Convencional	Sistema Orgánico	Sistema Convencional	Sistema Orgánico	Sistema Convencional	Sistema Orgánico	Sistema Convencional	Sistema Orgánico
A. Rentabilidad de la finca	A1. Productividad: rendimiento por hectárea.	10000 Kg *4 Ha Total: 40000	8000 Kg*3.5Ha Total:28000	8000 Kg *15 Ha Total: 120000	6000 Kg*6 Ha Total:12000	8000*4 Ha Total:32000	5000 Kg*2.5Ha Total:12500	12000 Kg *1Ha Total: 120000	8000 Kg *1Ha Total: 8000
	A2. Calidad del producto								
	Calidad de Pitahaya	75%	70%	95%	95%	60%	95%	95%	98%
	Peso	180–650 gr	180–650 gr	180–500 gr	180–500 gr	160–650 gr	180–500 gr	170–700 gr	180–500 gr
	A3. Problemas fitosanitarios: frecuencia de plagas o enfermedades.	2	4	2	4	2	4	2	2
	A4. Comercialización de la cosecha: acceso a mercados locales y externos.	4	5	4	5	3	5	5	5
B.	B1. Ingresos	35000–	112000–	90000–	42000–	25000–	15000–	10000–1000	32000–

Ingreso neto mensual	totales: relación entre ingresos y costos de producción.	5000 \$1-0.50-0.25-0.10	6000 \$4	20000 \$1-0.50-0.25-0.10	5000 \$3.50	10000 \$1-0.50-0.25-0.10	2000 \$3	\$1-0.50-0.25-0.10	25000 \$4
C. Riesgo económico	C1. Dependencia de insumos externos: cantidad de insumos no locales.	1	5	1	5	1	5	2	2
	C2. Canales de comercialización: diversidad de opciones de venta (cooperativas, mercados).	3	4	3	4	3	4	5	5
	C3. Diversificación de ingresos: fuentes de ingreso adicionales (ganadería, otros cultivos).	3	3	3	3	3	3	3	3

Tabla 4. Resultados de las dimensiones ambiental.

DIMENSIÓN AMBIENTAL		FINCA SAMAYA		FINCA LOS LEONES		FINCA NELINO SANCHEZ		FINCA SEÑOR DE MILAGROS	
Sub-indicadores	Variables	Sistema Convencional	Sistema Orgánico	Sistema Convencional	Sistema Orgánico	Sistema Convencional	Sistema Orgánico	Sistema Convencional	Sistema Orgánico
A. Conservación del suelo	A1. Uso de abonos orgánicos: aplicación de humus otros biofertilizantes.	3	5	3	5	3	5	5	5
	A2. Prácticas de conservación de suelo: barreras vivas.	4	3	4	3	1	3	4	5
	A3. Consumo de agroquímicos	5	2	5	1	6	2	4	4
B. Gestión del agua	B1. Uso eficiente del agua: riego tecnificado o tradicional.	1	5	2	5	2	5	4	4
	B2. Fuentes de agua: acceso y disponibilidad de agua durante la temporada.	2	5	4	5	3	5	5	4
C. Biodiversidad	C1. Diversidad de cultivos: número de cultivos por parcela.	950* ha	950* ha	900* ha	900* ha	960* ha	850* ha	900* ha	900* ha

Tabla 5. Resultados de las dimensiones social

DIMENSIÓN SOCIAL		FINCA SAMAYA		FINCA LOS LEONES		FINCA NELINO SANCHEZ		FINCA MILAGROS	
Sub-indicadores	Variables	Sistema Convencional	Sistema Orgánico	Sistema Convencional	Sistema Orgánico	Sistema Convencional	Sistema Orgánico	Sistema Convencional	Sistema Orgánico
A.Satisfacción de las necesidades básicas	A1. Calidad de la vivienda: tipo de materiales de construcción, tamaño.	Mixto: Concreto-madera Un piso		Mixto: Concreto-madera Dos pisos		Material: madera Un piso		Mixto: Concreto- madera Un piso	
	A2. Acceso a la educación: nivel de educación alcanzado por la familia.	Educación Superior		Educación Básica		Educación Básica		Educación Básica	
	A3. Acceso a servicios de salud: frecuencia de visitas médicas, cobertura sanitaria.	3 meses		5 meses		8 meses		4 meses	
B. Participación Comunitaria	B1. Participación en organizaciones locales: integración en cooperativas o grupos de trabajo.	2		2		2		3	
	B2. Transmisión de conocimientos: uso de prácticas tradicionales en la agricultura.	3		2		1		3	
C. Equidad de género	C1. Participación de mujeres en la toma de decisiones: roles en la gestión de la finca.	5		3		1		5	

El análisis de sostenibilidad de los sistemas productivos agrícolas en el cantón Palora revela diferencias significativas entre los sistemas convencionales y orgánicos en las dimensiones económica, ambiental y social. En la dimensión económica, los sistemas convencionales muestran una mayor productividad en términos de rendimiento por hectárea, pero los sistemas orgánicos presentan mejor calidad del producto y acceso a mercados. Sin embargo, los sistemas convencionales enfrentan mayores problemas fitosanitarios, lo que puede afectar su rentabilidad.

Además, la dependencia de insumos externos es notable menor en los sistemas convencionales, mientras que los orgánicos presentan una mayor diversificación de canales de comercialización, lo que reduce su vulnerabilidad económica.

En la dimensión ambiental, los sistemas orgánicos se destacan por el uso de abonos orgánicos, reducción del consumo de agroquímicos y mejor gestión del agua mediante riego tecnificado y acceso a fuentes hídricas. Estas prácticas contribuyen a la conservación del suelo y la sostenibilidad a largo plazo. En contraste, los sistemas convencionales dependen más del uso de agroquímicos y presentan menor eficiencia en el uso del agua, lo que puede generar impactos ambientales negativos.

En la dimensión social, se observa que la calidad de la vivienda y el acceso a la educación son similares en ambas modalidades, aunque las fincas con sistemas convencionales presentan mayor estabilidad en la vivienda. En cuanto al acceso a la salud, las familias que trabajan bajo un sistema orgánico tendencia a recibir atención médica con menor frecuencia.

4. Discusión

La sostenibilidad en la agricultura es un tema ampliamente discutido en la investigación científica, ya que implica equilibrar la rentabilidad económica con la conservación del medio ambiente y el bienestar social. En este contexto, el estudio sobre la sostenibilidad del cultivo de pitahaya amarilla *Hylocereus megalanthus* en el cantón Palora de Ecuador ofrece un análisis valioso al comparar dos sistemas de manejo agrícola. Al contrastar este trabajo con otras investigaciones, se pueden identificar similitudes y diferencias en cuanto a enfoques, resultados y recomendaciones [21].

Investigaciones previas sobre cultivos frutales tropicales han destacado la importancia de adoptar prácticas sostenibles para garantizar la viabilidad a largo plazo. Por ejemplo, estudios realizados en el cultivo del aguacate en México han señalado que el uso excesivo de agroquímicos puede mejorar la productividad a corto plazo, pero a costa de la degradación del suelo y la pérdida de biodiversidad [22]. De manera similar, en el caso del banano en Colombia, investigaciones han demostrado que la implementación de técnicas agroecológicas, como la rotación de cultivos y el uso de abonos orgánicos, mejora la salud del suelo y reduce la dependencia de insumos externos [23]. Estos hallazgos son relevantes para el cultivo de pitahaya, donde la sostenibilidad también depende de encontrar un balance entre productividad y conservación del entorno.

El estudio sobre la pitahaya en Palora subraya la relevancia de los diferentes sistemas de manejo, un aspecto que también ha sido abordado en investigaciones sobre el cacao en Ecuador. Por ejemplo, investigaciones sobre la agroforestería en el cultivo del cacao han demostrado que este enfoque no solo incrementa la biodiversidad, sino que también mejora la resiliencia del sistema agrícola ante el cambio climático [3]. Esto es comparable a la necesidad de evaluar en el cultivo de pitahaya si los sistemas de producción intensiva afectan negativamente el medio ambiente o si pueden integrarse estrategias más sostenibles.

Además, la rentabilidad de los cultivos especializados, como la pitahaya, debe considerarse en relación con los mercados internacionales. Un estudio sobre la exportación de maracuyá en Brasil indicó que la certificación orgánica y las prácticas sostenibles no solo contribuyen a la conservación ambiental, sino que también mejoran el acceso a mercados premium y aumentan los ingresos de los productores [24]. Este punto es crucial para el caso de la pitahaya ecuatoriana, ya que su posicionamiento en mercados extranjeros puede depender de estándares de sostenibilidad cada vez más exigentes.

5. Conclusión

En conclusión, al comparar el estudio de la pitahaya en Palora con investigaciones sobre otros cultivos tropicales, se evidencia que la sostenibilidad en la agricultura requiere un enfoque integral que considere factores económicos, ambientales y sociales. La adopción de prácticas agrícolas responsables, la optimización del uso de insumos y la diversificación de mercados son estrategias clave para garantizar la viabilidad de estos cultivos en el largo plazo. Futuras investigaciones pueden enfocarse en evaluar con mayor profundidad el impacto de los sistemas de manejo en la calidad del suelo y la biodiversidad, así como en desarrollar modelos de producción que combinen rentabilidad y sostenibilidad.

En definitiva, la sostenibilidad del cultivo de pitahaya amarilla en Ecuador depende de múltiples factores, incluyendo la implementación de técnicas de manejo adecuadas y el acceso a mercados internacionales exigentes. La investigación y la innovación en el sector agrícola permitirán mejorar la productividad sin comprometer los recursos naturales, asegurando beneficios tanto para los productores como para el medio ambiente.

Por lo tanto, es fundamental continuar explorando estrategias que promuevan una agricultura sostenible, fomentando políticas públicas y programas de capacitación para los agricultores. Solo a través de un esfuerzo conjunto entre productores, investigadores y autoridades se podrá garantizar un futuro sostenible para el cultivo de pitahaya y otros productos agrícolas en Ecuador y el mundo.

Contribución de autores: Los autores contribuyeron de forma igualitaria al desarrollo de esta investigación.

Financiamiento: Los autores financiaron a integridad el estudio.

Conflictos de interés: Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Referencias

1. Viera, W. Efecto de Diferentes Sistemas Agroforestales Con Pitahaya (*Hylocereus Megalanthus* Haw.) Sobre La Abundancia y Biomasa de Lombrices y Rendimiento Del Cultivo, En El Cantón Palora. **2018**.
2. Chariguamán Coello, L.A. Evaluación de Las Propiedades Antioxidantes y Bromatológicas Del Fruto de La Pitahaya, Cultivadas En Distintas Localidades Del Cantón Palora, Provincia de Morona Santiago 2023.
3. Chávez Chavarria, I.M. Análisis de La Producción de Pitahaya En El Cantón Palora y Oportunidades de Exportación 2024.
4. Altamirano, J.P.H.; Cárdenas, G.O.Z.; Vinuesa, X.R.C.; Villacorta, H.S.; Garzón, R. Evaluación de La Sustentabilidad de Fincas de La Agricultura Familiar, de Dos Eco Tipos de Pitahaya Amarilla (*Selenicereus Megalanthus*), y Su Subproducto. *Polo del Conoc. Rev. científico-profesional* **2021**, *6*, 56.
5. Pulistar Manosalvas, G.V. Uso de Sensores Remotos Para Identificar Insectos-Plaga Asociados a *Hylocereus Megalanthus* Para Su Control Mediante Técnicas de Precisión En El Cantón Palora. **2024**.
6. Corella Moncada, J.E. Evaluación de Sistemas Biotecnológicos de Pitahaya (*Hylocereus Megalanthus*) Como Sustituto Alimentario 2023.
7. Yanchatipán Sánchez, L.R. Evaluación Multiparamétrico de Calidad Del Suelo y Sanidad de Cultivo de Dos Especies, (*Hylocereus Megalanthus* y *Undatus*) En Producción Sustentable,

- Huambi, 2023. **2024**.
8. Castro Arcentales, S.O.; López Espinoza, H.L. Alternativas de Manejo de La Pudrición Basal Causada Por El Hongo Fusarium Spp. En El Cultivo de Pitahaya (Hylocereus Undatus), En El Cantón Palora–Morona Santiago 2023.
 9. Castillo Bueno, G.S. Distribución Actual y Potencial En El Ecuador de La Especie Hylocereus Megalanthus Bajo Escenarios de Cambio Climático. **2024**.
 10. Córdova Oñate, H.E. Manejo Agronómico Del Cultivo de Pitahaya Amarilla (Selenicereus Megalanthus) En El Ecuador. 2022.
 11. Novillo, S.A.; Cabadiana, H.U. Pitahaya Deshidratada, Una Alternativa de Generar Economía Local (Cantón Palora–Provincia Morona Santiago). *Rev. Ñeque* **2022**, *5*, 449–464.
 12. Zabala-Velin, A.A.; Villarroel-Quijano, K.L.; Sarduy-Pereira, L.B. Evaluación Del Impacto Ambiental Del Cultivo de La Pitahaya, Cantón Palora, Ecuador. *TecnoLógicas* **2020**, *23*, 92–107.
 13. Delgado Gutiérrez, A.I. Estudio de Factibilidad Para La Creación de Una Empresa Productora de Pitahaya En La Parroquia Sangay, Cantón Palora, Provincia de Morona Santiago y Su Comercialización En El Distrito Metropolitano de Quito 2015.
 14. Astier, M.; Masera, O. MESMIS. *Grup. Interdiscip. Tecnol. Rural Apropiaada (GIRA AC). México Programa Gestión Recur. Nat. la Fund. Rockefeller* **1999**.
 15. Nicoloso, C.S.; Silveira, V.C.P.; Quadros, F.L.F.; Coelho Filho, R.C. Aplicación de La Metodología MESMIS Para La Evaluación de Sostenibilidad de Los Sistemas de Producción Familiares En El Bioma Pampa: Análisis Inicial.; AIDA, 2015.
 16. Masera, O.; Apropiaada, G.I. de T.R.; Astier, M.; Lopez-Ridaura, S. Sustentabilidad y Manejo de Recursos Naturales: El Marco de Evaluación MESMIS. **1999**.
 17. Carreño, N.E.F. Propuesta Metodológica Para Medir La Sustentabilidad En Agroecosistemas a Través Del Marco MESMIS. *Pensam. udecino* **2021**, *5*, 143–160.
 18. Hernández, S. F.C. & P.M. *METODOLOGÍA de La Investigación*; México, 2010;
 19. Romo, H.L. La Metodología de La Encuesta. *Técnicas Investig. en Soc. Cult. y Comun.* **1998**, 33–74.
 20. González, E. La Observación Directa Base Para El Estudio Del Espacio Local. *Geoenseñanza* **2005**, *10*, 101–105.
 21. Lindarte, E.; Benito, C.A. *Sostenibilidad y Agricultura de Laderas En América Central: Cambio Tecnológico y Cambio Institucional*; IICA Biblioteca Venezuela, 1993; Vol. 33;.
 22. Carrillo Cepeda, H.B. Análisis Económico de La Producción Agroindustrial de Frutas Tropicales En El Guayas, Año 2022 2023.
 23. Beed, F.; Taguchi, M.; Telemans, B.; Kahane, R.; Le Bellec, F.; Sourisseau, J.-M.; Malézieux, E.; Lesueur-Jannoyer, M.; Deberdt, P.; Deguine, J.-P. Frutas y Hortalizas. Oportunidades y Desafíos Para La Agricultura Sostenible a Pequeña Escala 2021.
 24. Fernández Saldaña, Y.M. Plan de Negocios Para La Exportación de Poroporo Al Mercado de Países Bajos de La Asociación de Productores Agroecológicos Aldar Cutervo, 2019–2022. **2021**.



© 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

RESEARCH ARTICLE

Diversidad y Abundancia ictiológica del río "Bocachico" en la Reserva Ecológica Cofán Bermejo - Cascales, Sucumbíos"

Jonathan F. Rosillo R.¹ , Augusto R. Vargas S.¹ , Roly Ramírez-Páez² , Verónica R. Proaño R.³ 

¹ Universidad Estatal Amazónica, Departamento de Ciencias de la Vida. Vía Aguarico tras Batallón 56 Rayo y la Cia. Coll, Nueva Loja, Sucumbíos, Ecuador.

² Green Amazon, Research Center, Nueva Loja 210150, Ecuador

³ Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica de la República del Ecuador, Reserva Ecológica Cofán Bermejo, Circunvalación de Aguarico, Edificio Centro de Atención Ciudadana, Nueva Loja, Sucumbíos, Ecuador.

✉ Correspondencia: jfidelrosillo03@gmail.com 📞 + 593 99 385 0735

DOI/URL: <https://doi.org/10.53313/gwj81207>

Resumen: Se llevó a cabo un estudio en la microcuenca del río Bocachico, situada dentro de la Reserva Ecológica Cofán Bermejo, en la provincia de Sucumbíos, con el propósito de obtener un registro de la diversidad y abundancia de peces en cinco puntos de muestreo, utilizando tres tipos diferentes de artes de pesca. Las actividades de campo se desarrollaron durante los meses de enero y marzo del 2025, correspondientes a la temporada lluviosa del 2025. Como resultado, se recolectaron 88 ejemplares distribuidos en tres órdenes, nueve familias, 21 géneros y 26 especies. Cada especie fue caracterizada en función de sus rasgos morfológicos, distribución geográfica y estado de conservación. Se logró registrar más del 85% de la diversidad ictiológica del río. En cuanto a los índices de diversidad, el área presentó un valor de Shannon de 2,5 bits/individuo, indicando una diversidad media, y un índice de Simpson de 0,94, lo que refleja una alta diversidad sin predominio de una especie sobre otra. Las condiciones hidrológicas del río evidencian que aún conserva características ecológicas favorables para la subsistencia de la ictiofauna.

Palabras claves: Peces, Ictiofauna, Diversidad, Abundancia, Reserva Ecológica Cofán Bermejo.

"Ichthyological diversity and abundance of the Bocachico river in the Cofán Bermejo Ecological Reserve - Cascales, Sucumbíos"

Abstract: A study was carried out in the Micro-basin of the Bocachico River, located within the Cofán Bermejo Ecological Reserve, in the province of Sucumbíos, with the aim of obtaining a record of fish diversity and abundance in five sampling points, using three different types of fishing gear. Field activities were carried out during the months of

Green World Journal /Vol 08/Issue 01/207/ January-April 2025 /www.greenworldjournal.com



Cita: Jonathan F., R. R., Augusto R., V. S., Roly, R.-P., & Verónica R., P. R. (2025). Diversidad y Abundancia ictiológica del río "Bocachico" en la Reserva Ecológica Cofán Bermejo – Cascales, Sucumbíos". Green World Journal, 8(1), 207. <https://doi.org/10.53313/gwj81207>

Received: 01/April/2025

Accepted: 21/April/2025

Published: 22/April/2025

Prof. Carlos Mestanza-Ramón, PhD.
Editor-in-Chief / CaMeRa Editorial
editor@greenworldjournal.com

Editor's note: CaMeRa remains neutral with respect to legal claims resulting from published content. The responsibility for published information rests entirely with the authors.



© 2025 CaMeRa license, Green World Journal. This article is an open access document distributed under the terms and conditions of the license.

Creative Commons Attribution (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>

January to March 2025, corresponding to the 2025 rainy season. A total of 88 logs fish species, with three orders, nine families, 21 genus and 26 species. Each species was characterized by morphological characteristics, geographic distribution and conservation status. We determined that more than 85% of the ichthyofauna was find into the river. Regarding diversity indices, the sampling area obtained a Shannon index of 2.5 bits/individual, (average diversity), Simpson index of 0.94 (high diversity) without predominance of one species over another. We concluded that the hydrological conditions of the river studied, present ecological conditions for the subsistence of the ichthyofauna.

Keywords: Fish, Ichthyofauna, Diversity, Abundance, Cofán Bermejo Ecological Reserve.

1. Introducción

Los cuerpos hídricos poseen una alta diversidad de especies animales y vegetales que resultan fundamental para el funcionamiento y la resiliencia de los ecosistemas frente a diversas presiones humanas que alteran o modifican la estructura biológica, es decir, la composición, distribución y abundancia de las comunidades que los conforman [1] [2].

De esta riqueza faunística, los peces representan el grupo más abundante; según la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), existen más de 34000 especies de peces en todo el mundo, lo que representa aproximadamente el 50% de todas las especies de vertebrados, entre marinos (58%), de agua dulce (41%) y estuarinas en un 1% [3] [4].

A nivel regional, Sudamérica registra aproximadamente el 40% de todas las especies de peces de agua dulce, consolidándose como la zona con mayor diversidad ictiológica en el mundo, principalmente debido a la influencia de la cuenca amazónica. Esta región cuenta con 2411 especies, distribuidas en 525 géneros y 57 familias, con un 45% de endemismo a nivel de especies, lo que la convierte en el ecosistema más extenso y diverso de peces a nivel global. Esta notable diversidad de peces neotropicales es el resultado de millones de años de especiación y procesos de radiación evolutiva, que han dado lugar a una amplia gama de adaptaciones extraordinarias a los múltiples nichos que ofrece la Amazonía [5] [6].

Ecuador, país megadiverso, alberga una rica variedad de peces que habitan en aguas continentales, con un registro actual de 824 especies nativas (112 en la vertiente occidental y 712 en la oriental), además de 12 especies introducidas [7], particularmente en las cuencas de la vertiente oriental hacia la zona ictiohidrográfica Napo–Pastaza, es donde se presenta la mayor diversidad de peces, esta área se caracteriza por la presencia de múltiples ecosistemas dulceacuícolas que incluyen ríos y lagunas, además de zonas de inundación como Igapó y Varzea, ambientes que propician una diversificación de la ictiofauna [8].

Una problemática común en Ecuador, es la ausencia de un registro oficial sobre los peces de aguas continentales, lo que podría derivar en una gestión inadecuada del recurso y poner en riesgo la supervivencia de diversas especies. Algunos de los ríos que han sido estudiados incluyen el Guayas, Esmeraldas, Napo y Pastaza. En contraste, los ríos Morona Santiago, Zamora y Upano, ubicados en la región oriental del país, cuentan con poca o ninguna información disponible sobre la ictiofauna que albergan [9].

No obstante, muchas de las especies se encuentran en peligro, o afrontan desafíos significativos. En Ecuador, las poblaciones de peces de agua dulce enfrentan diversas amenazas, principalmente derivadas de actividades humanas en los cuerpos de agua. Entre los factores de mayor impacto se encuentran la deforestación, la contaminación del agua causada por prácticas agrícolas y urbanas, la minería, la explotación de recursos petroleros, la sobrepesca, la introducción de especies exóticas y los efectos del cambio climático [10].

El río Bocachico, ubicado en la provincia de Sucumbíos, forma parte de la red hidrológica que atraviesa la Reserva Ecológica Cofán Bermejo, una área protegida en la Amazonía norte ecuatoriana, es un recurso hídrico que funge de tributario hacia la subcuenca del río San Miguel, en la zona fronteriza con el vecino país Colombia [11]. Sin embargo, la ausencia de estudios sobre la ictiofauna de esta microcuenca limita el conocimiento sobre las especies presentes, su abundancia y las variaciones que experimentan a lo largo del río.

Este estudio presenta un análisis de la diversidad de peces a través del uso de técnicas de monitoreo durante una temporada climática específica. Esto representa un primer acercamiento para fortalecer el conocimiento sobre la ictiofauna dentro del territorio de la Reserva Ecológica Cofán Bermejo y el río Bocachico, con lo cual se pretende establecer una línea base que sirva para futuras investigaciones sobre la diversidad ictiológica en la región.

2. Materiales y métodos

2.1. Área de estudio

El muestreo se llevó a cabo en la microcuenca del río Bocachico ubicado en la región noroccidental de la Amazonía ecuatoriana con coordenadas WGS 1984 / UTM, 18N (263958.07 E, 32880.28 N) (Fig. 1), en los límites de la Reserva Ecológica Cofán Bermejo (RECB), situada en el cantón Cascales, parroquia Santa Rosa, provincia de Sucumbíos. El área presenta una formación vegetal identificada por [12] como un ecosistema de bosque siempreverde de tierras bajas del Aguarico-Putumayo-Caquetá. La RECB abarca una extensión total de 55,451 hectáreas, de las cuales 53,451 ha forman parte del Patrimonio Forestal y 2,000 ha corresponden al bosque protector "El Bermejo" [13]. El clima de la zona se caracteriza por precipitaciones anuales que superan los 3,084 mm y una temperatura media de 22.1 °C, lo que genera condiciones de un ambiente cálido y húmedo durante la mayor parte del año [14].

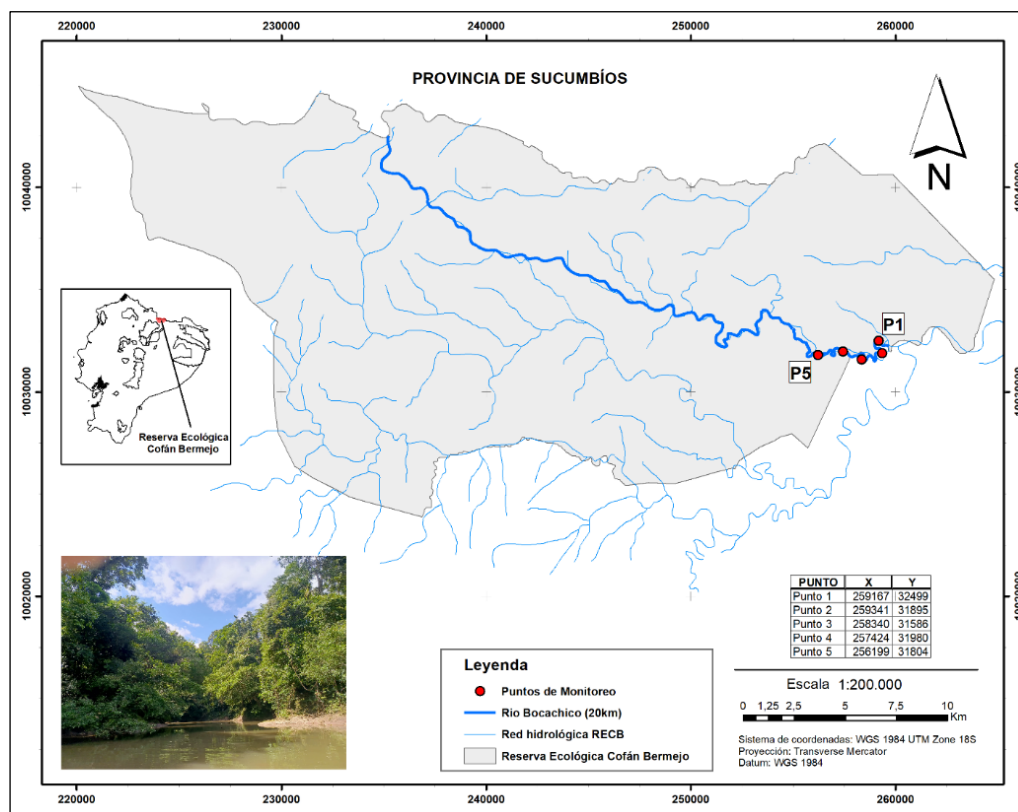


Figura 1. Puntos de muestreo durante los meses de enero y marzo del 2025 y representación cartográfica de la red hidrológica de la Reserva Ecológica Cofán Bermejo y microcuenca del río Bocachico.

2.2. Fase de campo

Los muestreos fueron realizados por el equipo de investigación de la Universidad Estatal Amazónica, y guardaparques de la RECB y el Ministerio del Ambiente Agua y Transición Ecológica del Ecuador en el periodo de enero y marzo del 2024, meses que comprenden la temporada lluviosa. Se aplicó la metodología de Evaluaciones Ecológicas Rápidas [15], la cual consiste en una serie de técnicas complementarias donde se utilizó una red de arrastre, atarraya, y 5 cañas de pescar, con el fin de realizar la colección de individuos.

Se establecieron 5 puntos de muestreo con sus respectivas coordenadas, abarcando un total de 30 km de recorrido en la microcuenca de río. Cada punto comprendió un área de 100 metros de río arriba y 100 metros río abajo. Los peces fueron colectados con atarraya durante un tiempo de 30 minutos, o 10 lanzamiento, luego se usó una red de arrastre durante 30 minutos, finalmente se usaron las cañas de pescar por una hora, el uso de estas tres técnicas fue replicado en cada unidad, basado en las recomendaciones de [16], por lo que cada una de estas constituyen las unidades de muestreo. Dicho procedimiento se estandarizó en cada punto.

Sobre el río Bocachico se precisó sitios con mayor presencia de microambientes como, remansos o pozas grandes y pequeñas, corrientes rápidos, ya que la comunidad íctica demanda de condiciones particulares. Estas áreas también contaban con lugares de sombra y espacios donde penetra la luz. Además, se buscó que los sitios estuvieran libres de perturbaciones físicas como extracción de material, dragado, construcción de diques, entre otros. Para complementar el trabajo se tomaron fotografías y mediciones morfométricas a los individuos capturados que posteriormente fueron liberados *in situ* [17].

2.3. Artes de pesca utilizados

Red de arrastre: se empleó una red de arrastre tipo chinchorro que es una red de encierro, formada de malla rectangular de 6 metros de ancho por 1,5 metros de alto, con una luz de malla de 1cm. (Fig. 2). El arrastre de la malla fue realizado siempre con el esfuerzo de dos hombres desde aguas arriba hasta aguas abajo [18].

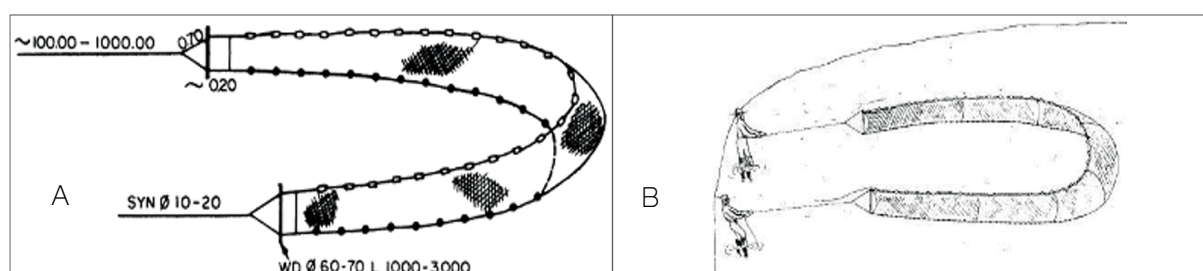


Figura 2. Esquema de red de arrastre: A) Forma de la red; B) Uso de la red. Tomado de [19]

Atarraya: Para este método se utilizó una red circular en forma de sombrilla, con una línea de plomos en los bordes, con diámetro de 5 metros y un ojo de red o luz de malla de 1 cm. (Fig.3). Se llevaron a cabo 10 lances con en cada estación de muestreo [20] [21].

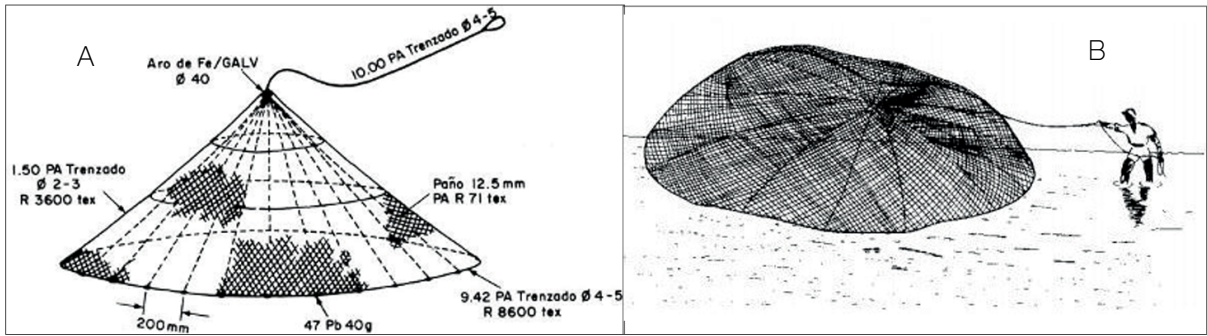


Figura 3. Esquema de red atarraya: A) Forma de la red; B) Uso de la red. Tomado de [19]

Anzuelos: consiste en un anzuelo o gancho metálico unido a una guía metálica que a su vez está unido a una línea de 20 o 30 metros de hilo nylon, el extremo del hilo se ata a un mango o tallado de madera o una caña de pesca hecha artesanalmente [22]

2.3. Análisis de datos

Los datos tomados en campo fueron digitalizados y con ello se realizó estimaciones de abundancia, análisis de diversidad y riqueza, *samples completeness*, para la medida de la representatividad de la muestra [23].

2.4. Identificación taxonómica de especies

Los individuos fueron identificados hasta el nivel taxonómico de especie mediante las claves ictiológicas de la guía de peces de la Amazonía y el Orinoco de [24], la de peces del medio Amazonas de [25] y se contrastó con la lista de peces de agua dulce de [8]. Asimismo, se complementó con una revisión en el repositorio web: <https://www.fishbase.org>

2.5. Determinación de abundancia

Para determinar la abundancia relativa se realizó un conteo del número de individuos por especie y se consideró la relación entre el número de individuos de una especie y el número total de individuos de todas las especies.

2.6. Diversidad

Los índices ecológicos se calcularon en base a varias expresiones matemáticas como: Diversidad Simpson, Shannon-Wiener [26]. El índice de riqueza de especies [27], (Tabla 1) todos estos nos permitieron obtener un registro gráfico de la variabilidad de especies de peces encontradas durante el tiempo de estudio. Para lograr esto se usó el programa PAST 4.10 [28].

Tabla 1. Índices estructurales para el cálculo de la diversidad biológica y riqueza.

	FÓRMULA	VALORES	SIGNIFICADO
Shannon-Wiener	$H = -\sum (P_i * \log_n P_i)$	< 2	Diversidad baja
		2 – 3,5	Diversidad media
		> 3,5	Diversidad alta
Dominancia de Simpson	$D = \sum (P_i)^2$	Cercanos a 0	Menor dominancia
		Cercanos a 1	Mayor dominancia
Diversidad Simpson	$S = 1 - D$	0–0,33	Diversidad baja
		0,34–0,66	Diversidad media
		0,67– 1	Diversidad alta

Margalef	$D_{Mg} = (S-1)/\ln N$	< 2	Diversidad baja
		2,1 – 4,9	Diversidad media
		> 5	Diversidad alta

Fuente: Adaptado de [26] [27]

3. Resultados

Se recolectaron 88 individuos, pertenecientes a tres órdenes, doce familias, 21 géneros y 26 especies (Tabla 2).

Tabla 2. Lista de especies del río Bocachico. Agrupados en órdenes y familias, incluida la abundancia total por especie encontrada en cada punto de muestreo y estado de conservación UICN.

ORDEN	FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	P1	P2	P3	P4	P5	Total	UICN
Characiformes	Anostomidae	<i>Leporinus fasciatus</i>		1			1	2	LC
		<i>Leporinus friderici</i>					1	1	LC
	Characidae	<i>Hemigrammus</i> sp.	2	2	4	1	1	10	LC
		<i>Astyanax maximus</i>	3		1	1		5	LC
		<i>Astyanax cf. abramis</i>	1				1	2	LC
		<i>Astyanax Bimaculatus</i>	2	1		1	2	6	LC
		<i>Moenkhausia oligolepis</i>	3					3	LC
		<i>Moenkhausia naponis</i>	1					1	LC
		<i>Brycon amazonicus</i>			1			1	LC
	Crenuchidae	<i>Characidium etheostoma</i>	4		1			5	LC
	Prochilodontidae	<i>Prochilodus nigricans</i>	1					1	LC
	Serrasalminidae	<i>Mylossoma duriventre</i>	1					1	LC
	Lebiasinidae	<i>Nannostomus trifasciatus</i>	4	1				5	LC
Perciformes	Cichlidae	<i>Bujurquina pardus</i>	2	4	1		1	8	DD
		<i>Crenicichla proteus</i>	1	3	3	1		8	LC
		<i>Crenicichla anthurus</i>		1	1		3	5	LC
		<i>Bujurquina moriorum</i>	5	1		1	1	8	LC
Siluriformes	Aspredinidae	<i>Amaralia hypsiura</i>	1					1	LC
	Heptapteridae	<i>Pimelodella lateristriga</i>	1					1	DD
	Loricariidae	<i>Lasiancistrus cf. schomburgkii</i>					1	1	LC

	<i>Chaetostoma</i> sp.			1	2	3	LC	
	<i>Hypostomus</i> cf. <i>oculeus</i>	1	1			2	DD	
	<i>Ancistrus</i> <i>malacops</i>		1			1	LC	
Pimelodidae	<i>Pseudoplatystoma</i> <i>faciatum</i>			1		1	LC	
	<i>Pimelodus</i> <i>tetramerus</i>	1		2		1	4	LC
	<i>Pimelodus</i> <i>ornatus</i>			1		1	LC	
Pseudopimelodidae	<i>Pseudopimelodus</i> <i>mangurus</i>			1		1	LC	

Fuente: Autores, 2025

El orden más abundante del estudio comprende a los Characiformes, representado por la familia Characidae con seis especies y 4 géneros. *Astyanax* con tres especies (*Astyanax maximus*, *Astyanax* cf.*abramis* y *Astyanax Bimaculatus*), *Moenkhausia* con dos especies (*Moenkhausia oligolepis* y *Moenkhausia naponis*), *Brycon* con una especie *Brycon amazonicus* y, *Hemigrammus* sp. como especie indeterminada. La familia Loricariidae presentó cuatro géneros con cuatro especies (*Lasiancistrus* cf. *Schomburgkii*; *Chaetostoma* sp; *Hypostomus* cf. *Oculeus* y *Ancistrus malacops*). Cichlidae presentó dos géneros *Bujurquina* con las especies (*Bujurquina pardus* y *Bujurquina moriurum*) y *Crenicichla* con (*Crenicichla proteus* y *Crenicicla anthurus*). La familia Pimelodidae presentó dos géneros con tres especies *Pimelodus* con (*Pimelodus tetramerus*, *Pimelodus ornatus*) y *Pseudoplatystoma* con la especie *Pseudoplatystoma faciatum*. Mientras que la familia Anostomidae posee un género con dos especies *Leporinus* con las especies (*Leporinus fasciatus*, *Leporinus friderici*). La familia Pseudopimelodidae con un solo género y una sola especie (*Pseudopimelodus mangurus*). Al igual que las familias Crenuchidae, Prochilodontidae, Serrasalminidae, Lebiasinidae, Aspredinidae y Heptapteridae que presentaron un solo género y una sola especie (*Characidium etheostoma*, *Prochilodus nigricans*, *Mylossoma duriventre*, *Nannostomus trifasciatus*, *Amaralia hypsiura*, *Pimelodella lateristriga*, respectivamente).

Tomando en cuenta la abundancia absoluta (Fig. 1), la especie con mayor cantidad de registros constituye *Hemigrammus* sp. con 10 individuos, seguido de las especies *Bujurquina pardus*, *Crenicichla proteus* y *Bujurquina moriurum* con 8 individuos registrados por cada especie, *Astyanax Bimaculatus* con 6 individuos, *Crenicicla anthurus* con 5 individuos, *Pimelodus tetramerus* con 4 individuos, *Chaetostoma* sp. con 3 individuos, *Hypostomus* cf. *oculeus* con 2 individuos y *Leporinus friderici*, *Brycon amazonicus*, *Moenkhausia naponis*, *Prochilodus nigricans*, *Mylossoma duriventre*, *Amaralia hypsiura*, *Pimelodella lateristriga*, *Lasiancistrus* cf. *schomburgkii*, *Ancistrus malacops*, *Pseudoplatystoma faciatum*, *Pimelodus ornatus*, *Pseudopimelodus mangurus* presentaron 1 individuo cada una.

Los datos generales de riqueza por localidad reflejan que: el Punto 1 presentó 17 especies y 34 individuos capturados, el Punto 2 presentó 10 especies con 16 individuos capturados, el Punto 3 presentó 9 especies y 15 individuos capturados, el Punto 4 presentó 8 especies y 8 individuos capturados, mientras que el Punto 5 presentó 11 especies y 15 individuos capturados.

La representatividad de la muestra del Punto 1 es $1-9/17 = 47,05\%$, lo que indica que aún no se ha detectado el 52,94% de las especies de la muestra; La representatividad de la muestra del Punto 2 es $1-7/10 = 30\%$, lo que sugiere que un 70% de las especies de la población aún no se ha detectado; en el Punto 3, la representatividad es $1-6/9 = 33,33$ lo que indica que un 66,66 % de las especies de la población aún no se han detectado en la muestra; en el Punto 4 no se calculó la representatividad debido a que las especies detectadas mostraron ser únicas sin variar en abundancia, dado que la fórmula se aplica a el número de especies que tienen un solo individuo, en este caso, implicaría un sesgo. Para el Punto 5, la representatividad es $1-8/11 = 27,27 \%$ lo que indica que un 72,72 % de las especies de la población aún no se han detectado en la muestra. Finalmente, la representatividad de las 5 localidades del Río Bocachico en la Reserva Ecológica Cofán Bermejo es de $1-12/88 = 86,37 \%$ lo que sugiere que un 13,63 % de las especies aún no se han registrado en muestreos. Todas las especies registradas durante este estudio se las representa en el **Anexo 1**.

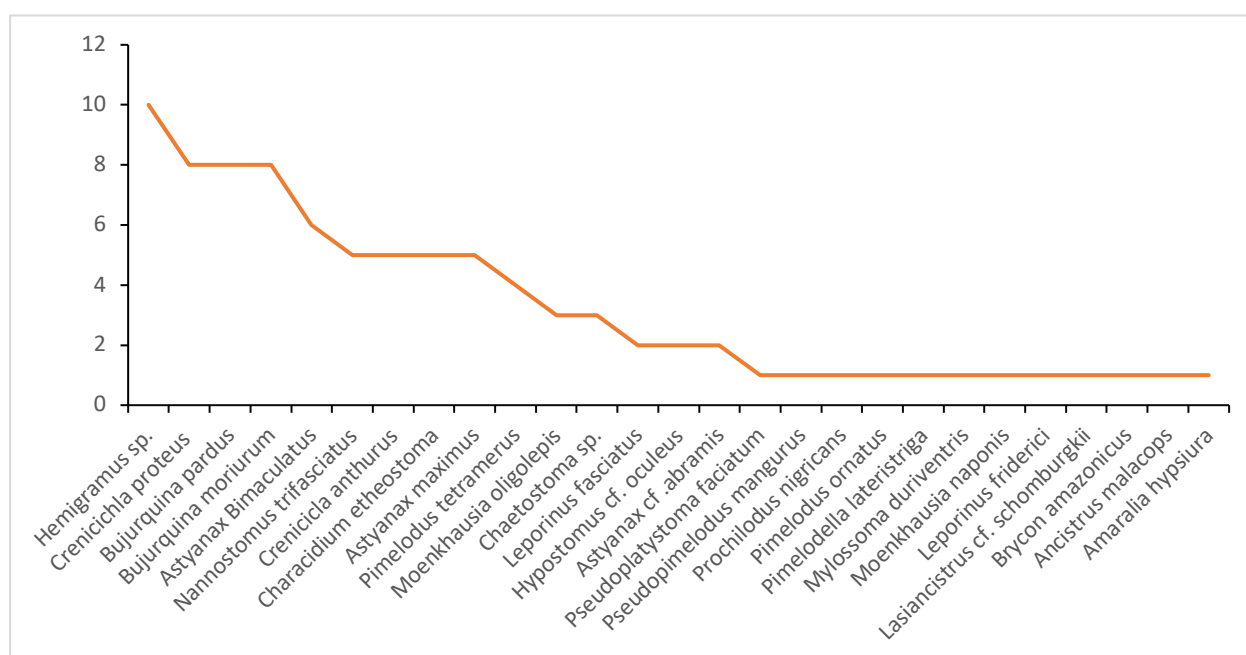


Figura 1. Abundancia acumulada por especie en los 5 puntos de muestreo del río Bocachico, RECB.

3.1. Análisis de la biodiversidad

Analizando los índices de diversidad biológica alfa (α), representados en la (Tabla 3) se obtuvo que:

El índice de dominancia de Simpson presentó un valor promedio de 0,05, y los resultados individuales estuvieron por debajo de 0,1, lo que indica que ninguna especie domina significativamente sobre las demás. En contraste, el índice de diversidad de Simpson mostró valores cercanos a 1, con un promedio de 0,94, evidenciando una alta diversidad en la zona de estudio.

Por otro lado, el índice de equitatividad de Shannon obtuvo un valor de 2,54 bits/individuo, lo que sugiere una diversidad media en el área. Asimismo, los valores de diversidad calculados en cada punto de muestreo fueron intermedios, donde el punto P1 muestra una diversidad más alta que los demás puntos de muestreo, con un valor de 2,88 bits/individuo.

En cuanto a la riqueza específica, el índice de Margalef registró un valor promedio de 3,5 para toda la zona de estudio, indicando una riqueza y diversidad medias. Sin embargo, a nivel de estaciones de muestreo, los valores oscilaron entre 4,5 y 3,3, lo que también refleja una diversidad moderada en los diferentes puntos evaluados.

Tabla 3. Índices de diversidad biológica alfa (α) en el río Bocachico.

Índices		Puntos de Muestreo					
		P1	P2	P3	P4	P5	X
Simpson	Dominancia	0,055	0,083	0,095	0,000	0,048	0,056
	Diversidad	0,945	0,917	0,905	1,000	0,952	0,944
Shannon-Wiener (Equidad)		2,883	2,415	2,293	2,517	2,637	2,549
Margalef (Riqueza)		4,537	3,246	2,954	3,366	3,693	3,559

Fuente: Autores, 2025

4. Discusión

En el presente estudio se identificaron 26 especies de peces, lo que representa aproximadamente el 2,8% de la ictiofauna dulceacuícola registrada en Ecuador según [8]. Si se compara con el número más reciente de especies reportadas para la Amazonía ecuatoriana, que asciende a 725 especies [7], los datos obtenidos en este trabajo corresponden al 3,5% de la riqueza ictiológica. Estos hallazgos son comparables a los reportados por [29], quienes identificaron 17 especies en la cabecera del río Oglán. En cuanto al número de individuos, el estudio en el río Bocachico se obtuvo 88 individuos, una cifra semejante a la obtenida por [20] en la microcuenca del río Zuñag, donde se contabilizaron 108 ejemplares. Cabe destacar que, al igual que el río Zuñag, el área de estudio del río Bocachico atraviesa zonas con alto valor biológico, la RECB en el caso del río Bocachico y corredor Ecológico Llanganates-Sangay para el río Zuñag, lo que puede explicar la conservación relativamente buena de la ictiofauna en estas cuencas.

La diversidad ictiológica registrada en este estudio abarcó especies pertenecientes a familias que incluyen ejemplares de mayor tamaño, como Pimelodidae y Anostomidae, lo cual coincide con lo observado por [30] en el río Arajuno, un afluente con mayor caudal y dimensiones que el río Bocachico. Este hecho sugiere que el río Bocachico posee condiciones adecuadas para albergar comunidades similares de peces de gran tamaño. Debido a la limitada información existente sobre la ictiofauna en las estribaciones orientales amazónicas del Ecuador, investigaciones como la presente pueden contribuir a ampliar el número de especies conocidas y su distribución geográfica, aumentando las cifras inicialmente propuestas por [8].

En otras zonas de la Amazonía que pertenecen a la misma región ictiohidrográfica, se ha encontrado una composición de familias ictiológicas similar, con la adición de las familias Astroblepidae y Trichomycteridae, donde los órdenes más representativos fueron Characiformes y Siluriformes [31], explicándose de esta manera, la mayor dominancia de peces Characiformes. Esta prevalencia debido a que muchas de sus especies forman grandes cardúmenes, que al mismo tiempo comparten hábitats, lo que incrementa las probabilidades de captura de especímenes durante las actividades de muestreo [32].

Actualmente, el conocimiento sobre la diversidad y abundancia de peces en los ríos de las estribaciones orientales y la Amazonía norte del Ecuador sigue siendo incipiente [33]. No obstante, la comunidad de peces registrada en este estudio evidencia los esfuerzos en conservación alcanzados dentro de la Reserva Ecológica Cofán Bermejo. Sin embargo, el aumento de las actividades humanas en las zonas circundantes, junto con la contaminación del agua, la alteración de los cauces provocada por el cambio climático y la introducción de especies exóticas, representan amenazas crecientes para la diversidad ictiológica, situaciones que ya se han documentado en otras poblaciones de peces en la región [30] [34].

En este trabajo no se registraron especies introducidas. Sin embargo [8] señala que *Oreochromis* spp. [tilapia roja] un híbrido proveniente de líneas parentales mejoradas de *O. aureus*, *O. niloticus*, *O. mossambicus* [35], ha sido introducida en Ecuador con fines alimenticios, siendo su cultivo intensivo común en la Amazonía ecuatoriana. Se pudo constatar que en comunidades ubicadas en la zona de amortiguamiento de la Reserva Ecológica Cofán Bermejo llevan a cabo de manera esporádica la piscicultura de tilapia roja. Por ello, resulta fundamental coordinar con las autoridades ambientales la implementación de un programa de buenas prácticas de manejo para prevenir la posible liberación de estas especies en los ecosistemas acuáticos evaluados en esta investigación.

5. Conclusión

Se identificó 88 registros. El orden más abundante fue Characiformes mientras que el orden Siluriformes fue el más diverso.

La mayoría de las especies identificadas se clasifican como "preocupación menor" en cuanto a su estado de conservación, y no se detectaron especies que se encuentren amenazadas o en peligro. No obstante, se identificaron algunas especies del orden Siluriformes que presentan escasa información disponible, lo que las convierte en un grupo relevante para futuros estudios que permitan ampliar el conocimiento sobre su diversidad y actualizar sus registros.

No se registraron especies introducidas en la microcuenca del río Bocachico. Los índices Shannon y Margalef reflejaron una diversidad media, mientras que el índice Simpson presentó diversidad alta para el área de estudio, sin presencia de especies dominantes.

La Reserva Ecológica Cofán Bermejo representa un refugio clave para la fauna silvestre, especialmente para los peces de agua dulce, gracias a la presencia de extensas áreas de cobertura vegetal que se mantienen sin alteraciones por actividad humana intensiva.

La información generada constituye el primer intento para caracterizar la ictiofauna del río Bocachico en la Reserva Ecológica Cofán Bermejo. Asimismo, los resultados contribuirán a los esfuerzos para identificar amenazas ambientales y como línea base para futuros estudios ictiológicos y la biodiversidad en el área.

Contribución de autores:

Idea y conceptualización, J. R-R y A. V-S; metodología, J. R-R, R. R-P y V. P-R; validación, J. R-R y R. R-P; investigación, J. R-R y A. V-S; redacción, J. R-R, A. V-S y R. R-P; revisión, V. P-R y J. R-R.

Financiamiento: Los autores financiaron a integridad el estudio.

Conflictos de interés: Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Referencias

1. Hooper, D.U.; Chapin III, F.S.; Ewel, J.J.; Hector, A.; Inchausti, P.; Lavorel, S.; Lawton, J.H.; Lodge, D.M.; Loreau, M.; Naeem, S. Effects of Biodiversity on Ecosystem Functioning: A Consensus of Current Knowledge. *Ecol. Monogr.* **2005**, *75*, 3–35, doi:<https://doi.org/10.1890/04-0922>.
2. Strayer, D.L.; Dudgeon, D. Freshwater Biodiversity Conservation: Recent Progress and Future Challenges. *J. North Am. Benthol. Soc.* **2010**, *29*, 344–358.
3. Lévêque, C.; Oberdorff, T.; Paugy, D.; Stiassny, M.L.J.; Tedesco, P.A. Global Diversity of Fish (Pisces) in Freshwater. *Freshw. Anim. Divers. Assess.* **2008**, 545–567, doi:10.1007/978-1-4020-8259-7_53.
4. Froese, R.; Pauly, D. World Wide Web Electronic Publication Available online: <https://www.fishbase.org/> (accessed on 25 March 2025).
5. Reis, R.E. *Check List of the Freshwater Fishes of South and Central America*; Edipucrs, 2003; ISBN 8574303615.
6. Reis, R.E.; Albert, J.S.; Di Dario, F.; Mincarone, M.M.; Petry, P.; Rocha, L.A. Fish Biodiversity and Conservation in South America. *J. Fish Biol.* **2016**, *89*, 12–47, doi:10.1111/JFB.13016.
7. Aguirre, W.E.; Alvarez-Mieles, G.; Anaguano-Yancha, F.; Burgos Morán, R.; Cucalón, R. V; Escobar-Camacho, D.; Jácome-Negrete, I.; Jiménez Prado, P.; Laaz, E.; Miranda-Troya, K. Conservation Threats and Future Prospects for the Freshwater Fishes of Ecuador: A Hotspot of Neotropical Fish Diversity. *J. Fish Biol.* **2021**, *99*, 1158–1189, doi:<https://doi.org/10.1111/jfb.14844>.
8. Barriga, R. LISTA DE PECES DE AGUA DULCE E INTERMAREALES DEL ECUADOR *. *Rev. Politécnica* **2012**, *30*, 83–119.
9. Anaguano-Yancha, F. Peces de La Laguna Cormorán, Parque Nacional Sangay, Ecuador. *ACI Av. en Ciencias e Ing.* **2017**, *9*, doi:<https://doi.org/10.18272/aci.v9i15.294>.
10. Jiménez P; Valdiviezo J Diversidad de Peces En Ecuador. *Ser. Espec. Ictiol. Ecuatoriana I. Red Ecuatoriana Ictiol. Pontif. Univ. Católica del Ecuador Sede Esmeraldas, Univ. Tecnológica Indoamérica, Inst. Nac. Biodiversidad.* **2021**, 1–166.
11. Fuertes, W.; Condor, N.; Hurtado, T.; Garcí, C. *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Del Cantón Cascales*; GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DE CASCALES, 2020;
12. Ministerio del Ambiente del Ecuador Sistema de Clasificación de Los Ecosistemas Del Ecuador Continental. In; Subsecretaría de Patrimonio Natural: Quito, 2013; p. 175.
13. Ministerio del Ambiente Guía Informativa de Las Áreas Protegidas Del Ecuador. In; Quito, 2014; pp. 218–219.
14. INAMHI *Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología*; 2016;
15. Convention on Biological Diversity *Directrices Para La Evaluación Ecológica Rápida de La Biodiversidad de Las Zonas Costeras, Marinas y de Aguas Continentales*; 2010;
16. Jiménez-Valverde, A.; Cano, J.M.; Munguira, M.L. Patrones de Diversidad de La Fauna de Mariposas Del Parque Nacional de Cabañeros y Su Entorno (Ciudad Real, España Central)(Lepidoptera, Papilionoidea, Hesperioidea). *Anim. Biodivers. Conserv.* **2004**, *27*, 15–24.
17. Acosta, J.; Tavera, J. Diversidad Íctica Dulceacuícola En Una Isla Del Pacifico Oriental Tropical: PNN Isla Gorgona, Colombia. *Caldasia* **2022**, *45*, 124–135, doi:10.15446/caldasia.v45n1.96649.
18. Gavioli, A.; Castaldelli, G.; Trasforini, S.; Puzzi, C.; Gervasio, M.P.; Granata, T.; Colombo, D.; Soana, E. Global Warming and Fish Diversity Changes in the Po River (Northern Italy).

- Environments* **2024**, *11*, 226, doi:10.3390/environments11100226.
19. Núñez, H.; Torres, A. Diversidad, Abundancia y Distribución de Peces En El Río Bulubulu. *Rev. Científica Ciencias Nat. y Ambient.* **2021**, *15*.
 20. Rodríguez, F.; Valdiviezo, J.; Reyes, J.; Yáñez, D. Ictiofauna de Los Ríos Zuñag y Anzu En El Corredor Ecológico Llanganates–Sangay, Provincias de Pastaza y Tungurahua, Ecuador. *Boletín Técnico* **2017**, *13*, 33–52.
 21. Cordero, G.; Mercado, N.; García s, S.; Arce, E.; Ramírez, A.; Mejía, H. Diversidad Específica y Taxonómica de La Ictiofauna Del Río Amacuzac, Morelos, México. *Rev. Biol. Trop.* **2022**, *70*, doi:10.15517/rev.biol.trop..v70i1.48830.
 22. Jácome-Negrete, I.; Javier, T.J.; Guarderas Flores, L. Artes de Pesca. In *Guía de peces de importancia comercial de la Amazonía Norte y Centro del Ecuador*, 2022; pp. 10–11 ISBN 978-9942-42-045-9.
 23. Chao, A.; Jost, L. Coverage-based Rarefaction and Extrapolation: Standardizing Samples by Completeness Rather than Size. *Ecology* **2012**, *93*, 2533–2547, doi:https://doi.org/10.1890/11-1952.1.
 24. van der Sleen, P.; Albert, J.S. *Field Guide to the Fishes of the Amazon, Orinoco, and Guianas*; Princeton University Press, 2017; ISBN 0691170746.
 25. Galvis, G.; Mojica, J.I.; Duque, S.R.; Castellanos, C.; Sánchez-Duarte, P.; Arce, M.; Gutiérrez, A.; Jiménez, L.F.; Santos, M.; Vejarano, S. *Peces Del Medio Amazonas Región de Leticia*; Panamericana, formas e impresos SA Bogotá, Colombia, 2006; ISBN 9589769063.
 26. Moreno, C.E. Métodos Para Medir La Biodiversidad. M&T–Manuales y Tesis SEA, Vol. 1. *Zaragoza* **2001**, *84*, 2.
 27. Margalef, R. Limnología. Ediciones Omega. SA, *Barcelona* **1983**.
 28. Hammer, Ø.; Harper, D.A.T.; Ryan, P.D. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontol. Electron.* **2001**, *4*, 9.
 29. Negrete, I.J.; Mamallacta, A.; Andrade, D.; Rodríguez, F. Diversidad Ictiológica y Pesca En Una Comunidad Kichwa de La Alta Amazonía Ecuatoriana. *Res. J. Costa Rican Distance Educ. Univ. Cuad. Investig. UNED* **2023**, *15*, 11.
 30. Tobes, I.; Carrillo-Moreno, C.; Guarderas-Flores, L.; Jácome-Negrete, I.; Velázquez-Cárdenas, Y. Ethnoichthyology and Ethnotaxonomy of the Kichwa Indigenous People of Arawanu (Arajuno), in the Ecuadorian Amazon. *Front. Ecol. Evol.* **2022**, *10*, 826781, doi:https://doi.org/10.3389/fevo.2022.826781.
 31. COCASINCLAIR Flora y Fauna Representativa de Los Bosque Piemontanos y Montano Bajo Del Proyecto Hidroeléctrico Coca Codo Sinclair. *Publicación Técnico-Divulgativa la Empres. Pública Estratégica Hidroeléctrica Coca Codo Sinclair. Imprenta Murgráfica. Quito, Ecuador* **2013**.
 32. Galvis, G.; Mojica, J.I.; Camargo, M. Peces Del Catatumbo: Asociación Cravo Norte. *Ecopetrol. Bogotá, Colomb.* **1997**, 118.
 33. Bogotá-Gregory, J.; Acosta-Santos, A.; Agudelo-Córdova, E. Los Peces Del Camino Andakí En La Transición Andino-Amazónica. Río Pescado (Cuenca Del Río Caquetá). *Rev. Colomb. Amaz.* **2020**, *12*, 126–143.
 34. Anderson, E.P.; MALDONADO-OCAMPO, J.A. A Regional Perspective on the Diversity and Conservation of Tropical Andean Fishes. *Conserv. Biol.* **2011**, *25*, 30–39, doi:https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2010.01568.x.
 35. Prieto, C.; Olivera Ángel, M. Incubación Artificial de Huevos Embrionados de Tilapia Roja *Oreochromis Sp.* **2002**.
 36. Garcia Melo, J.; De Souza, L. Sistemas Hidrográficos de Los Ríos Bajo Caguán y El Alto Caquetá, Caquetá, Colombia PECES Del Bajo Río Caguán En Su Área de Confluencia Con

El Río Caquetá. *Fiel Museum* 2018.



© 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

RESEARCH ARTICLE

Diversidad de anfibios en el bosque siempreverde de tierras bajas de la Reserva Ecológica Cofán Bermejo, Cascales, Sucumbíos, Ecuador.

Natali Gaona Jiménez ¹  Anagelli Choto ¹  Jonathan Rosillo ^{1,2} 

¹ Universidad Estatal Amazónica, Facultad de Ciencias de la vida, Carrera de Biología, Nueva Loja, Ecuador.

² Green Amazon, Research Center, Nueva Loja 210150, Ecuador

✉ Correspondencia: nataligaonajimenez@gmail.com  + 593 993713082

DOI/URL: <https://doi.org/10.53313/gwj81208>

Resumen: Los anfibios son un grupo de vertebrados que incluye a los órdenes Gymnophiona, Caudata y Anura, son un grupo muy biodiverso a nivel mundial se han documentado 8714 especies. Gran parte de esta diversidad se ha registrado en Sudamérica, destacando Brasil, Colombia y Ecuador como los países con mayor número de especies. Ecuador es reconocido como el tercer país con mayor cantidad de anfibios con 20 familias, 77 géneros y 676 especies. De todas estas especies, 371 se han registrado en la Amazonía ecuatoriana. En el presente estudio se determinó la diversidad de anfibios en el bosque siempreverde de tierras bajas de la Guardianía Avié perteneciente a la Reserva Ecológica Cofán Bermejo (RECB), Cascales, Sucumbíos, Ecuador. Para esto fue necesario identificar la especie más abundante y rara, además calcular la diversidad alfa. Se utilizó las siguientes técnicas de captura: transectos lineales (100 x 2m), relevamiento por encuentros visuales, recorridos libres y registros auditivos. Se registraron 2 órdenes (Anura y Caudata), 9 familias, 21 géneros, 55 especies y 553 individuos. La especie más abundante fue *Adenomera andreae* con 73 individuos ($P_i=0.13$) y 15 especies fueron consideradas raras con 1 solo individuo cada una ($p_i=0.002$). De igual manera se encontró especies endémicas de la Amazonía ecuatoriana: *Osteocephalus fuscifacies*, *Pristimantis altamnis*, *Pristimantis cf. librarius*, *Pristimantis matidiktio* y *Pristimantis paululus*. El índice de Shannon-Wiener (H') determinó que la diversidad de anfibios asociada al área de estudio es media (3.36) y mientras que Simpson 1-D reflejó una diversidad alta (0.95), cuyos valores están relacionados con comunidades biológicas heterogéneas. El bosque de la Guardianía Avié presenta una alta diversidad de anfibios, debido a las condiciones climáticas favorables como la humedad, temperatura y la presencia de cuerpos de agua.

Palabras claves: Anfibiofauna, Ecosistema, Índices, Abundancia, Especie, Riqueza.



Cita: Natali Gaona, J., Anagelli, C., & Jonathan, R. (2025). Diversidad de anfibios en el bosque siempreverde de tierras bajas de la Reserva Ecológica Cofán Bermejo, Cascales, Sucumbíos, Ecuador. Green World Journal, 8(1), 208.
<https://doi.org/10.53313/gwj81208>

Received: 01/April/2025

Accepted: 21/April/2025

Published: 22/April/2025

Prof. Carlos Mestanza-Ramón, PhD.
Editor-in-Chief / CaMeRa Editorial
editor@greenworldjournal.com

Editor's note: CaMeRa remains neutral with respect to legal claims resulting from published content. The responsibility for published information rests entirely with the authors.



© 2025 CaMeRa license, Green World Journal.
This article is an open access document distributed under the terms and conditions of the license.

Creative Commons Attribution (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>

Amphibian diversity in the lowland evergreen forest of the Cofán Bermejo Ecological Reserve, Cascales, Sucumbíos, Ecuador.

Abstract: Amphibians are a group of vertebrates that includes the orders Gymnophiona, Caudata and Anura, and are a highly biodiverse group with 8714 documented species worldwide. Much of this diversity has been recorded in South America, highlighting Brazil, Colombia and Ecuador as the countries with the highest number of species. Ecuador is recognized as the country with the third largest number of amphibians with 20 families, 77 genera and 676 species. Of all these species, 371 have been recorded in the Ecuadorian Amazon. The present study determined the diversity of amphibians in the lowland evergreen forest of the Avié Guardia belonging to the Cofán Bermejo Ecological Reserve (RECB), Cascales, Sucumbíos, Ecuador. For this it was necessary to identify the most abundant and rare species, as well as to calculate the alpha diversity. The following capture techniques were used: line transects (100 x 2m), visual encounter surveys, free roaming and auditory records. Two orders (Anura and Caudata), 9 families, 21 genera, 55 species and 553 individuals were recorded. The most abundant species was *Adenomera andreae* with 73 individuals ($P_i=0.13$) and 15 species were considered rare with only 1 individual each ($p_i=0.002$). Similarly, species endemic to the Ecuadorian Amazon were found: *Osteocephalus fuscifacies*, *Pristimantis altamnis*, *Pristimantis cf. librarius*, *Pristimantis matidiktyo* and *Pristimantis paululus*. The Shannon-Wiener index (H') determined that the amphibian diversity associated with the study area is medium (3.36) and while Simpson 1-D reflected a high diversity (0.95), whose values are related to heterogeneous biological communities. The Guardianía Avié forest presents a high diversity of amphibians, due to favorable climatic conditions such as humidity, temperature and the presence of bodies of water.

Keywords: Amphibiofauna, Ecosystem, Indices, Abundance, Species, Richness.

1. Introducción

El Neotrópico es una región que abarca América Central y el Sur, es considerada una de las áreas más biodiversas en el mundo [1]. Esto se debe a la heterogeneidad de hábitats, el clima tropical y la historia geológica [2]; que permiten que exista una gran diversidad de vertebrados [3–6]. Solo América del Sur alberga a más del 40% de la biodiversidad total que se encuentra distribuida entre masas terrestres y acuáticas [7], localizadas mayormente en zonas bajas (0 a 400 m s.n.m) reflejando una amplia distribución en la franja amazónica [8].

Los anfibios son un grupo de vertebrados que incluye a los órdenes Gymnophiona (cecilias), Caudata (salamandras y tritones) y Anura (ranas y sapos) [9]. Desempeñan un papel vital en los ecosistemas y poseen una importancia ecológica [9]. Presentan características particulares como una piel permeable que les permite intercambiar agua y gases directamente con su entorno, además son considerados como bioindicadores de ecosistemas acuáticos y terrestres [10]. Esta sensibilidad se debe a su ciclo de vida bifásico, por tener una etapa larvaria y terrestre [11].

A nivel mundial se han documentado 8714 especies de anfibios [12]. Gran parte de esta diversidad se encuentra en Sudamérica, destacando Brasil, Colombia y Ecuador como los países con mayor número de especies [13]. En este contexto, Ecuador es reconocido como el tercer país con mayor cantidad de anfibios con 20 familias, 77 géneros y 676 especies [13]. De todas estas especies, 371 se han registrado en la Amazonía ecuatoriana. Dentro del país, la provincia de Sucumbíos, ubicada en el noreste del país, ha registrado la presencia de 181 especies [14] destacándose como un área de gran importancia para la diversidad de anfibios [15].

Por otra parte, a nivel local en la parroquia Lumbaqui se identificaron 49 especies de anfibios [16]. Sin embargo, en la Reserva Ecológica Cofán Bermejo no se han desarrollado investigaciones recientes sobre la diversidad taxonómica de anfibios, no obstante, el último inventario biológico rápido fue realizado por Pitman et al. [17]. Con estos antecedentes, tiene como objetivo general determinar la diversidad de anfibios en el bosque siempreverde de tierras bajas de la Reserva Ecológica Cofán Bermejo. Por consiguiente, los objetivos específicos son; (1) identificar la especie más abundante y rara, (2) calcular la diversidad alfa.

2. Materiales y métodos

2.1 Área de estudio

El muestreo se realizó en la Guardianía Avié localizada a una altitud de 316 m s. n. m. entre las coordenadas geográficas WGS 1984 / UTM, 18N (263958.07 E, 32880.28 N) (Figura 1) que corresponde a un ecosistema Bosque siempreverde de tierras bajas del Aguarico-Putumayo-Caquetá [18], perteneciente a la Reserva Ecológica Cofán Bermejo ubicada en la zona norte de la región Amazónica [19], provincia de Sucumbíos, cantón Cascales, parroquia Santa Rosa. La reserva cuenta con un total de 55451 hectáreas, de las cuales 53451 ha pertenecen al Patrimonio Forestal y 2000 ha al bosque protector “El Bermejo” [20]. Las precipitaciones en el cantón Cascales fluctúan sobre los 3084 mm durante todo el año y la temperatura media anual es de 22,1 °C, lo que indica un ambiente cálido y húmedo durante todo el año [21].

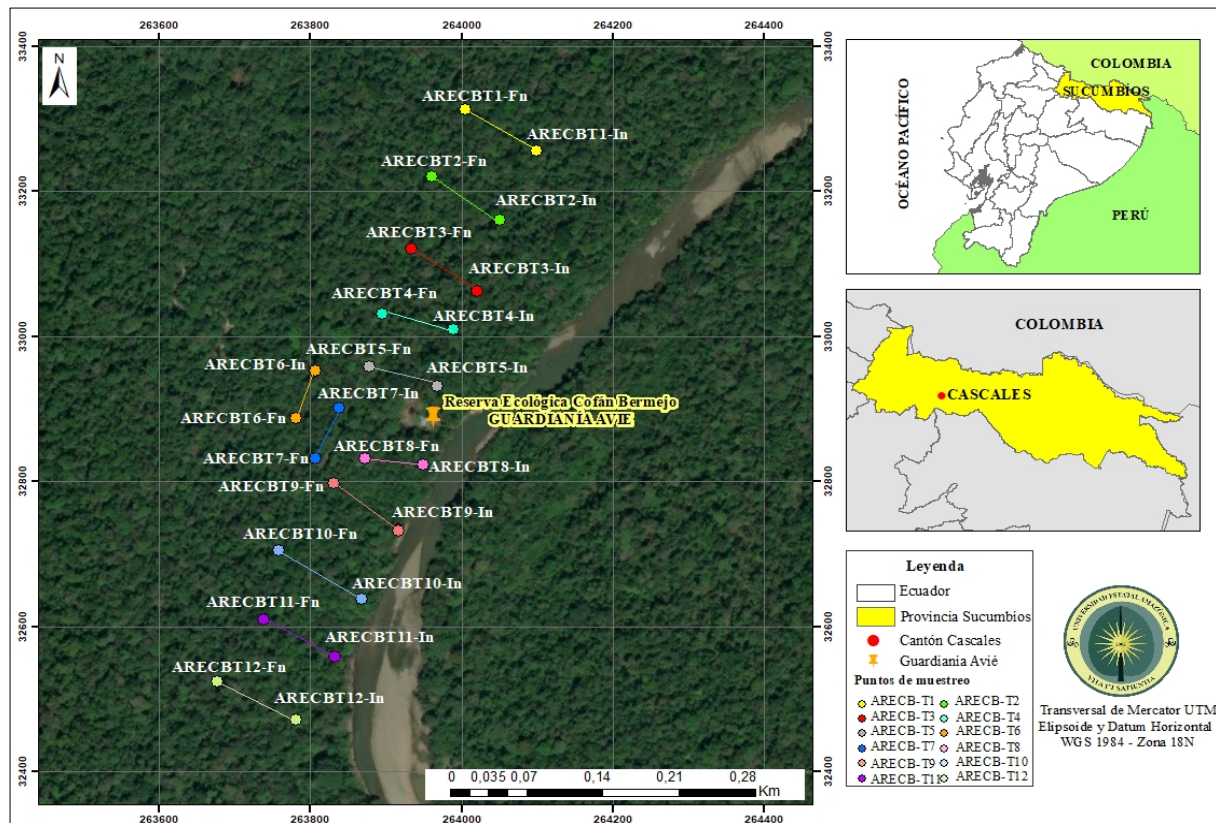


Figura 1. Mapa de ubicación del área de estudio Guardianía Avie.

2.2. Métodos

2.2.1. Fase de campo

Los puntos de muestreo se establecieron seleccionando un área específica de la reserva, en la cual, se consideraron hábitats que tengan cuerpos de agua y vegetación arbustiva. En base a estas consideraciones, se instalaron un total de 12 transectos lineales de 100 x 2m de banda [22], los cuales fueron delimitados y georreferenciados.

El muestreo encampo se realizó durante los meses de abril, mayo y octubre abarcando 4 muestreos, el primero (del 19 al 24 de abril) tuvo 6 días efectivos, el segundo muestreo (del 2 al 8 de mayo) 7 días efectivos, mientras que el tercero (del 20 al 24 de mayo) 5 días efectivos, por último, el cuarto muestreo (del 4 al 13 de octubre) duró 10 días; dando 856 horas/día/hombre correspondiente a 28 días efectivos. Los muestreos se realizaron en horarios diurnos y nocturnos, estableciendo 4 horas para cada uno, en la mañana de (8:00 a.m. a 12:00 p.m.) mientras que en la noche de (20:00 p.m. a 00:00 a.m.) [23].

2.2.2. Técnicas de muestreo

Para realizar el registro de anfibios en los puntos de muestreo se empleó las siguientes técnicas: Transectos lineales; se basa en recorrer un área en búsqueda de un organismo de interés a lo largo del transecto. Además, permite obtener un listado de especies para determinar la riqueza, abundancia, rareza y recambio de especies sobre la zona de estudio [24,25], Relevamiento por Encuentros Visuales (REV's); se emplea búsquedas limitadas en un tiempo y lugar determinado. El muestreo por cada transecto depende del hábitat y la experiencia de la persona en campo, difiere entre 30 a 40 minutos (horas/hombre). Además, consiste en caminar lentamente a lo largo de la unidad de estudio en búsqueda de anfibios que se encuentren en cuerpos de agua, piedras, perchados en hojas o ramas y al remover la hojarasca [26–29].

Recorridos Libres; implica en realizar caminatas aleatorias en diferentes hábitats durante el día y la noche con la finalidad de cubrir la mayor parte posible del área de muestreo. Siendo, la más eficaz para obtener mayor número de registros de especies en el menor tiempo [30,31], y por último los Registros Auditivos; se basa en registrar vocalizaciones emitidas por los anfibios machos adultos durante la temporada de reproducción, las cuales son específicas para cada especie. Mediante esta técnica es posible registrar la presencia de anfibios machos que cantan a lo largo de un transecto [32].

2.3 Registro e identificación taxonómica de especies

Los individuos se colectaron de forma directa, cada uno con un número de registro único (punto de muestreo, fecha, hora, especie, cantidad de individuos de cada especie, tipo de registro, estrato y altura), para ser trasladados de manera individual en bolsas plásticas transparentes (9x14 cm), posteriormente fotografiados, identificados y liberados en su hábitat a una distancia de 100 m del sitio de captura [26]. Para la identificación se implementaron guías taxonómicas de los autores (Betancourt et al. [33]; Borzée et al. [34]; Bustamante [35]; Dueñas y Báez [16]; Maynard et al. [36]; Proaño et al. [37]; Ortega-Andrade [38]) y además se verificó la información en el repositorio de biodiversidad ecuatoriana (Bioweb) [13].

2.4 Análisis de datos

Los datos obtenidos en campo se organizaron en una hoja de cálculo en el programa Microsoft Office Excel, para determinar la riqueza, abundancia total, abundancia relativa y la curva de acumulación de especies (Tabla 1). La diversidad se determinó en base a los índices de Shannon-Wiener (H'), Simpson ($1-D$) y Chao 1 [39], utilizando el software Past versión 4.03 [40]. De igual manera, se elaboró la curva de acumulación de especies para evaluar la riqueza de especies en

función de los días estudiados, mostrando así, un aumento en el número de especies acumuladas según va incrementando el esfuerzo de muestreo en un sitio, de tal manera que se establezca la asíntota en un punto máximo [41,42].

Tabla 1. Indicadores estructurales para calcular la diversidad de anfibios en la RECB.

Parámetros	Detalle
Riqueza de especies (S)	Número de especies distintas presentes en un tiempo y lugar determinado [43].
Abundancia total de individuos (N)	Se refiere al número total de individuos de cada especie [40].
Abundancia relativa (Pi)	Proporción o porcentaje del número de individuos por especie con respecto al total de individuos de un lugar determinado [39,44,45].
$Pi = \frac{\text{Nro. de individuos por especie}}{\text{Nro. total de individuos}} \times 100$	

2.5. Índices de diversidad

Para calcular la diversidad de anfibios se implementó diferentes índices como: Shannon – Wiener (H'), este permite medir la heterogeneidad de las especies en un área determinada, denotando la probabilidad de tomar un individuo al azar y que éste pertenezca a una especie de interés [46,47]. Mientras que, el Índice de Simpson representa la probabilidad de que dos individuos tomados al azar pertenezcan a la misma especie, estimando la dominancia de una especie en una comunidad [48–50] (Tabla 2).

Tabla 2. Indicadores estructurales para calcular la diversidad de anfibios en la RECB.

	Fórmula	Valores	Significado
Shannon–Wiener	$H' = -\sum (P_i * \log_n P_i)$	< 2	Diversidad baja
		2 – 3,5	Diversidad media
		> 3,5	Diversidad alta
Simpson	$S = 1 - D$	0–0,33	Diversidad baja
		0,34–0,66	Diversidad media
		0,67– 1	Diversidad alta

2.5. Índice de Chao-1

Es un estimador no paramétrico de riqueza y abundancia de un área determinada, señalando así la cantidad de individuos pertenecientes a una especie, en algunos casos se clasifican en “especies

raras” a las que tienen un solo individuo mientras que, a las especies que tengan dos individuos se les considera “poco raras”. De esta manera se estima valores entre lo calculado y lo esperado [51,52].

3. Resultados

3.1. Riqueza de especies

En el área de estudio se registró una riqueza de 55 especies agrupadas en dos órdenes (Anura y Caudata). Las familias y especies del orden Anura fueron: Aromobatidae con 1 especie (*Allobates femoralis*); Bufonidae con 6 especies (*Amazophrynella siona*, *Rhaebo ecuadorensis*, *R. guttatus*, *Rhinella dapsilis*, *R. margaritifera* y *R. marina*); Centrolenidae con 1 especie (*Teratohyla midas*); Dendrobatidae con 4 especies (*Ameerega bilinguis*, *Hyloxalus cf. italoj*, *H. sauli* y *Hyloxalus sp.*); Hylidae con 17 especies (*Boana appendiculata*, *B. boans*, *B. cinerascens*, *B. lanciformis*, *B. nigra*, *B. ventrimaculata*, *Boana sp.1*, *Boana sp.2*, *Dendropsophus marmoratus*, *Nyctimantis rugiceps*, *Osteocephalus buckleyi*, *O. fuscifacies*, *O. mutabor*, *O. planiceps*, *O. taurinus*, *Phyllomedusa vaillantii* y *Scinax ruber*); Leptodactylidae con 5 especies (*Adenomera andreae*, *Engystomops petersi*, *Leptodactylus pentadactylus*, *L. rhodomystax* y *Lithodytes lineatus*); Ranidae con 1 especie (*Rana palmipes*); Strabomantidae con 19 especies (*Oreobates quixensis*, *Pristimantis cf. librarius*, *P. acuminatus*, *P. altamazonicus*, *P. altamnis*, *P. aureolineatus*, *P. brevicrus*, *P. croceoinguinis*, *P. delius*, *P. diadematus*, *P. lacrimosus*, *P. lanthanites*, *P. limoncochensis*, *P. malkini*, *P. martiae*, *P. matidiktyo*, *P. paululus*, *P. variabilis* y *Pristimantis sp.*) y en el orden Caudata se registró la familia: Plethodontidae con 1 especie (*Bolitoglossa peruviana*) (Ver Figura 2).

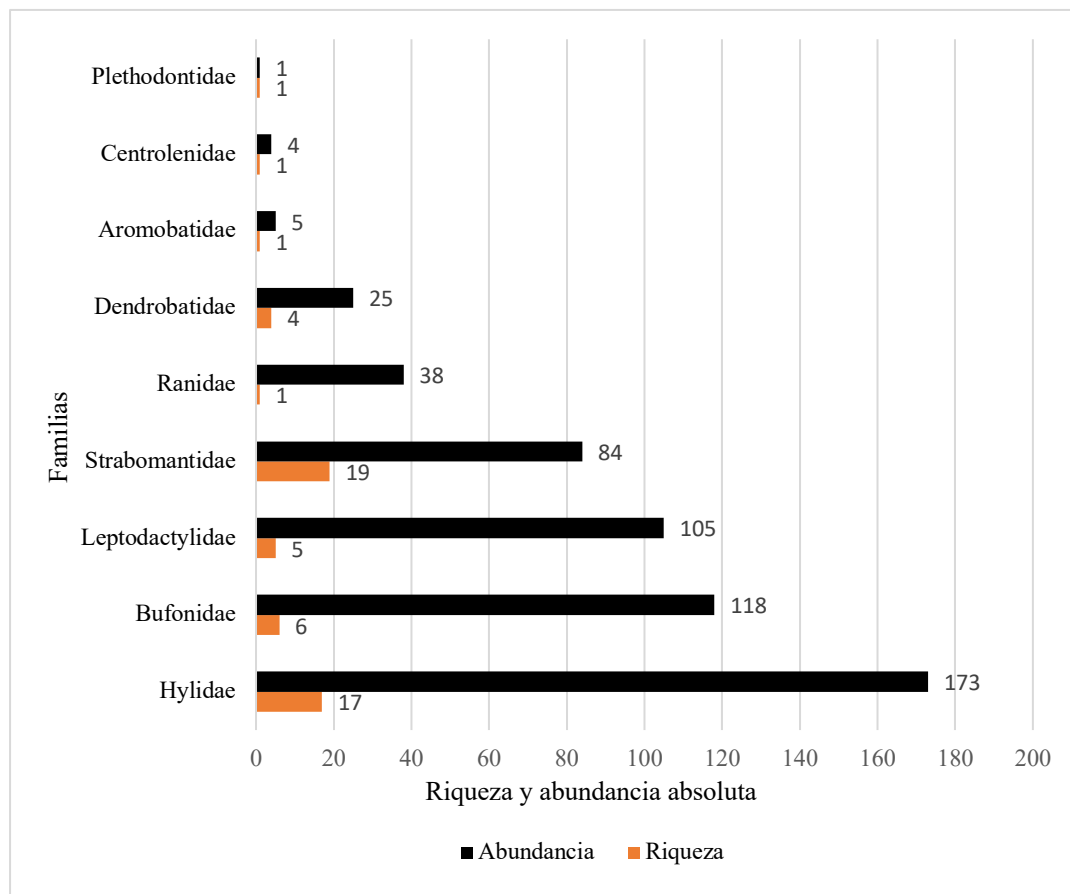


Figura 2. Riqueza y abundancia de anfibios de la Guardianía Avié.

3.2. Abundancia total de individuos y abundancias relativa.

En los 12 transectos lineales establecidos dentro del área de estudio, se registró un total de 2 órdenes, 9 familias, 21 géneros, 55 especies y 553 individuos. Mientras que, los valores de abundancia relativa de las especies encontradas fueron: *Adenomera andreae* con 73 individuos ($P_i = 0,13$), *Osteocephalus fuscifacies* con 46 individuos ($P_i = 0,08$), *Rana palmipes* con 38 individuos ($P_i = 0,07$), *Rhinella margaritifera* con 37 individuos ($P_i = 0,07$), *Amazophrynella siona* con 34 individuos ($P_i = 0,06$), *Rhinella marina* con 30 individuos ($P_i = 0,05$), *Osteocephalus planiceps* con 22 individuos ($P_i = 0,04$), y las especies *Boana nigra*, *Boana sp.1*, *Bolitoglossa peruviana*, *Engystomops petersi*, *Hyloxalus sauli*, *Hyloxalus sp.*, *Nyctimantis rugiceps*, *Pristimantis cf. librarius*, *P. aureolineatus*, *P. lacrimosus*, *P. lanthanites*, *P. matidiktyo*, *P. paululus*, *P. variabilis* y *Pristimantis sp.* registraron 1 individuo cada una alcanzando un ($P_i = 0,002$) (Figura 3).

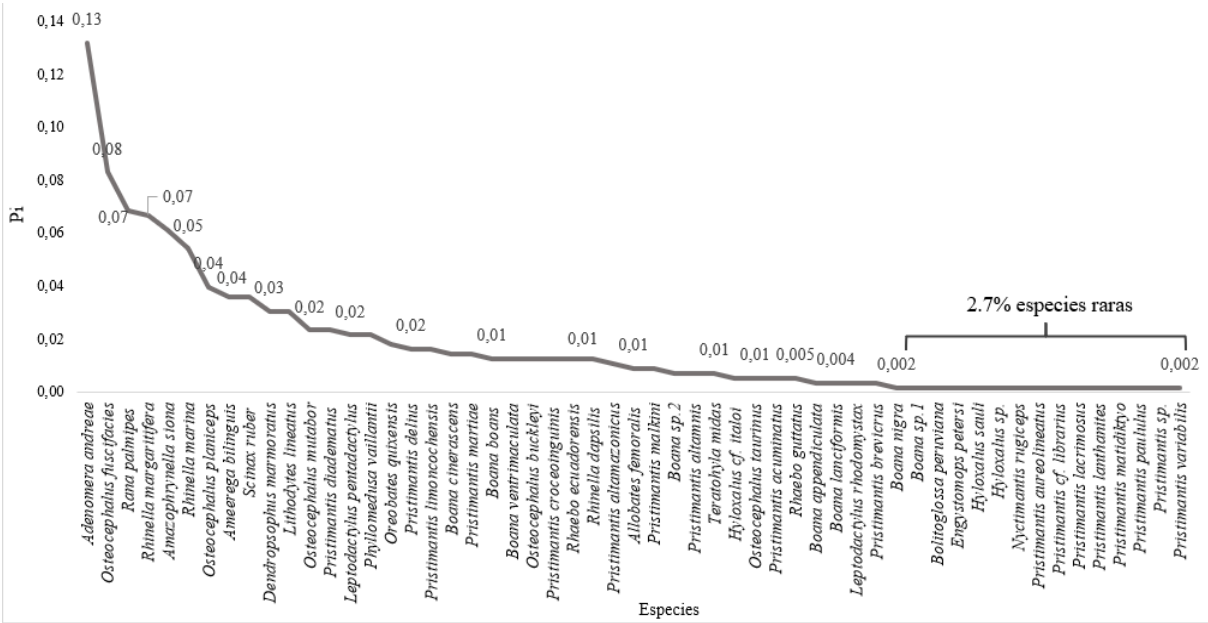


Figura 3. Abundancia relativa (Pi) de las especies registradas en la Guardianía Avié.

3.3. Diversidad

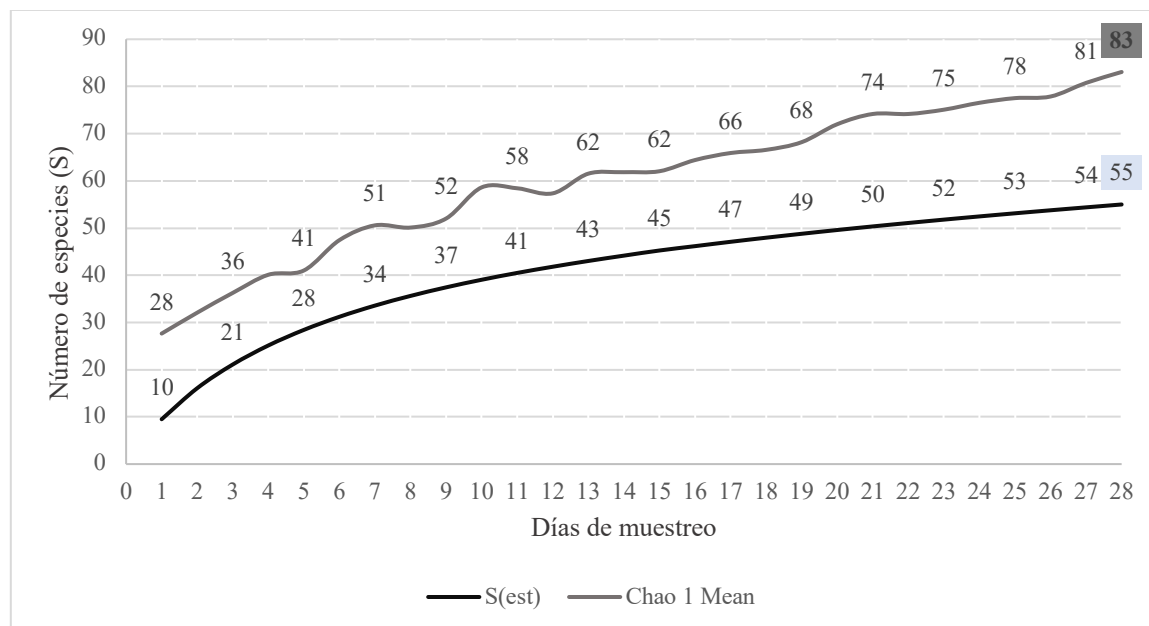
Según los índices utilizados para determinar la diversidad: Shannon–Wiener dio un valor de 3.36 lo que significa que en el área de estudio existe una diversidad media de anfibiofauna, mientras que el índice de Simpson reflejó un valor de 0.95 estableciendo una diversidad alta (ver en la Tabla 3).

Tabla 3. Índices de diversidad alfa para la RECB.

Índice	Valor
Shannon – Wiener (H')	3.36
Simpson _1-D	0.95

3.4. Curva de acumulación de especies

La curva de acumulación mostró un incremento progresivo en el número de especies conforme transcurre los días de muestreo, pero esta no alcanzó la asíntota, dado que se registraron un total de 55 especies de anfibios, cifra que se encuentra por debajo del número de especies esperadas según el estimador no paramétrico Chao 1 el cual calculó un total de 83 especies (Figura 4). La eficiencia del muestreo con relación al estimador fue del 66.3% de la riqueza total, lo que sugiere emplear un mayor esfuerzo de muestreo para incrementar el número de especies.



Nota. La curva de acumulación muestra la riqueza de especies observadas y estimadas en la Guardianía Avié.

Figura 4. Curva de acumulación de especies y estimador Chao 1.

4. Discusión

La abundancia total registrada de anfibios fue de 553 individuos durante 28 días de muestreo en la Guardianía Avié, cuyos resultados son relativamente altos en comparación a los obtenidos por Araújo et al. [53], quienes aplicaron 20 días de muestreo y obtuvieron 103 individuos, a pesar que ambos estudios aplicaron un esfuerzo de muestreo similar la cantidad de individuos recolectados difiere significativamente. Además, en la presente investigación realizada en la Guardianía Avié la familia Hylidae es la más representativa con 173 individuos, datos que son congruentes con lo indicado por Arriaga et al. [54] quienes identificaron que esta familia fue la más dominante con 96 individuos en el Centro de Investigaciones Amazónicas Macagual. Esto se atribuye al tipo de estrato arbóreo y presencia de cuerpos de agua, que favorecen la riqueza de esta familia [55]. La zona de estudio posee condiciones similares dado a la influencia de caudales como el río Bermejo, Chandia Na'en, Boca Chico y pequeños esteros [19].

Dentro del área de estudio la especie *Adenomera andreae* fue la más abundante representando el 13.20% del total de individuos, seguido por *Osteocephalus fuscifacies* 8.31%, *Rana palmipes* 6.87%, a diferencia de *Boana nigra*, *Bolitoglossa peruviana*, *Pristimantis lanthanites*, *P. matidiktyo* y *P. paululus* con una representatividad de 0.20% cada una, considerándose especies raras. Los datos obtenidos no son congruentes con lo indicado por Ortega [56] en el estudio de diversidad de

anuros en el bosque siempre verde piemontano y bosque siempre verde de tierras bajas donde identificó que la especie más abundante fue *Rhinella marina* 11.27% y *Hyloxalus bocagei* 9.86%, mientras que las especies raras fueron *Allobates zaparo* y *Ameerega hahneli* con el 1.41%. Estas especies tienen una amplia distribución en la Amazonía ecuatoriana, siendo comunes en ambientes húmedos y poco intervenidos, por lo tanto, la conservación natural del bosque siempre verde ha sido fundamental al momento de registrar especies [31].

En el área de investigación del bosque siempreverde de tierras bajas perteneciente a la Reserva Ecológica Cofán Bermejo se obtuvo una riqueza de 55 especies de anfibios registradas para la Amazonia ecuatoriana. Se encontraron especies endémicas de los bosques amazónicos como: *Osteocephalus fuscifacies*, *Pristimantis altamnis*, *Pristimantis cf. librarius*, *Pristimantis matidiktyo* y *Pristimantis paululus*. La familia Strabomantidae se caracterizó por ser dominante con 19 especies, cuyos datos concuerdan con la investigación de herpetofauna ejecutada por Betancourth-Cundar et al. [57] en el Centro Experimental Amazónico, donde reportó que esta familia fue representativa con 12 especies. El género *Pristimantis* es considerado el más diverso de los anfibios [12], siendo en Ecuador uno de los géneros con más especies y un número importante de endemismo, porque los especímenes pertenecientes a esta categoría taxonómica tienen una amplia adaptabilidad a diversos hábitats [58].

Los valores obtenidos de diversidad tienen concordancia con los resultados de Almendáriz [59], en un estudio de diversidad de anfibios realizado en un bosque húmedo de la amazonia, donde según el índice de Shannon-Wiener se registró una diversidad media (3.31), siendo similar al de esta investigación. Así mismo en el estudio de Carrión [60] ejecutado en un bosque húmedo tropical, reportó que el índice de Simpson alcanzó 0.75, cuyo valor se atribuye a una alta diversidad taxonómica, por lo tanto, es semejante al presente estudio.

5. Conclusión

En la Guardianía Avié se registró 2 órdenes, 55 especies y 553 individuos de anfibios. La especie más abundante fue *Adenomera andreae* con 73 individuos y un Pi de 0.13, mientras que 15 especies fueron consideradas raras con 1 solo individuo y un Pi de 0.002 cada una, representando el 2.7% de la abundancia total.

De la riqueza encontrada el índice de Shannon-Wiener (H') determinó que la diversidad de anfibios asociada al área de estudio es media (3.36) y Simpson 1-D reflejó una diversidad alta

(0.95). Esto se debe a que en la zona de investigación existen diferentes condiciones ecológicas como la presencia de microhábitats, humedad, temperatura, baja luminosidad, cuerpos de agua, materia orgánica (hojarasca, troncos en descomposición y ramas caídas) y vegetación densa.

Contribución de autores: Idea y conceptualización, J. R y N. G-J; metodología, J. R, N. G-J y A. C; validación, J. R y A. C; investigación, J. R y N. G-J; redacción, J. R, N. G-J y A. C; revisión, N. G-J y A. C.

Financiamiento: Los autores financiaron a integridad el estudio.

Conflictos de interés: Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Referencias

1. Kricher J. Un Compañero Neotropical [Internet]. 2.^a ed. Jaramillo A, Segura L, editores. American Birding Association; 2010. Disponible en: <https://www.aba.org/aneotropicalcompanion.pdf>
2. Cayuela L, Cerda IG de la. Biodiversidad y conservación de bosques neotropicales: Ecosistemas [Internet]. 2012;21(1-2). Disponible en: <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/7>
3. Acosta-Galvis A, Señaris C, Rojas-Runjaic F, Riaño-Pinzón D. Anfibios y reptiles. En: Lasso C, Usma J, Trujillo F, Rial A, editores. Biodiversidad de la cuenca del Orinoco: bases científicas para la identificación de áreas prioritarias para la conservación y uso sostenible de la biodiversidad [Internet]. Bogotá, D.C., Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, WWF Colombia, Fundación Omacha, Fundación La Salle de Ciencias Naturales e Instituto de Estudios de la Orinoquia (Universidad Nacional de Colombia); 2010. p. 258-89. Disponible en: <https://omacha.org/wp-content/uploads/2019/06/biodiversidad-de-la-cuenca-del-orinoco.pdf>
4. Noguera-Urbano E, Escalante T. Áreas de endemismo de los mamíferos (Mammalia) neotropicales. Acta Biológica Colomb [Internet]. 2015;20(3):47-65. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0120-548X2015000300004&lng=en&nrm=iso&tlng=es
5. Tonella LH, Ruaro R, Daga VS, Garcia DAZ, Vitorino Júnior OB, Lobato-de Magalhães T, et al. NEOTROPICAL FRESHWATER FISHES: A dataset of occurrence and abundance of freshwater fishes in the Neotropics. Ecology [Internet]. 2023;104(4):e3713. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/ecy.3713>
6. Vuilleumier F. Biogeografía de aves en el neotrópico: jerarquías conceptuales y perspectivas para futuras investigaciones. Rev Chil Hist Nat. 1993;
7. UNDP. América Latina y el Caribe: una superpotencia en biodiversidad [Internet]. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. 2013. Disponible en: <https://www.undp.org/es/latin-america/publicaciones/latin-america-and-caribbean-biodiversity-super-power>

8. Rojas-Morales J, Cabrera-Vargas F. Ampliación del área de distribución de la rana minadora, *Hamptophryne boliviana* (Parker, 1927) (Amphibia: Anura: Microhylidae), en el noroccidente amazónico, Colombia. Paz A, editor. *Rev Latinoam Herpetol.* 2023;6:39–45.
9. Yáñez-Muñoz M, Batallas R D, Franco-Mena D, Meza-Ramos P, Oyagata L, Padilla D, et al. Anfibios en los Ecosistemas Andino-Tropicales de la provincia del Carchi. Serie de Publicaciones del Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial del Carchi y el Instituto Nacional de Biodiversidad [Internet]. INABIO –GADPC; 2020. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/344453434_Anfibios_en_los_Ecosistemas_Andino-Tropicales_de_la_provincia_del_Carchi
10. Veintimilla D, Salinas K, Aguirre N. Patrones de diversidad de Anuros en el ecosistema páramo del Parque Nacional Podocarpus. *CEDAMAZ* [Internet]. 2012;2(1). Disponible en: <https://revistas.unl.edu.ec/index.php/cedamaz/article/view/105>
11. Bonino M, Pueta M, Perotti MG, Úbeda CA. Sobre ranas y sapos: Bariloche y sus alrededores albergan un grupo de organismos poco conocidos por sus pobladores, los anfibios, que ocupan ambientes tan diferentes como la árida estepa o la húmeda selva valdiviana. 2022;19(34). Disponible en: <https://desdelapatagonia.uncoma.edu.ar/wp-content/uploads/2022/12/1.-Revista-No-34-BONINO-ET-AL.pdf>
12. Frost D. Especies de anfibios del mundo [Internet]. American Museum of Natural History. 2023. Disponible en: <https://amphibiansoftheworld.amnh.org/>
13. Ron S, Merino A, Ortiz D. Anfibios Ecuador [Internet]. Biowed. 2023 [citado 5 de enero de 2024]. Disponible en: <https://bioweb.bio/faunaweb/amphibiaweb/>
14. Ron S, Merino-Viteri A, Ortiz D. Anfibios del Ecuador [Internet]. Museo de Zoología, Pontificia Universidad Católica del Ecuador; 2021 [citado 7 de febrero de 2024]. Disponible en: <https://bioweb.bio/faunaweb/amphibiaweb>
15. Yáñez-Muñoz M, Bejarano-Muñoz P, Altamirano M. DIVERSIDAD DE LA HERPETOFAUNA EN EL SECTOR SANTA ELENA, PROV. SUCUMBÍOS, ECUADOR [Internet]. Ecuador; 2010 [citado 28 de marzo de 2024]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/292158234_DIVERSIDAD_DE_LA_HERPETOFAUNA_EN_EL_SECTOR_SANTA_ELENA_PROV_SUCUMBIOS_ECUADOR
16. Dueñas M, Báez L. ANFIBIOS y REPTILES de Lumbaquí, Sucumbíos, Ecuador [Internet]. 2021. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/350060780_ANFIBIOS_y_REPTILES_de_Lumbaqui_Sucumbios_Ecuador
17. Pitman N, Moskovits D, Borman R. Details – Ecuador: Serranías Cofán – Bermejo, Sinangoe [Internet]. 2002. Disponible en: <https://www.biodiversitylibrary.org/bibliography/99281>
18. Ministerio del Ambiente del Ecuador. Sistema de Clasificación de los Ecosistemas del Ecuador Continental [Internet]. 2013 [citado 7 de enero de 2024]. Disponible en: <http://archive.org/details/ecosistemas-del-ecuador-2013>

19. Ministerio del Ambiente. Reserva Ecológica Cofán Bermejo [Internet]. Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Ecuador. 2015. Disponible en: <http://areasprotegidas.ambiente.gob.ec/es/areas-protegidas/reserva-ecol%C3%B3gica-cof%C3%A1n-bermejo>
20. Alvear KL. La Explotación de Recursos Naturales en las Zonas Intangibles. Proyecto de Investigación previo a la obtención del Título de Abogada. [Internet]. Quito: UCE; 2016 [citado 7 de enero de 2025]. Disponible en: <https://www.dspace.uce.edu.ec/entities/publication/www.dspace.uce.edu.ec>
21. INAMHI. Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología [Internet]. 2015 [citado 24 de marzo de 2024]. Disponible en: <http://www.serviciometeorologico.gob.ec>
22. Tobar C. Composición y diversidad de la herpetofauna en cuatro localidades de la provincia del Carchi del área de intervención del Proyecto Gisrena. En: Boada C, Campaña J, editores. Composición y diversidad de la flora y la fauna en cuatro localidades de la provincia del Carchi [Internet]. Quito: EcoCiencia y GPC; 2008 [citado 8 de enero de 2024]. p. 93. Disponible en: <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/56511.pdf>
23. Vite-Silva VD, Ramírez-Bautista A, Hernández-Salinas U. Diversidad de anfibios y reptiles de la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán, Hidalgo, México. *Rev Mex Biodivers* [Internet]. 2010 [citado 19 de enero de 2024];81(2):473–85. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1870-34532010000200020&lng=es&nrm=iso&tlng=es
24. González R, Avella A, Díaz J. Plataformas de monitoreo para vegetación: toma y análisis de datos. En: Aguilar-Garavito M, Ramírez W, editores. Monitoreo a procesos de restauración ecológica, aplicado a ecosistemas terrestres [Internet]. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH); 2015. p. 87–107. Disponible en: http://repository.humboldt.org.co/bitstream/handle/20.500.11761/9281/monitoreo_restauracion_baja_1.pdf?sequence=1
25. Narváez V, Zapata-Ríos G. Manual para el Muestreo de Fauna Silvestre con Transectos Lineales [Internet]. Quito: Wildlife Conservation Society; 2020. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Galo-Zapata-Rios/publication/343296023_Manual_para_el_Muestreo_de_Fauna_Silvestre_con_Transectos_Lineales/links/5f21fd9292851cd302c87900/Manual-para-el-Muestreo-de-Fauna-Silvestre-con-Transectos-Lineales.pdf
26. Angulo A, Rueda J, Rodríguez J, La Marca E. Técnicas de inventario y monitoreo para los anfibios de la región tropical andina [Internet]. Vol. 2. Bogotá: Panamericana Formas e Impresos S.A; 2006. 298 p. Disponible en: <https://www.amphibians.org/wp-content/uploads/2018/12/Monitoreo-de-anfibios-baja-final.pdf>
27. Córdova J, Torres C, Suárez J, Williams J. Anfibios y Reptiles. La Plata, Argentina: Programa de Monitoreo de la Biodiversidad en Camisea. *Diversidad Biológica En La Amazonía Peruana*; 2009. 166–195 p.

28. Meza P. Diversidad de anfibios y reptiles asociados a dos ambientes con diferente tipo de intervención antropica en el cantón La Concordia, Prov. Santo Domingo De Los Tsáchilas. [Internet]. 2015 [citado 6 de enero de 2024]. Disponible en: <https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/1094/1/DIVERSIDAD DE ANFIBIOS Y REPTILES ASOCIADOS A DOS AMBIENTES .pdf>
29. Reyes-Puig C, Meza-Ramos P, Dueñas M, Bejarano-Muñoz P, Reyes-Puig J, Yáñez-Muñoz M. Guía de Identificación de Anfibios y Reptiles Comunes de la Estación Experimental “La Favorita”. [Internet]. Quito-Ecuador: Serie de Publicaciones Museo Ecuatoriano de Ciencias Naturales del Instituto Nacional de Biodiversidad (INBMECN); 2015. Disponible en: http://inabio.biodiversidad.gob.ec/wp-content/uploads/2018/12/L_Identificacion_de_anfibios_y_reptiles_la_favorita-1.pdf
30. Flores V. DIVERSIDAD Y ABUNDANCIA DE ANFIBIOS EN EL BOSQUE PROTECTOR CHONGÓN – COLONCHE COMUNA DOS MANGAS, PROVINCIA DE SANTA ELENA – ECUADOR [Internet]. 2022 [citado 6 de enero de 2024]. Disponible en: <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/9641/1/UPSE-TBI-2023-0009.pdf>
31. Pulupa G. COMPOSICIÓN Y ESTRUCTURA DE LA HERPETOFAUNA EN DOS TIPOS DE BOSQUE EN LA PARROQUIA DE SHUSHUFINDI, PROVINCIA DE SUCUMBÍOS, PERÍODO 2011-2012. 2012 [citado 6 de enero de 2024]; Disponible en: <https://www.dspace.uce.edu.ec/server/api/core/bitstreams/8aedd2a6-0900-46c1-a933-c97376e0bfa6/content>
32. Sanchez L, Prieto Y, Maroli M, Virgolini A. EFECTIVIDAD DE DIFERENTES TÉCNICAS DE REGISTRO DE ANFIBIOS EN UN HUMEDAL LACUSTRE TEMPLADO DEL CENTRO-ESTE DE ARGENTINA. *Rev Latinoam Herpetol* [Internet]. 8 de febrero de 2023 [citado 6 de enero de 2024];6(01):10-22. Disponible en: <https://herpetologia.fciencias.unam.mx/index.php/revista/article/view/585>
33. Betancourt R, Romo F, Chungandro D, Baldeón P. ANFIBIOS Y REPTILES DEL VALLE DEL RÍO QUIMI- Estribaciones de la Cordillera del Cóndor, Zamora Chinchipe – ECUADOR [Internet]. Field Museum; 2018 [citado 24 de noviembre de 2023]. Disponible en: https://fieldguides.fieldmuseum.org/sites/default/files/rapid-color-guides-pdfs/983_ecuador_amphibians_reptiles_of_quimi_river_0.pdf
34. Borzée A, Yi Y, Maynard R. Napo Province – Anfibios de la Reserva Natural Selva Viva [Internet]. Field Museum. 2020 [citado 12 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://fieldguides.fieldmuseum.org/es/gu%C3%ADas/gu%C3%ADa/1213>
35. Bustamante M. Ranas de la Amazonía Ecuatorina. The Field Museum [Internet]. 2016 [citado 6 de enero de 2024]; Disponible en: https://fieldguides.fieldmuseum.org/sites/default/files/rapid-color-guides-pdfs/193_ecuador_ranas_de_la_amazonia_v3.pdf
36. Maynard R, Lynch R, Hamilton P. Orellana – Anfibios de San José de Payamino [Internet]. Field Museum. 2016 [citado 23 de marzo de 2024]. Disponible en: <https://fieldguides.fieldmuseum.org/es/gu%C3%ADas/gu%C3%ADa/749>

37. Proaño A, Orellana-Vásquez H, Barragán-Tabares L, Báez L. Herpetofauna de la Estación Científica Agroecológica Fátima, Puyo, Pastaza. The Field Museum; 2017.
38. Ortega-Andrade M. ANFIBIOS y REPTILES de la CENTRO-AMAZONIA de ECUADOR: Los Territorios indígenas Achuar, Shiwiar y Sápara de la Cuenca del río Pastaza [Internet]. The Field Museum; 2010 [citado 2 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://multimedia20stg.blob.core.windows.net/publicaciones/Ortega2010b.pdf>
39. Moreno C. Métodos para medir la biodiversidad. MT-Manuales Tesis SEA [Internet]. 2001 [citado 6 de enero de 2024];1:84. Disponible en: <http://entomologia.rediris.es/sea/manytes/metodos.pdf>
40. Hammer O, Harper D, Ryan P. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. Paleontol Mus [Internet]. 2001 [citado 6 de enero de 2024]; Disponible en: https://palaeo-electronica.org/2001_1/past/past.pdf
41. Rubio D. Cálculo del índice de biodiversidad de especies faunísticas en el Bosque Protector Aguarongo. Repositorio Univ Politécnica Sales [Internet]. 2016 [citado 6 de enero de 2024];73. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/11895/1/UPS-CT005647.pdf>
42. Jiménez-Valverde A, Hortal J. Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos. Rev Ibérica Aracnol [Internet]. 2003 [citado 6 de enero de 2024];(8):151-61. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=787222>
43. Melic A. Biodiversidad y riqueza biológica. Paradojas y problemas. Zapateri [Internet]. 1993 [citado 6 de enero de 2024]; Disponible en: http://sea-entomologia.org/PDF/ZAPATERI_3/Z03-015-097.pdf
44. Aguirre Z. GUÍA DE MÉTODOS PARA MEDIR LA BIODIVERSIDAD [Internet]. Universidad Nacional de Loja; 2013 [citado 6 de enero de 2024]. Disponible en: <https://zhofreaguirre.files.wordpress.com/2012/03/guia-para-medic3b3n-de-la-biodiversidad-octubre-7-2011.pdf>
45. Lira-Torres I, Briones-Salas M. Abundancia relativa y patrones de actividad de los mamíferos de los Chimalapas, Oaxaca, México. Acta Zool Mex [Internet]. 5 de diciembre de 2012 [citado 6 de enero de 2024];28(3):566-85. Disponible en: <https://azm.ojs.inacol.mx/index.php/azm/article/view/859>
46. Cadena-Rico S, Leyte-Manrique A, Hernández-Salinas U. Herpetofauna de la cuenca baja del Río Temascatio, Irapuato, Guanajuato, México. Acta Zool Mex [Internet]. 30 de abril de 2020 [citado 6 de enero de 2024];36:1-14. Disponible en: <https://azm.ojs.inacol.mx/index.php/azm/article/view/2231>
47. Pla L. Biodiversidad: Inferencia basada en el índice de Shannon y la riqueza. INCI [Internet]. agosto de 2006 [citado 6 de enero de 2024];31(8):583-90. Disponible en: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0378-18442006000800008&lng=es&nrm=iso&tlng=es

48. Bautista S. Patrones de diversidad alfa y beta para quince complejos de páramo de Colombia. Inst Investig Recur Biológicos Alexander Von Humboldt [Internet]. 2020 [citado 6 de enero de 2024]; Disponible en: <http://repository.humboldt.org.co/handle/20.500.11761/35653>
49. Espinosa C. Medidas de Alpha Diversidad [Internet]. 2019 [citado 6 de enero de 2024]. Disponible en: <https://ciespinosa.github.io/AlphaDiversidad/>
50. Salmerón López A, Geada López G, Fagilde Espinoza M del C. Propuesta de un índice de diversidad funcional: Aplicación a un bosque micrófilo semideciduo del oriente de Cuba. Bosque Valdivia [Internet]. 2017 [citado 6 de enero de 2024];38(3):457–66. Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0717-92002017000300003&lng=en&nrm=iso&tlng=en
51. Bravo T. Presencia y abundancia de ectoparásitos en comunidades de roedores silvestres en el macizo del Cajas. 2015 [citado 6 de enero de 2024]; Disponible en: <https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/4896/1/11337.pdf>
52. Escalante T. Los estimadores no paramétricos de Chao. Elem Cienc Cult [Internet]. 2003 [citado 6 de enero de 2024];(52):53–6. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/294/29405209.pdf>
53. Araújo E, Hernández E, Bezerra F. HERPETOFAUNA DE LAS PROXIMIDADES DE LA CAVERNA PLANALTINA, BRASIL NOVO, PARÁ (AMAZONIA BRASILEÑA). Herpetotropicos [Internet]. 2013 [citado 25 de marzo de 2024];9(1–2):14. Disponible en: https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/56050006/_LIDO_HERPETOFAUNA_DE_LAS_PROXIMIDADES_DE_LA_CAVERNA-libre.pdf?1520993394=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DHERPETOFAUNA_DE_LAS_PROXIMIDADES_DE_LA_C.pdf&Expires=1711389148&Signature=Pzr8VkuzHMxrX79gCiZyCWgOJyRok8qG9Syy49-NTEcf3Uin6jeopusmeDuv9Vm5r28no2sXJHBUD~7Rtk4rcaK-EDBH1tbuN6FTk-AW6l44qDs9s39uRJBx8K6G2-NbxD84sfODwRZgD3mMNS3YJtNo67Al2wCQspeqMsAJeOd9Jil0EPajoo1jEKnSG8oGL-20VclTji~SCTnuMZzN5OvolHYs7P360iJx9d67QArH2fR77G3w3mhj8CCXQQ0XHO1tzi5Lf98TkIjXJ717HFDSK7r5knU-G61rPQDUEGz2sg0b7ngeFpM7iUW-NUPKltxie6r~KFX5y8wXipa5zg__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA
54. Arriaga N, Obregon-Paz N, Ruiz-Valderrama D. Diversidad de anuros en humedales del Centro de Investigación Amazónica Macagual, Florencia, Caquetá, Colombia. Rev Biodivers Neotropical [Internet]. 2014 [citado 17 de enero de 2024];4(1):42–8. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5168088>
55. Tapia C, López-Rojas J, Pérez-Peña P. Diversidad de anfibios y reptiles en el interfluvio Putumayo–Napo–Amazonas, al norte de la Amazonía Peruana. Rev Inst Investig Amaz Peru. 2020;29(2):321–51.
56. Ortega V. Clasificación y tipificación de la diversidad de anuros en función de la gradiente altitudinal, en la zona de amortiguamiento de la Reserva Ecológica Cofán Bermejo de la Parroquia el Dorado de Cascales, provincia de Sucumbíos [Internet] [Tesis]. [Loja – Ecuador]: Universidad Nacional de Loja; 2016 [citado 19 de enero de 2024]. Disponible en: <https://dspace.unl.edu.ec/bitstream/123456789/14686/1/Ver%C3%B3nica%20Yajaira%20>

Ortega%20Eira.pdf?fbclid=IwAR2XK7x6Nf3IMdF7dBGKWM73PMfELse1nIcVfNgC1E00RvOkZwNdoRu65tE

57. Betancourth-Cundar M, Gutiérrez A. ASPECTOS ECOLÓGICOS DE LA HERPETOFAUNA DEL CENTRO EXPERIMENTAL AMAZÓNICO, PUTUMAYO, COLOMBIA. Soc Venez Ecol [Internet]. 2010 [citado 13 de enero de 2024];23(2). Disponible en: https://www.corpoamazonia.gov.co/images/Publicaciones/6.%202012_Anfibios_CEA/5_2012_Anfibios_CEA.pdf
58. Brito J, Batallas D, Yáñez-Muñoz M. Ranas terrestres Pristimantis (Anura: Craugastoridae) de los bosques montanos del río Upano, Ecuador: Lista anotada, patrones de diversidad y descripción de cuatro especies nuevas. Neotropical Biodivers [Internet]. 1 de enero de 2017 [citado 16 de enero de 2024];3(1):125–56. Disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/23766808.2017.1299529>
59. Almendáriz A. Anfibios y reptiles. En: Albuja L, editor. Fauna de Guiyero – Parque Nacional Yasuní [Internet]. EcoFondo; 2011 [citado 13 de enero de 2024]. p. 91–112. Disponible en: https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/6729/4/Yasuni_Anfibios-reptiles2011.pdf
60. Carrión F. Asociación de la comunidad de anuros en tres niveles de conservación de la reserva privada “El Madrigal” en la Región Sur del Ecuador [Tesis]. [Loja – Ecuador]: Universidad Nacional de Loja; 2019.



© 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

RESEARCH ARTICLE

Estudio de factibilidad sobre el uso de energía renovables (solar y eólica) en las viviendas.

Manuel Morocho Amaguaya ¹  Myriam Paulina Naula Barros ¹ 

¹ Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador

✉ Correspondencia: mmorocho_a@esPOCH.edu.ec  + 593 0999308809

DOI/URL: <https://doi.org/10.53313/gwj81209>

Resumen: El estudio tuvo como problemática la creciente preocupación mundial por el calentamiento global y las dependencias de fuentes de energía no renovables, lo que ha impulsado la búsqueda de alternativas sostenibles tanto a nivel global como a nivel local. Es por esto que el estudio se lo realizó en Riobamba, una ciudad ubicada en la región interandina del Ecuador, en donde el consumo energético residencial depende de fuentes convencionales, lo que genera problemas como la resiliencia a crisis energéticas como la que pasa actualmente el país. En este sentido se realizó una investigación de tipo mixto, combinando enfoques cuantitativos y cualitativos; además, se usó un muestreo estratificado, el cual permitió seleccionar las 382 viviendas en función de variables geográficas y socioeconómicas. Cabe mencionar como resultado que se obtuvo que Riobamba presenta un gran potencial para la energía solar debido a su prolongada radiación solar, con un promedio de 41.55%. A pesar de la variabilidad, los sistemas fotovoltaicos son técnicamente viables y económicamente rentables, con ahorros mensuales entre \$2.2 y \$3.6 USD por kW instalado. La energía eólica, aunque menos eficiente por la baja velocidad del viento, podría ser complementaria en áreas específicas, como las faldas del Chimborazo. Para una adopción masiva de energías renovables, especialmente solar, se requieren políticas públicas que incluyan subsidios, financiamiento accesible y programas educativos, lo cual contribuiría a la sostenibilidad energética y ambiental en la ciudad.

Palabras claves: Factibilidad, energía renovable, solar, eólica, Riobamba.

Feasibility study on the use of renewable energy in homes in the city of Riobamba

Abstract: The study addressed the growing global concern over climate change and the dependence on non-renewable energy sources, which has driven the search for sustainable alternatives both globally and locally. This is why the study was conducted in Riobamba, a city located in the inter-Andean region of Ecuador, where residential energy consumption depends on conventional sources, leading to problems



Cita: Manuel, M. A., & Myriam Paulina, N. B. (2025). Estudio de factibilidad sobre el uso de energía renovables (solar y eólica) en las viviendas. Green World Journal, 08(01), 209. <https://doi.org/10.53313/gwj81209>

Received: 01/April/2025

Accepted: 17/April/2025

Published: 25/April/2025

Prof. Carlos Mestanza-Ramón, PhD.
Editor-in-Chief / CaMeRa Editorial
editor@greenworldjournal.com

Editor's note: CaMeRa remains neutral with respect to legal claims resulting from published content. The responsibility for published information rests entirely with the authors.



© 2025 CaMeRa license, Green World Journal.
This article is an open access document distributed under the terms and conditions of the license.
Creative Commons Attribution [CC BY].
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>

such as resilience to energy crises like the one the country is currently experiencing. In this sense, a mixed-methods research was conducted, combining quantitative and qualitative approaches; additionally, a stratified sampling was used, which allowed for the selection of 382 households based on geographical and socioeconomic variables. It is worth mentioning as a result that it was found that Riobamba presents great potential for solar energy due to its prolonged solar radiation, with an average of 41.55%. Despite the variability, photovoltaic systems are technically viable and economically profitable, with monthly savings between \$2.2 and \$3.6 USD per installed kW. Wind energy, although less efficient due to the low wind speed, could be complementary in specific areas, such as the slopes of Chimborazo. For a massive adoption of renewable energies, especially solar, public policies are required that include subsidies, accessible financing, and educational programs, which would contribute to energy and environmental sustainability in the city.

Keywords: Feasibility, renewable energy, solar, wind, Riobamba.

1. Introducción

Desde el año 1973, la energía se ha convertido en una preocupación generalizada a nivel mundial. El aumento en la inquietud por los efectos del cambio climático, sumado a la urgencia de disminuir la dependencia de los combustibles fósiles, ha motivado el desarrollo y la adopción de fuentes de energía más sostenibles, tanto a nivel global como local [1]. Es en este contexto que las energías renovables se presentan como opciones viables para la transformación del sector residencial hacia un modelo energético más limpio y eficiente [2]. El creciente impacto del calentamiento global y la dependencia de fuentes de energía no renovables representan desafíos globales que también afectan a nivel local. En Riobamba, una ciudad ubicada en la región interandina de Ecuador, el consumo energético residencial depende mayoritariamente de fuentes convencionales, lo que genera problemas con el incremento de costo, emisiones de gases y una limitada resiliencia ante crisis energéticas [3]. Este panorama plantea la necesidad de explorar alternativas sostenibles, como el uso de energías renovables, para mitigar estos problemas y promover un desarrollo más equilibrado [3].

Entre las causas de esta problemática destaca la carencia de diversificación de las fuentes de energía en las viviendas, así como el desconocimiento de las capacidades locales para aprovechar recursos como el sol y el viento. Aunque Riobamba cuenta con condiciones climáticas propicias, como altos niveles de radiación solar y vientos estables, estas oportunidades no han sido plenamente explotadas debido a barreras técnicas, económicas y sociales [4]. La ausencia de estudios sobre la factibilidad de estas energías en la ciudad también limita la opción de tecnologías sostenibles en el ámbito residencial.

El desarrollo de energías renovables en las viviendas enfrenta varias limitaciones; entre estas se encuentran la falta de información técnica sobre el potencial local, los altos costos iniciales de la instalación, la escasa percepción de los beneficios a largo plazo y la posible resistencia cultural hacia tecnologías nuevas. Además, la adopción de estas energías requiere políticas públicas sólidas, programas de incentivos económicos y una educación ambiental que motive a la población a cambiar sus hábitos energéticos [5].

Este estudio es fundamental para justificar la importancia de las energías renovables en Riobamba, ya que no solo se enfoca en las soluciones técnicas, sino también en los aspectos sociales, culturales y económicos que determinan su éxito. La transición hacia fuentes de energía solar y eólica en las viviendas puede reducir la huella de carbono, fortalecer la economía local al reducir costos energéticos a largo plazo y posicionar a Riobamba como una ciudad comprometida con la sostenibilidad y el cuidado ambiental.

Los objetivos de esta investigación son evaluar la factibilidad técnica, económica y social del uso de energías solar y eólica en las viviendas de Riobamba. En primer lugar, se analizarán las características geográficas y climáticas de la ciudad para identificar las áreas con mayor potencial renovable. En segundo lugar, se estudiará la viabilidad económica y técnica de los sistemas de generación de energía renovable para hogares. De la misma manera se identificarán las barreras sociales y culturales que podrían dificultar la adopción de estas tecnologías y se propondrán estrategias para promover su aceptación.

2. Materiales y métodos

Este estudio se llevó a cabo mediante un enfoque mixto, combinando análisis cuantitativo y cualitativo con el objetivo de evaluar la factibilidad de la implementación de energías renovables en las viviendas de Riobamba. La investigación se desarrolló en dos fases principales: un análisis técnico y climático, y un análisis económico. Ambas fases permitieron obtener una visión integral sobre la viabilidad de estas tecnologías en la ciudad.

El análisis técnico y climático se realizó utilizando datos históricos de radiación solar y velocidad del viento, los cuales fueron obtenidos de estaciones meteorológicas locales, como la estación meteorológica de la ESPOCH. Estos datos proporcionaron información clave sobre el potencial de generación de energía solar y eólica en la zona urbana de Riobamba, permitiendo evaluar las condiciones climáticas necesarias para la implementación de sistemas de energía renovable en la región.

En cuanto al análisis económico, se desarrolló un análisis de las tecnologías disponibles en el mercado [solar y eólica]. El análisis incluyó la estimación de los costos de instalación, mantenimiento y operación de los sistemas, así como los beneficios potenciales y el retorno de inversión [ROI]. Se

consideraron los costos de instalación y mantenimiento de los sistemas, así como los ahorros a largo plazo.

Paralelamente, se llevó a cabo una encuesta estructurada dirigida a los habitantes de Riobamba para evaluar su percepción, conocimiento y disposición hacia la adopción de energías renovables. Esta encuesta incluyó preguntas sobre las barreras sociales y culturales que podrían influir en la aceptación de estas tecnologías.

Para asegurar la validez y confiabilidad del instrumento, se realizó una prueba piloto en un número reducido de viviendas, representando aproximadamente el 10% de la muestra total. Los resultados obtenidos de esta prueba piloto fueron analizados para llevar a cabo los ajustes necesarios en las preguntas y garantizar que los datos recolectados reflejen de manera precisa la percepción de los habitantes.

La población de este estudio estuvo constituida por las 122.991 viviendas de la ciudad de Riobamba [6]. Para garantizar la representatividad de los resultados, se utilizó un muestreo estratificado, segmentando la ciudad en diferentes estratos geográficos, socioeconómicos y de tipo de vivienda. La muestra total consistió en 382 viviendas seleccionadas de manera equilibrada para reflejar la diversidad geográfica y social de la población.

El muestreo estratificado permitió dividir la ciudad en cuatro zonas geográficas principales: norte, sur, este y oeste. Cada una de estas zonas se segmentó adicionalmente según tres niveles socioeconómicos [bajo, medio y alto] y dos tipos de viviendas predominantes [casas unifamiliares y departamentos]. Este enfoque garantizó que cada estrato estuviera adecuadamente representado en la muestra.

El proceso de selección de viviendas dentro de cada estrato fue aleatorio, lo que permitió asegurar que todas las áreas geográficas y socioeconómicas de la ciudad estuvieran adecuadamente cubiertas. Una vez seleccionadas las viviendas, se distribuyeron las encuestas a los hogares correspondientes, asegurando la participación de todos los grupos demográficos definidos en la muestra.

Los datos obtenidos de la encuesta fueron procesados mediante el uso de software estadístico especializado para llevar a cabo análisis descriptivos y comparativos. Esto permitió identificar patrones en las percepciones y actitudes de los habitantes hacia las energías renovables. Se realizó un análisis temático de los datos cualitativos para identificar tendencias y significados sobre las barreras culturales y sociales que pueden afectar la adopción de tecnologías renovables.

3. Resultados

Análisis técnico y climático de radiación solar y velocidad del viento

Los resultados del estudio técnico y climático fueron obtenidos utilizando los datos registrados por la estación meteorológica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, permiten evaluar el potencial de las fuentes renovables de energía en Riobamba. En el caso de la radiación solar, se analizaron los niveles promedio mensuales y anuales, mientras que para la velocidad del viento se consideraron las variaciones horarias y mensuales.

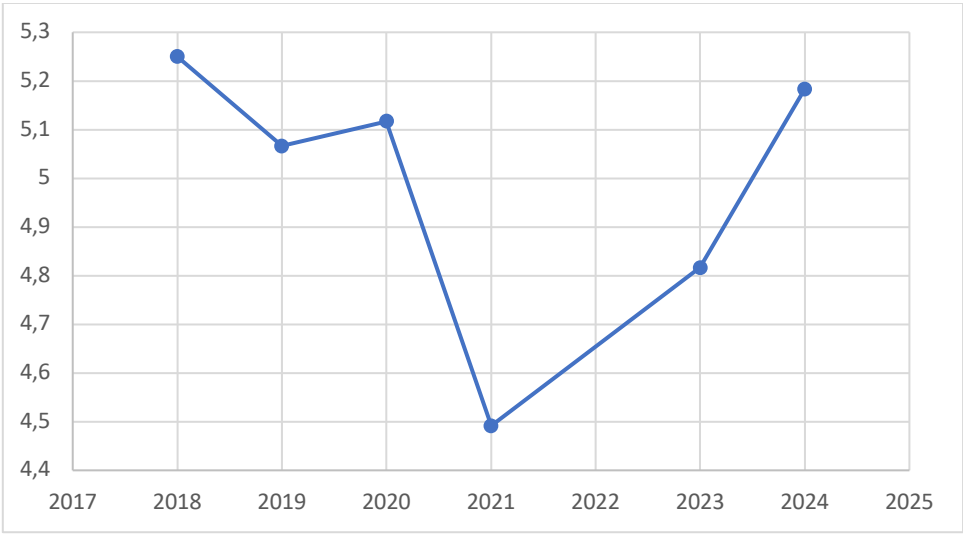
Tabla 1. Radiación solar

	Horas De Sol	Media Hora De Sol	Media En Porcentaje
Suma De Horas De Sol	10980	359,1	2992
Meses De Datos	72	72	72
Media De Radiación Solar	152,5	4,9875	41,55555556

El análisis de la radiación solar en Riobamba entre 2018 y 2024, basado en 72 meses de datos, revela un significativo potencial para aprovechar la energía solar, la suma de horas de sol durante este período alcanzó las 109 80 horas, con una media mensual de 359,1 horas. Esta consistencia en la radiación sugiere que los sistemas fotovoltaicos podrían ser una opción viable para satisfacer las necesidades energéticas de las viviendas en la ciudad.

Por otro lado, la media porcentual de radiación solar [41.55%] muestra que, aunque hay una buena cantidad de horas de sol disponibles, todavía hay periodos de nubosidad que reducen la eficiencia potencial de los sistemas solares. A pesar de ello, la constante disponibilidad de luz solar y la media de 4.98 horas de sol por día brindan una base sólida para la implementación de tecnologías solares, especialmente en sectores residenciales.

Grafico 1. Horas de sol anuales



Nota. Información obtenida de estación meteorológica ESPOCH

El gráfico refleja el comportamiento de las horas de sol en Riobamba durante el periodo de 2018 a 2024, basado en los datos obtenidos de la estación meteorológica de la ESPOCH. La suma total de horas de sol durante los 72 meses de datos fue de 10,980 horas, con una media mensual de 359.1 horas y una media en porcentaje de radiación solar de 41.55%.

Este análisis muestra que, aunque Riobamba experimenta una cantidad significativa de horas de sol, su eficiencia de radiación solar no es constante, debido a la presencia de nubes y variabilidad climática. A pesar de la alta disponibilidad de luz solar [aproximadamente 5 horas diarias], los períodos de nubosidad reducen la efectividad de los sistemas fotovoltaicos. Por otro lado, este

patrón de radiación solar sigue sugiriendo que los sistemas fotovoltaicos podrían ser una opción viable para satisfacer las necesidades energéticas en la ciudad.

La variabilidad observada, especialmente con un promedio de radiación solar de 41.55%, resalta la importancia de considerar tanto la cantidad de horas solares como los factores climáticos en la planificación de energías renovables, especialmente en contextos urbanos como el de Riobamba.

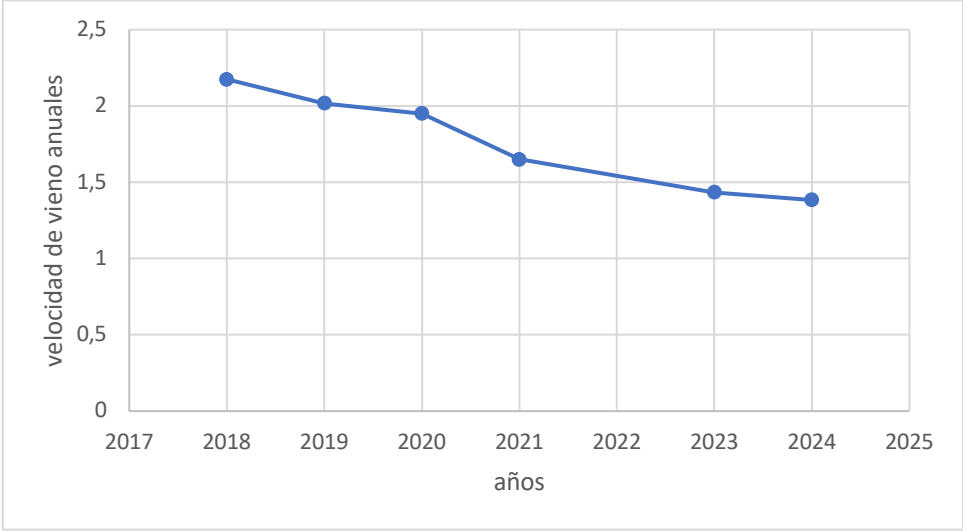
Tabla 2. Velocidad de viento

Suma de datos de velocidad de viento	128,1
Meses de datos	72
Media de velocidad de viento	1,779 m/s

El análisis de la velocidad del viento en Riobamba, obtenido entre 2018 y 2024, muestra una media de velocidad de viento de 1,779 m/s, lo que indica un flujo constante pero moderado. Aunque los vientos no alcanzan los 3 m/s, valor necesario para una eficiencia óptima en turbinas eólicas convencionales, esta velocidad podría ser adecuada para tecnologías de pequeña escala o turbinas diseñadas para bajas velocidades.

A pesar de que la velocidad del viento en Riobamba es relativamente baja, la suma total de datos de viento [128,1] durante 72 meses muestra cierta consistencia en los patrones. Por otro lado, la eficiencia en el aprovechamiento de la energía eólica en la ciudad será limitada debido a las condiciones de viento no tan fuertes. Esto sugiere que la energía solar podría ser una opción más viable para la región, mientras que la eólica podría implementarse en zonas con mejores condiciones.

Gráfico 2. Velocidad de viento anuales



Nota. Información obtenida de estación meteorológica ESPOCH

El gráfico muestra la velocidad anual promedio del viento en Riobamba entre 2018 y 2024, con un promedio de 1.779 m/s durante el período estudiado. A pesar de que los vientos en Riobamba no alcanzan una velocidad superior a los 3 m/s, los datos muestran una tendencia a la

baja en la velocidad del viento a lo largo de los años, con una disminución gradual desde el 2018 hasta el 2024.

Este patrón sugiere que, aunque la ciudad experimenta vientos relativamente constantes y de intensidad moderada, la eficiencia de las turbinas eólicas convencionales podría verse afectada por la falta de vientos fuertes. Con una velocidad de viento promedio de 1.779 m/s, la eficiencia de las turbinas tradicionales podría ser insuficiente para generar la cantidad esperada de energía.

La constante disminución de la velocidad del viento refuerza la necesidad de utilizar tecnologías de pequeña escala diseñadas específicamente para bajas velocidades de viento, si se desea aprovechar esta fuente de energía en la región. No obstante, debido a las bajas velocidades, la energía solar sigue siendo una opción más viable y eficaz para la región, mientras que la energía eólica debería implementarse en zonas con mejores condiciones de viento.

Análisis económico

Energía solar

Tabla 3. Información climática y recursos renovables

Promedio mensual de horas de sol	151,185 horas
Media diaria de horas de sol	4,94 horas.
Media porcentual de radiación solar	41,08%.
Eficiencia estimada de los paneles solares	15-20%
Potencial anual de generación solar	Utilizando el promedio de horas de sol y el área promedio de techos de viviendas, se puede estimar la energía generada [en kWh].

Nota. Realización propia

La tabla 3 muestra un promedio mensual de horas de sol de 151,185 horas y una media diaria de 4.94 horas de sol, lo que indica un buen potencial para la energía solar en la región. Por otro lado, la media porcentual de radiación solar de 41.08% sugiere que existen días nublados, lo que puede afectar la eficiencia de los sistemas solares.

Con una eficiencia estimada de paneles solares de entre el 15% y 20%, es necesario considerar que, aunque la radiación solar es considerable, la eficiencia de conversión podría limitar la cantidad de energía aprovechada. Para maximizar el rendimiento de los sistemas solares, sería clave optimizar el área de instalación y el diseño de los paneles.

Tabla 4. Costo de equipos y sistemas

Costo promedio de paneles solares [por kW instalado]	\$800 – \$1200 USD
Inversor solar	\$200 – \$400 USD por unidad, dependiendo de la capacidad
Baterías [opcional para sistemas autónomos]	\$300 – \$600 USD por unidad [litio-ion o AGM].

Estructura de soporte e instalación	\$200 – \$500 USD por sistema.
Costo total estimado por vivienda	\$1500 – \$2500 USD [para un sistema de 1 kW].

Nota. Realización propia

La tabla 4 presenta los costos de instalación de un sistema fotovoltaico residencial. El costo de los paneles solares varía entre \$800 y \$1200 USD por kW instalado, lo que hace accesible la opción solar, pero aún representa una inversión significativa. Además, los costos adicionales como el inversor y las baterías pueden incrementar el precio final.

El costo total estimado por vivienda oscila entre \$1500 y \$2500 USD para un sistema de 1 kW, lo que incluye la estructura de soporte e instalación. Aunque los precios son competitivos, la barrera del costo inicial sigue siendo un desafío para muchas familias, limitando la adopción de energía solar a largo plazo.

Producción energética

Cálculo básico de energía generada

$$E_{solar} = H * P * n$$

Donde

H= Horas de sol [4,94 diarias o 151,185 mensuales].

P= Potencia del sistema [por ejemplo, 1 kW].

n= Eficiencia del sistema [0,15 – 0,20].

Energía generada estimada: 22–30 kWh/mes por cada kW instalado.

Energía eólica

Tabla 5. Información climática y recursos renovables

Promedio de velocidad de viento	1,845 m/s.
Condiciones óptimas para turbinas	Se requieren sistemas diseñados para velocidades de viento bajas [< 3 m/s].
Zonas estratégicas	Faldas del Chimborazo

Nota. Realización propia

La tabla muestra que la velocidad media del viento es de 1.845 m/s. Esto indica que en Riobamba hay vientos constantes, pero no son lo suficientemente fuertes para usar turbinas eólicas convencionales de manera eficiente, ya que estas necesitan velocidades mayores a 3 m/s. Esto limita la viabilidad de la energía eólica como fuente principal.

La tabla señala que se necesitan sistemas para velocidades bajas, lo que permite investigar tecnologías eólicas adecuadas para estas condiciones, como las turbinas de eje vertical. Además, la zona estratégica en las faldas del Chimborazo podría ser un área clave para evaluar más a fondo su viabilidad eólica.

Tabla 6. Costos de equipos y sistemas

Costo promedio de turbinas de eje vertical [1-3 kW]	\$3000 – \$5000 USD.
Inversor híbrido	\$300 – \$600 USD.
Mantenimiento anual	\$50 – \$100 USD.
Costo total estimado por vivienda	\$4000 – \$6000 USD

Nota. Realización propia

La tabla 6 presenta el costo promedio de turbinas de eje vertical entre \$3000 y \$5000 USD para sistemas de 1 a 3 kW, lo que hace que la inversión en energía eólica sea considerablemente más alta que en energía solar. Además, el costo del inversor híbrido oscila entre \$300 y \$600 USD, lo cual aumenta el precio total.

El mantenimiento anual de las turbinas eólicas, con un costo de \$50 a \$100 USD, representa un gasto adicional en comparación con los sistemas solares. El costo total estimado por vivienda, que varía entre \$4000 y \$6000 USD, muestra que la energía eólica, aunque viable en zonas específicas, puede ser menos accesible para muchas familias debido al alto costo inicial y mantenimiento.

- Producción energética

Cálculo básico de energía generada

$$P_{eólica} = \frac{1}{2} * \rho * A * v^3 * \eta$$

Donde

ρ = 1.225kg/m³ [densidad del aire a nivel del mar, ajustada por altitud].

A= Área barrida por las aspas [en m²].

V= Velocidad del viento [1,845 m/s].

η = Eficiencia de la turbina [0,25 – 0,40].

Energía generada estimada: 5–10 kWh/mes por cada kW instalado [considerando bajas velocidades de viento].

Tabla 7. Ahorros y beneficios

Tarifa eléctrica residencial promedio en Ecuador	\$0,10 – \$0,12 USD/kWh.
--	--------------------------

	Solar: \$2,2 – \$3,6 USD/mes [por kW instalado].
Ahorro mensual estimado	Eólico: \$0,5 – \$1,2 USD/mes [por kW instalado].
Incentivos	Verificar subsidios o beneficios gubernamentales, como exoneraciones fiscales o financiamiento accesible.

Nota. Realización propia

La tarifa eléctrica residencial promedio en Ecuador de \$0,10 a \$0,12 USD/kWh es relativamente baja, lo que limita el atractivo inmediato de la adopción de energías renovables, ya que los ahorros mensuales estimados con sistemas solares son de \$2.2 a \$3.6 USD por kW instalado, lo que podría no justificar la inversión inicial alta para algunas familias.

El ahorro mensual estimado para energía eólica es considerablemente más bajo, de \$0,5 a \$1.2 USD por kW instalado, lo que refleja la menor viabilidad económica de esta tecnología en la región. Los incentivos gubernamentales, como exoneraciones fiscales o financiamiento accesible, serían clave para mejorar la adopción de estas tecnologías, especialmente la eólica.

Retorno de inversión

$$ROI = \frac{\text{Ahorros anuales} - \text{Costo inicial}}{\text{Costo inicial}} * 100$$

$$ROI = \frac{36 - 2000}{2000} * 100$$

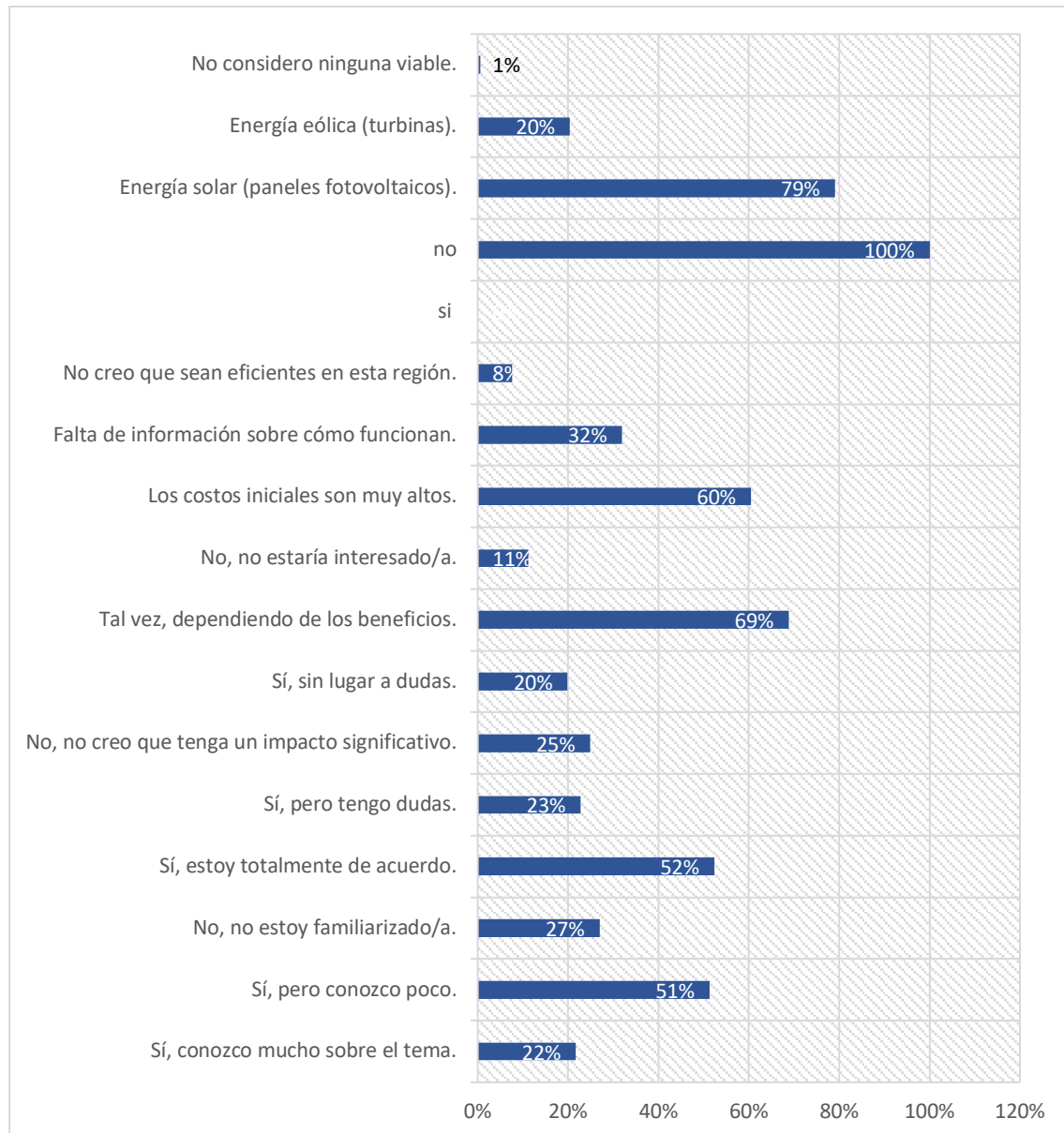
$$ROI = 1,8\%$$

Un sistema solar de 1 kW con un costo inicial de \$2000 USD y ahorros anuales de \$36 USD tendría un ROI de aproximadamente 1,8% anual, con un período de recuperación de 55 años [sin subsidios]. Este tiempo puede reducirse si se implementan incentivos o aumentan los costos de la electricidad convencional.

Encuesta dirigida a los habitantes de Riobamba.

Se llevaron a cabo encuestas dirigidas a los habitantes de Riobamba con el propósito de evaluar su percepción, conocimiento y disposición hacia la adopción de tecnologías de energía renovable, específicamente solar y eólica, en sus viviendas. Este análisis buscó identificar las principales barreras sociales, económicas y culturales que podrían influir en la implementación de estas tecnologías, así como explorar el nivel de interés y aceptación de la comunidad local.

Gráfico 1. Encuestas a habitantes



Nota. Realización propia

Se realizaron encuestas a los habitantes de Riobamba con el objetivo de evaluar su percepción, conocimiento y disposición hacia la adopción de energías renovables, particularmente solar y eólica. Los resultados mostraron que una gran mayoría de los encuestados tiene un conocimiento limitado sobre estas tecnologías, lo que indica una falta de educación e información sobre los beneficios de las energías renovables. Por otro lado, la disposición general hacia su adopción es positiva, especialmente si se proporcionan incentivos económicos y programas educativos.

El análisis de los datos obtenidos de las encuestas permitió identificar tanto factores a favor como en contra de la implementación de energías renovables en Riobamba. Entre los factores positivos, se destacó el gran potencial solar de la ciudad, con una media de 4,94 horas de sol diarias, lo que hace que la energía solar sea una opción técnica y económicamente viable para las viviendas. Además, los sistemas fotovoltaicos ofrecen un retorno de inversión [ROI] relativamente

rápido, especialmente con el apoyo de incentivos gubernamentales que reduzcan los costos iniciales de instalación.

Por otro lado, uno de los principales factores en contra es el alto costo inicial de instalación de las tecnologías, lo que representa una barrera significativa para muchas familias. Además, aunque la energía eólica también es una opción, la baja velocidad del viento en la región limita su viabilidad, ya que las turbinas convencionales requieren vientos más intensos para operar de manera eficiente. Esta situación reduce la rentabilidad de la energía eólica en comparación con la solar.

A través del cruce de la información obtenida en las encuestas y los análisis técnicos y económicos, se concluyó que la energía solar es la opción más rentable para Riobamba. Con un costo de instalación de entre \$1500 y \$2500 USD por vivienda para un sistema fotovoltaico, los ahorros mensuales proyectados entre \$2.2 y \$3.6 USD por kW instalado pueden justificar parcialmente la inversión inicial. Por otro lado, se requieren incentivos económicos adicionales para que muchas familias puedan acceder a estas tecnologías.

En términos generales, la energía solar aparece como la alternativa más viable para Riobamba, tanto desde una perspectiva económica como técnica. A pesar de los desafíos económicos y culturales, si se implementan políticas públicas adecuadas y programas de educación e incentivos, la adopción de energías renovables puede ser una solución sostenible para la ciudad, ayudando a reducir los costos energéticos y promoviendo el cuidado ambiental.

4. Discusión

Los resultados obtenidos en este estudio proporcionan una visión detallada de la viabilidad de las energías renovables, especialmente la energía solar y eólica en la ciudad de Riobamba. Según los datos climáticos obtenidos de la estación experimental de la ESPOCH, Riobamba presenta un alto potencial para la energía solar, con un promedio mensual de 152,5 horas de sol y una media diaria de 4.98 horas de radiación solar. Este valor sugiere que la ciudad es una zona adecuada para la instalación de paneles fotovoltaicos, especialmente considerando que los costos de los sistemas varían entre \$1.500 y \$2.500 USD por vivienda. Un estudio realizado por Garcés concuerda con la información evidenciada en el presente estudio, además el autor menciona que la media porcentual de radiación solar de 41% indica que, aunque la ciudad disfruta de un buen nivel de radiación, la variabilidad climática puede reducir la eficiencia durante algunos días del año. Por su parte, Garcés destaca la importancia de considerar las fluctuaciones de la radiación solar en la planificación de proyectos energéticos [7].

En cuanto a la energía eólica, los resultados mostraron un promedio de 1,77 m/s de velocidad del viento en Riobamba. Si bien la velocidad del viento es constante, no es suficiente para generar energía eólica con turbinas convencionales, que requieren velocidades de viento superiores a 3 m/s para operar de manera eficiente. Por otro lado, al comparar estos resultados con investigaciones como la de Enríquez y Moreno, se observa que las turbinas de eje vertical, diseñadas para operar con vientos más suaves, podrían ser una solución viable en ciertas áreas de la ciudad. Un ejemplo son las faldas del Chimborazo, identificadas como zonas estratégicas en este estudio [8].

A pesar del potencial limitado de la energía eólica, la energía solar sigue siendo la opción más viable. Esto se refleja en los datos del análisis económico, que muestran que la energía solar tiene un costo más bajo y un retorno de inversión más rápido que la energía eólica. Mientras que el costo total estimado por vivienda para un sistema eólico oscila entre \$4,000 y \$6,000 USD, un

sistema solar tiene un costo estimado entre \$1,500 y \$2,500 USD. Estos costos son competitivos, pero las barreras de inversión inicial siguen siendo significativas para muchos hogares. Esto es especialmente relevante si se considera que los ahorros mensuales estimados de \$2.2 a \$3.6 USD por kW instalado son modestos en comparación con la tarifa eléctrica promedio de \$0.10 a \$0.12 USD/kWh en Ecuador.

Los resultados de la encuesta muestran que una amplia mayoría de los encuestados no está familiarizada con las energías renovables, lo que indica una falta de conocimiento y una baja disposición hacia la adopción de estas tecnologías. Esta tendencia es consistente con estudios previos de Cangas y Ferro y Ávila que indican que la educación y concienciación sobre energías renovables es importante para superar las barreras sociales y culturales que limitan la adopción de tecnologías sostenibles. De hecho, los datos muestran que un alto porcentaje de los participantes está de acuerdo en que las energías renovables contribuyen al cuidado del medio ambiente, pero muchos son reacios a instalar sistemas solares debido a la percepción de altos costos y la falta de información sobre su funcionamiento [9] [10].

Además de la falta de conocimiento, las respuestas de los encuestados revelaron barreras económicas como la principal preocupación para la adopción de tecnologías solares y eólicas. El alto costo inicial de instalación y los gastos de mantenimiento continuos, como los relacionados con las turbinas eólicas, son vistos como obstáculos importantes. Estos resultados están en línea con los de Gualoto y Mendoza, quienes identifican el costo inicial como una barrera crítica en la adopción de energías renovables en áreas rurales y urbanas. Aunque los incentivos gubernamentales podrían mitigar estas barreras, los resultados sugieren que una educación financiera complementaria es esencial para que los ciudadanos comprendan los beneficios a largo plazo de la inversión en energías renovables [11].

La viabilidad económica de los sistemas solares y eólicos depende en gran medida de las políticas públicas y los incentivos gubernamentales, los resultados del estudio muestran que los ahorros mensuales generados por los sistemas solares no justifican por sí solos la inversión inicial sin algún tipo de subsidio o financiamiento accesible. Este aspecto ha sido abordado por Guarín y Sánchez, quienes sugieren que los subsidios gubernamentales y exoneraciones fiscales podrían ser factores decisivos para impulsar la adopción de energías renovables en Ecuador, especialmente en zonas donde las barreras económicas son significativas [12].

Los datos de este estudio apuntan a que la energía solar es la opción más prometedora para Riobamba, aunque con ciertas limitaciones. El estudio coincide con investigaciones previas que también destacan el potencial solar de Ecuador, pero sugiere que la adopción generalizada dependerá de políticas públicas efectivas y una mayor educación sobre los beneficios y el funcionamiento de estos sistemas. Como sugieren Ramos y Martínez y Poladian, el desarrollo de infraestructura y acceso a financiamiento son claves para reducir las barreras económicas y permitir una transición energética sostenible [13] [14].

5. Conclusión

El análisis integral en esta investigación permitió evaluar la efectividad técnica, económica y social del uso de energías renovables en las viviendas de Riobamba. Los resultados destacan que, dadas

las características geográficas y climáticas de la ciudad, la energía solar representa la opción más viable para su implementación. La prolongada radiación solar registrada en la región, junto con el rendimiento eficiente de los sistemas fotovoltaicos, asegura una producción energética constante que puede satisfacer las necesidades residenciales de manera sostenible. Por otro lado, aunque la energía eólica presenta limitaciones debido a la baja velocidad promedio del viento, sigue siendo una alternativa complementaria en ubicaciones estratégicas con mayor potencial, como lo son las faldas del volcán Chimborazo.

Desde una perspectiva económica y social, la adopción de tecnologías solares enfrenta desafíos significativos, principalmente relacionados con los altos costos iniciales y el desconocimiento general sobre su funcionamiento y beneficios. Por otro lado, la percepción positiva de la comunidad respecto a las energías renovables y su contribución al cuidado ambiental ofrece una base sólida para promover su aceptación. En este sentido, la energía solar se posiciona como la alternativa más prometedora, tanto por su viabilidad técnica y económica como por su capacidad para alinearse con las necesidades y expectativas de los habitantes de Riobamba.

Contribución de autores: Todos los autores contribuyeron al artículo.

Financiamiento: Los autores financiaron a integridad el estudio.

Conflictos de interés: Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Referencias

1. Tibanta JOE, Gonzáles K. Las energías renovables y la sostenibilidad en territorio. 2022 Abril 26; 8[2].
2. Párraga Á, Intriago S, Velasco E, Cedeño V, Murillo N, Zambrano F. Producción de energía eólica en Ecuador. Ciencia Digital. 2019 Julio 05; 3[3].
3. Uvidia LA, Paladines JM, Masaquiza JU, Moyano MG. Revisión Documental de la Energía Eólica para la Generación de Energía Eléctrica en el Ecuador. 2023 Diciembre 30; 9[20].
4. Linares ML, Montero ET, Luna J. Ecología, energías renovables y sustentabilidad socioformativa. Sociedad & Tecnología. 2023 Mayo 03; 6[2].
5. Plaza FN. Fuentes energéticas renovables en Ecuador. Perspectivas a futuro. Polo del conocimiento. 2022 Marzo 21; 7[3].
6. INEC. Censo Ecuador. [Online].; 2022 [cited 2025 Enero 5. Available from: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/estadisticas/>.
7. Garcés M. Estudio de factibilidad para la implementación de sistemas fotovoltaicos en la Unidad Educativa San Juan de la Parroquia San Juan del Cantón Riobamba. 2024; 1[1].
8. Enríquez LA, Moreno HO. Características del viento y potencia eólica disponible en la región andina de la provincia de Chimborazo. 2020 Julio 27; 6[3].
9. Cangas MR, Ferro H. Diseño de un sistema de energía renovable basado en paneles solares fotovoltaicos para mercados de Ibarra, Ecuador. 2024 Mayo 8; 8[3].
10. Ávila DP, Gonzalez TJ, Icaza DO. Análisis del Potencial Eólico y solar para la Implementación de un Sistema Híbrido de Generación Eléctrica Ubicadas en una Comunidad Rural Oriental de la Provincia de Zamora Chinchipe. 2022 Enero 10; 7[1].

11. Gualoto EP, Mendoza ÁJ. Análisis de un estudio para la viabilidad de un sistema fotovoltaico conectado a la red dentro del instituto superior universitario central técnico en la oficina de la carrera de electricidad. 2024 Febrero 22; 5[1].
12. Guarín DM, Sánchez MD. Estudio de factibilidad para la implementación de energía limpia con paneles solares. 2021; 1[1].
13. Ramos J, Chávez R, Alcaraz J. La sostenibilidad energética con paneles solares y su relación económico-social en la incertidumbre para el desarrollo regional de México. 2021 Diciembre 1; 2021[2].
14. Martínez C, Poladian A. El uso de energía fotovoltaica en viviendas de Buenos Aires: Estudio microeconómico de factibilidad. 2020 Abril 30; 5[2].
15. Tiupul PC. Estacion meteorologica ESPOCH. [Online].; 2024 [cited 2025 Enero 5. Available from: <https://www.esPOCH.edu.ec/estacion-agrometeorologica/>.



© 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution [CC BY] license <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>