



Green World Journal

ISSN: 2737-6109

Biodiversidad, Salud y Educación Inclusiva: Desafíos y Estrategias para el Desarrollo Sostenible

Volume 08 • Issue 02 • May – August 2025



CaMeRa

ISSN: 2737-6109

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

artwork

RESEARCH ARTICLE

Un vistazo a la meliponicultura: diversidad y valor nutricional de bioproductos elaborados por abejas sin aguijón (meliponas).

Joel Monar Nuñez ¹ 

¹ Universidad Estatal Amazónica, Nueva Loja EC- 210201, Ecuador.

✉ Correspondencia: jr.monarn@uea.edu.ec  + 59389840381

DOI/URL: <https://doi.org/10.53313/gwj82211>

Resumen: La meliponicultura, actividad dedicada al manejo y conservación de abejas sin aguijón (Meliponini), juega un papel crucial en ecosistemas tropicales y subtropicales, especialmente en países como Ecuador. Estas abejas, caracterizadas por su organización social jerárquica y capacidad polinizadora, influyen significativamente en la biodiversidad al favorecer la reproducción de diversas plantas silvestres y cultivos agrícolas. Se destacan por producir bioproductos como miel y propóleo, reconocidos por su valor nutricional y terapéutico, debido a la presencia de flavonoides, fenoles, ácidos orgánicos y enzimas específicas como la glucosa oxidasa. Investigaciones recientes evidencian que estos productos presentan actividad antimicrobiana efectiva contra bacterias, virus y hongos patógenos, incluidos *Staphylococcus aureus*, Herpes simplex, Influenza A y Coronavirus, entre otros. Estudios establecen que el propóleo posee un potencial terapéutico superior (60%) frente a la miel (40%) en el tratamiento de enfermedades catastróficas como cáncer, diabetes tipo 2 y COVID-19, aunque ambas sustancias son beneficiosas en diversas condiciones médicas. A pesar de sus beneficios, las abejas sin aguijón enfrentan amenazas significativas debido a factores naturales y antrópicos, incluyendo deforestación, intensificación agrícola, cambio climático y enfermedades emergentes. Por lo tanto, se subraya la importancia de implementar estrategias integrales que combinen conocimiento científico y saberes culturales para promover la conservación y manejo sostenible de estas especies, asegurando así su continuidad ecológica y la preservación de los beneficios derivados de sus bioproductos para futuras generaciones.

Palabras claves: meliponicultura, ecología, bioproductos, meliponini

A look at meliponiculture: diversity and nutritional value of bioproducts produced by stingless bees (meliponas).

Abstract: Meliponiculture, an activity dedicated to the management and conservation of stingless bees (Meliponini), plays a crucial role in tropical and subtropical ecosystems, especially in countries such as Ecuador. These bees,



Cita: Monar, J. (2025). Un vistazo a la meliponicultura: diversidad y valor nutricional de bioproductos elaborados por abejas sin aguijón (meliponas). Green World Journal, 8(2), 211. <https://doi.org/10.53313/gwj82211>

Received: 15/April/2025

Accepted: 05/May/2025

Published: 06/May/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>

characterized by their hierarchical social organization and pollinating capacity, have a significant influence on biodiversity by favoring the reproduction of various wild plants and agricultural crops. They are known for producing bioproducts such as honey and propolis, recognized for their nutritional and therapeutic value, due to the presence of flavonoids, phenols, organic acids and specific enzymes such as glucose oxidase. Recent research shows that these products have effective antimicrobial activity against bacteria, viruses and pathogenic fungi, including *Staphylococcus aureus*, Herpes simplex, Influenza A and Coronavirus, among others. Studies establish that propolis has a superior therapeutic potential (60%) compared to honey (40%) in the treatment of catastrophic diseases such as cancer, type 2 diabetes and COVID-19, although both substances are beneficial in various medical conditions. Despite their benefits, stingless bees face significant threats due to natural and anthropogenic factors, including deforestation, agricultural intensification, climate change and emerging diseases. Therefore, it is important to implement comprehensive strategies that combine scientific knowledge and cultural knowledge to promote the conservation and sustainable management of these species, thus ensuring their ecological continuity and the preservation of the benefits derived from their bioproducts for future generations.

Keywords: meliponiculture, ecology, bioproducts, meliponini.

1. Introducción

Dentro del reino animal existen criaturas magníficas y deslumbrantes, cada una de ellas cumplen roles importantes dentro del ecosistema, su nicho ecológico es fundamental para el correcto funcionamiento de la vida misma [1]. Todas las formas de vida son esenciales para mantener equilibrio constante y natural dentro del medio ambiente, por ende, de la cadena trófica, desde los grandes mamíferos hasta los pequeños insectos, como las abejas. Este grupo taxonómico posee una de las características particulares del reino animal, ya que, poseen jerarquía social, la cual, está conformada de manera principal por la reina, misma que domina la reproducción, además, posee cierta morfología diferente en relación a las otras abejas que conforman la colonia [2].

A la colonia se la describe como una sociedad organizada de abejas que viven y trabajan juntas en una colmena, las cuales, en la mayoría de los casos son consideradas perennes, ya que, tienen la capacidad de perdurar durante varios años, dependiendo ciertos factores naturales, como, intensidad pluvial, viento o antrópicos [3]. Dentro de este particular grupo taxonómico se destacan las abejas sin aguijón (abeja melipona). En la actualidad, se han registrado un aproximado de más de 50 géneros, distribuidos en 600 especies alrededor del mundo, las cuales forman parte de la tribu Meliponini, himenópteros apócritos de la familia Apidae conocidas vulgarmente como abejas sin aguijón [4].

Este particular grupo taxonómico denominado abejas sin aguijón son propias de zonas tropicales y subtropicales del mundo, como Ecuador. Son reconocidas por su rol fundamental en la polinización de especies florales silvestres, sobre todo aquellas con coloraciones blancas, amarillas y azules, también, plantas de cultivo casero o a gran escala, como, chile habanero, mango, pepino, sandía, tomate, girasoles, margaritas [5]. Sobre todo, gracias a su naturaleza, son capaces de producir miel (sustancia natural), la cual, es obtenida mediante un proceso particular que realizan a través de la recolección del néctar de las flores [6]. Este néctar es almacenado en su "buche melario" (un particular estómago especial para miel), donde se lleva a cabo el proceso de mezclado con enzimas específicas, como, invertasa (o sucrasa), diastasa, catalasa, fosfatasa ácida, glucosa oxidasa y proteasa, cada una de ellas son fundamentales para el adecuado desarrollo de la miel, debido que son capaces de transformar azúcares complejos (sacarosa) en más simples (glucosa y fructosa) [7].

Por esta razón, la miel proveniente de abejas sin aguijón es considerada alimento natural orgánico con varias propiedades nutricionales, y en algunos casos tiene la capacidad de atribuir beneficios

terapéuticos [8]. Dentro de las propiedades naturales de la miel proveniente de abejas sin aguijón se encuentran presentes un contenido de humedad, actividad de agua, contenido de cenizas y acidez libre notablemente superior a la miel producida por las abejas melíferas (abejas con aguijón), adicional a ello, el nivel de pH y contenido total de sólidos solubles son sutilmente inferiores. Además, la miel de meliponas contiene proteínas, aminoácidos, enzimas, ácidos orgánicos, elementos minerales y vitaminas esenciales para el organismo de quien lo consuma, ha acepción de aquellos individuos considerados alérgicos a dicha sustancia [9].

Debido a las múltiples propiedades y beneficios que provee la miel de meliponas, en los últimos diez años se ha aplicado el desarrollo de la meliponicultura (práctica de criar y manejar abejas sin aguijón) desde un enfoque más estructurado y moderno [10]. Este enfoque combina conocimientos ecológicos de catedra y culturales desde bases empíricas, con la finalidad de crear una fusión sobresaliente que facilita la práctica sostenible de sistemas agrícolas complejos. Además, la meliponicultura incluye la cosecha de miel, polen, división y venta de colmenas [11]. Sin embargo, esta práctica enfrenta algunas amenazas naturales, como la pérdida de numerosas colonias hijas de una sola madre, endogamia y problemas de sucesión de reinas, en géneros como, *Scaptotrigona* y *Cephalotrigona* [12]. Además, problemas antrópicos, como, deforestación, intensificación agrícola, propagación de especies exóticas, cambio climático, pérdida de recursos y hábitat. A estos factores se suman la introducción de polinizadores no nativos que reestructuran las interacciones socioecológicas entre insectos y buena salud ambiental, es decir, las abejas meliponas deben competir contra insectos no nativos por recursos florales, así mismo, deben enfrentarse a la propagación de nuevas enfermedades [13]. Por estas razones, el presente estudio bibliográfico tiene la finalidad de abordar los siguientes objetivos específicos: primero; identificar la diversidad de abejas sin aguijón (meliponas) distribuidas en ocho países. Segundo; determinar el valor nutricional de bioproductos producidos por abejas sin aguijón (meliponas).

2. Materiales y métodos

Búsqueda de literatura científica:

Para responder los objetivos establecidos en el presente estudio bibliográficos se realizó una búsqueda exhaustiva de información en base de datos académicas, como, "Google Scholar" y "Web of Science". En la cual, en el trayecto de búsqueda de información se aplicaron ciertos filtros manuales que ayudaron a obtener documentos relevantes acerca del tema investigativo, es decir, se aplicaron palabras claves, como, "abejas sin aguijón", "miel de abeja", "meliponas", "meliponinos" y "meliponicultura", de esta manera, se obtiene información precisa sobre el tema de investigación actual. Durante la búsqueda de información se obtuvo ciertos artículos que eran de interés, pero, tenían bloqueo de acceso, sin embargo, fueron solicitados directamente con los autores de dichos artículos. Además, durante la búsqueda de información bibliográfica se realizó una lectura extensa en los títulos de los artículos, resúmenes, conclusiones, resultados y palabras clave. No obstante, se concluyó la búsqueda bibliográfica en la décima página, ya que, los artículos que aparecían eran irrelevantes o no eran acorde al tema de investigación [14].

Adicional, de los artículos seleccionados, se aplicaron ciertos criterios relevantes, con el fin de obtener información de calidad, los cuales fueron los siguientes: 1) artículos publicados en revistas académicas revisada por pares; 2) documentación de libre acceso escrita en inglés y español; 3) artículos donde se haya probado la eficacia de los bioproductos de la miel de meliponas; 4) Estudios que hayan involucrado a especies pertenecientes a la tribu meliponini; 5) Los artículos que hayan sido publicados desde el año 2020 en adelante [15]. Al aplicar todos estos parámetros se obtuvieron un total de 200 artículos científicos relacionados al tema de investigación actual, no obstante, una

vez realizado una lectura exhaustiva y precisa sobre la información de cada uno de ellos, se seleccionaron un total de cuatro artículos científicos (tabla 1).

Tabla 1. Artículos científicos seleccionados para abordar el tema de investigación actual

Ítem	Artículo científico	Año	DOI
1	Probiotic Properties of Bacillus Strains Isolated from Stingless Bee (Heterotrigona itama) Honey Collected across Malaysia	2020	https://doi.org/10.3390/ijerph17010278
2	Stingless Bee-Collected Pollen (Bee Bread): Chemical and Microbiology Properties and Health Benefits	2021	https://doi.org/10.3390/molecules26040957
3	Development of Tools to Understand the Relationship between Good Management Practices and Nest Losses in Meliponiculture: A Pilot Study in Latin American Countries	2024	https://doi.org/10.3390/insects15090715
4	The Value of Stingless Bee Bioproducts for Human Health and Conservation: A Systematic Review	2025	https://doi.org/10.3390/d17030191

3. Resultados y Discusión

Diversidad de abejas sin aguijón (meliponas) distribuidas en ocho países

Bajo la metodología aplicada se logró identificar y obtener información de veintiocho especies de abejas sin aguijón y una morfoespecie, las cuales, sus bioproductos contenían beneficios importantes para la salud de las personas que consumían de manera habitual miel y el propóleo. Estas especies están distribuidas en cinco países alrededor del mundo, mismos que conllevan un número particular de especies en cada área geográfica. De esta manera, la distribución obtenida es la siguiente: Indonesia alberga un mayor número de especies (59%) en comparación que Malasia (21%), seguido de Vietnam (17%). Por otro lado, en América Latina, los países con mayor número de especies son, Argentina con casi el doble de especies (14%) en relación a Brasil (7%). En estos países se identifican especies como, Tetragonula birori, la cual, está presente en 21% de artículos científicos, en esta lista continua Heterotrigona itama con 17%. Además, Trigona sp y Scaptotrigona postica con 14% cada una [16]. De la misma manera, se menciona que México es un importante territorio para este particular grupo taxonómicos, ya que, es un área de conexión biocultural con alrededor de 19 especies de abejas sin aguijón (tabla 2). Además, en este territorio se destacan dos especies importantes desde un punto de vista cultural: la abeja sagrada maya (Melipona beecheii), y la abeja robusta sin aguijón mexicana (Scaptotrigona mexicana). Ambas especies producen miel y propóleo, bioproductos reconocidos de forma empírica, capaz de costar hasta USD 100.00 un litro de miel. Estos valores económicos son fundamentados debido a la evidencia científica existente, ya que, la bioactividad de sus bioproductos se encuentra bien respaldados por recientes estudios realizados, los cuales demuestran la efectividad al momento de emplearlos de manera

habitual en la vida cotidiana. Sobre todo, se menciona que ninguna de las especies reportadas aparece en la Lista Roja de Especies Amenazadas [17].

Tabla 2. Relación entre los efectos terapéuticos de la miel y el propóleo de abejas sin aguijón y las principales causas de enfermedades en algunos países.

Ítem	Enfermedad	País	Especies/Bioproductos
1	Infección respiratoria aguda	Brasil	<i>Scaptotrigona postica</i>
		Malasia	<i>Heterotrigona itama</i>
2	Obesidad	Brasil	<i>Melipona subnitida</i>
		Indonesia	<i>Trigona sp.</i>
			<i>Heterotrigona itama</i>
3	Hipertensión arterial	Malasia	<i>Trigona itama</i>
		Indonesia	<i>Geniotrigona thoracica</i>
			<i>Tetragonula biroi</i>
			<i>Heterotrigona itama</i>
4	Diabetes mellitus (tipo II)	Malasia	<i>Trigona apicalis</i>
		Indonesia	<i>Tetragonula biroi</i>
			<i>Trigona laeviceps</i>
			<i>Tetragonula biroi</i>
			<i>Homotrigona fimbriata</i>
			<i>Tetragonula sarawakensis</i>
			<i>Tetragonula laeviceps</i>
			<i>Tetragonula reepeni</i>
5	COVID-19	Indonesia	<i>Tetragonula fuscobalteata</i>
			<i>Lepidotrigona terminata</i>
			<i>Tetragonula testaceitarsis</i>
			<i>Tetragonula iridipennis</i>
			<i>Heterotrigona itama</i>
			<i>Wallacetrigona incisa</i>
			<i>Tetragonula sapiens</i>
6	Depresión	Malasia	<i>Trigona sp.</i>
		Filipinas	<i>Tetragonula biroi</i>
7	Asma	Malasia	<i>Trigona itama</i>
		Brasil	<i>Scaptotrigona postica</i>
			<i>Geniotrigona thoracica</i>
			<i>Heterotrigona bakeri</i>
			<i>Heterotrigona itama</i>
		Argentina	<i>Homotrigona apicalis</i>
		Brasil	<i>Homotrigona fimbriata</i>
		India	<i>Lepidotrigona terminata</i>
8	Cáncer	Indonesia	<i>Lepidotrigona ventralis</i>
		Malasia	<i>Lisotrigona furva</i>
		Filipinas	<i>Melipona quadrifasciata</i>
		Tailandia	<i>Scaptotrigona postica</i>
		Vietnam	<i>Tetragona clavipes</i>
			<i>Tetragonisca fiebrigi</i>
			<i>Tetragonula biroi</i>
			<i>Tetragonula fuscobalteata</i>

Tetragonula iridipennis
Tetragonula laeviceps
Tetragonula pegdeni
Tetragonula sarawakensis
Tetragonula testaceitarsis
Tetrigona apicalis
Trigona laeviceps
Trigona minor
Trigona sp.

Valor nutricional de bioproductos producidos por abejas sin aguijón (meliponas)

A través del método empleado para obtener información precisa y adecuada sobre el trabajo investigativo actual se determina que, en la actualidad existe evidencia científica sobre las propiedades y beneficios terapéuticos proveniente de los bioproductos de abejas sin aguijón. La mayoría de la evidencia científica se basa en pruebas llevadas a cabo en in vitro. Estas pruebas revelan la eficacia principal de dos bioproductos elaborados por las meliponas, miel y propóleo. Ambos bioproductos contienen flavonoides, fenoles, ácidos orgánicos y enzimas como la glucosa oxidasa, los cuales, son capaces de inhibir de manera efectiva ciertos virus, bacterias y hongos de importancia médica, como, *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pyogenes*, *Bacillus subtilis*, *Listeria monocytogenes*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Klebsiella pneumoniae*, *Escherichia coli*, *Salmonella spp*, Herpes simple tipo 1 y 2 (HSV-1, HSV-2), Human orthopneumovirus, Virus de la gripe (Influenza A), Enterovirus (Coxsackievirus), Coronavirus (Orthocoronavirinae), *Candida albicans*, *Aspergillus niger* y *Trichophyton spp*. Además, varios autores afirman el potencial oxidativo de ambos bioproductos, es decir, al realizar un consumo habitual tienen la posibilidad de fortalecer el sistema inmunitario, previniendo enfermedades o mejorando la salud general, aunque claro, estos factores dependen mucho del tipo de organismo que posea cada individuo, es decir, varía entre personas [18].

De la misma manera, se determina el porcentaje en el que actúa ambos bioproductos provenientes de las abejas sin aguijón, en la cual, los resultados bibliográficos señalan que, en general los bioproductos tienen la capacidad de tratar 8 de 19 enfermedades catastróficas, es decir, 50%. Por otro lado, existen estudios que afirman que solo el propóleo tiene gran potencial terapéutico (60%) en comparación con la miel (40%). En las enfermedades mencionadas se encuentran el cáncer, mismo que obtuvo mejorías en pacientes que consumían de manera habitual el propóleo (38%) en lugar de la miel (16%). A esta lista se suma afecciones como la diabetes tipo 2 (15%), obesidad (9%) y COVID-19 (7%). En otros casos se presenta que la obesidad e hipertensión arterial obtuvieron mejores resultados al aplicar miel antes que propóleo, mientras que, la infección respiratoria aguda y depresión obtuvieron mejorías solo aplicando miel. Gracias a estos resultados se puede determinar que, ambos bioproductos provenientes de las abejas sin aguijón poseen beneficios terapéuticos positivos, por esta razón, se sugiere que los bioproductos son una alternativa efectiva para prevenir o ayudar en el tratamiento de algunas enfermedades comunes [19].

4. Conclusión

La práctica de meliponicultura, es un proceso que conlleva el manejo y conservación de abejas sin aguijón (meliponas). Este procedimiento atribuye grandes beneficios ecológicos y nutricionales para el medio ambiente. El grupo de meliponas cumple un nicho ecológico fundamental para el

balance y equilibrio ambiental, ya que, es capaz de polinizar gran variedad de plantas silvestres y cultivos agrícolas, además, contribuye de manera significativa a la biodiversidad y sostenibilidad de ecosistemas tropicales y subtropicales. Adicional a ello, debido a su naturaleza evolutiva tiene la capacidad de producir bioproductos orgánicos, como la miel y propóleo, valorados y remunerados en gran medida por sus propiedades terapéuticas, destacándose en tratamientos de enfermedades como infecciones respiratorias, diabetes y cáncer. Por último, debido a su gran biodiversidad y adaptación a diferentes climas subrayan a este grupo taxonómico como fundamentales dentro de la ecología paisajística y ambiental.

No obstante, la meliponicultura enfrenta varias amenazas naturales y antrópicas. La pérdida de su hábitat natural puede ser la más perjudicial, este factor se intensifica debido a la deforestación, intensificación agrícola e impactos del cambio climático, los cuales, afectan de forma negativa a las poblaciones de meliponas. Adicional, la competencia interespecífica y propagación de enfermedades emergentes representan retos que dificultan la conservación efectiva de este grupo taxonómico. Por lo tanto, es importante implementar estrategias de manejo sostenible y conservación ambiental, mismos que puedan integrar conocimientos científicos y culturales para proteger estas valiosas especies y garantizar la continuidad de sus beneficios.

Finalmente, varios autores en múltiples estudios recientes demuestran la eficacia terapéutica de los bioproductos generados por las abejas meliponas. Los cuales, contienen compuestos como flavonoides, fenoles, ácidos orgánicos y diversas enzimas presentes en la miel y el propóleo. Cada uno de ellos ofrece un elevado potencial antioxidante y antimicrobiano. Estos beneficios validan el uso y aplicación cotidiana dentro de la medicina alternativa y nutrición preventiva. Destacando su implementación de forma particular en tratamientos complementarios para enfermedades crónicas y catastróficas, como el cáncer. Por estas razones, es fundamental promover la investigación científica continua y fomentar prácticas sostenibles en la meliponicultura, los cuales, resultan cruciales para maximizar sus beneficios, con la finalidad de garantizar su disponibilidad para futuras generaciones.

Contribución de autores: Idea y conceptualización, J.M.N.; metodología, J.M.N.; validación, J.M.N.; investigación, J.M.N.; redacción, J.M.N.; revisión, J.M.N.

Financiamiento: Los autores financiaron a integridad el estudio.

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

Referencias

1. Roubik, D.W. Stingless bee (Apidae: Apinae: Meliponini) ecology. *Annu. Rev. Entomol.* **2023**, *68*, 231–256.
2. Shanahan, M.; Spivak, M. Resin use by stingless bees: A review. *Insects* **2021**, *12*, 719.
3. de Paula, G.T.; Menezes, C.; Pupo, M.T.; Rosa, C.A. Stingless bees and microbial interactions. *Curr. Opin. Insect Sci.* **2021**, *44*, 41–47.
4. Toledo-Hernández, E.; Peña-Chora, G.; Hernandez-Velazquez, V.M.; Lormendez, C.C.; Toribio-Jiménez, J.; Romero-Ramírez, Y.; León-Rodríguez, R. The stingless bees (Hymenoptera: Apidae: Meliponini): a review of the current threats to their survival. *Apidologie* **2022**, *53*, 8.
5. Engel, M.S.; Rasmussen, C.; Ayala, R.; de Oliveira, F.F. Stingless bee classification and

- biology (Hymenoptera, Apidae): a review, with an updated key to genera and subgenera. *Zookeys* **2023**, 1172, 239.
6. Requier, F.; Leyton, M.S.; Morales, C.L.; Garibaldi, L.A.; Giacobino, A.; Porrini, M.P.; Rosso-Londoño, J.M.; Velarde, R.A.; Aignasse, A.; Aldea-Sánchez, P. First large-scale study reveals important losses of managed honey bee and stingless bee colonies in Latin America. *Sci. Rep.* **2024**, 14, 10079.
 7. Bueno, F.G.B.; Kendall, L.; Alves, D.A.; Tamara, M.L.; Heard, T.; Latty, T.; Gloag, R. Stingless bee floral visitation in the global tropics and subtropics. *Glob. Ecol. Conserv.* **2023**, 43, e02454.
 8. Rozman, A.S.; Hashim, N.; Maringgal, B.; Abdan, K. A comprehensive review of stingless bee products: Phytochemical composition and beneficial properties of honey, propolis, and pollen. *Appl. Sci.* **2022**, 12, 6370.
 9. da Silva, R.N.A.; Magalhães-Guedes, K.T.; de Souza, C.O.; de Oliveira Alves, R.M.; Umsza-Guez, M.A. Microbiological and physical-chemical characteristics of pollen and honey from stingless bees: A review. *Food Prod. Process. Nutr.* **2024**, 6, 1–17.
 10. Pimentel, T.C.; Rosset, M.; de Sousa, J.M.B.; de Oliveira, L.I.G.; Mafaldo, I.M.; Pintado, M.M.E.; de Souza, E.L.; Magnani, M. Stingless bee honey: An overview of health benefits and main market challenges. *J. Food Biochem.* **2022**, 46, e13883.
 11. Vit, P.; Chuttong, B.; Ramírez-Arriaga, E.; Enríquez, E.; Wang, Z.; Cervancia, C.; Vossler, F.; Kimoloi, S.; Engel, M.S.; Contreras, R.R. Stingless bee honey: Nutraceutical properties and urgent call for proposed global standards. *Trends Food Sci. Technol.* **2024**, 104844.
 12. Esa, N.E.F.; Ansari, M.N.M.; Razak, S.I.A.; Ismail, N.I.; Jusoh, N.; Zawawi, N.A.; Jamaludin, M.I.; Sagadevan, S.; Nayan, N.H.M. A review on recent progress of stingless bee honey and its hydrogel-based compound for wound care management. *Molecules* **2022**, 27, 3080.
 13. Bueno, F.G.B.; Dos Santos, C.F.; Otesbelgue, A.; Menezes, C.; Van Veen, J.; Blochtein, B.; Gloag, R.; Heard, T.; Imperatriz-Fonseca, V.L.; Alves, D.A. The queens of the stingless bees: from egg to adult. *Insectes Soc.* **2023**, 70, 43–57.
 14. Monar-Nuñez, J.; Mestanza-Ramón, C.; Guala-Alulema, P.; Montenegro-Zambrano, Y.; Herrera-Chávez, R.; Milanes, C.B.; Arguello-Guadalupe, C.; Buñay-Guisñan, P.; Toledo-Villacís, M. A Review to Update the Protected Areas in Ecuador and an Analysis of Their Main Impacts and Conservation Strategies. *Environments* **2023**, 10.
 15. Monar-Nuñez, J. Diversidad alfa de pteridofitas en el bosque siempre verde de tierra bajas

- de la Reserva Ecológica Cofán Bermejo, Sucumbíos – Ecuador. *Green World J.* **2022**, 5, 14, doi:10.53313/gwj51014.
16. Silva-Rivera, E.; Vázquez-Domínguez, G.; Mota-Sánchez, Ó.H.; Hernández-De la Cruz, I.; Franco-José, R.M.; Velázquez-Rosas, N.; Martínez-Mota, R. The Value of Stingless Bee Bioproducts for Human Health and Conservation: A Systematic Review. *Diversity* 2025, 17.
 17. Mohammad, S.M.; Mahmud-Ab-Rashid, N.-K.; Zawawi, N. Stingless Bee-Collected Pollen (Bee Bread): Chemical and Microbiology Properties and Health Benefits. *Molecules* 2021, 26.
 18. Zulkhairi Amin, F.A.; Sabri, S.; Ismail, M.; Chan, K.W.; Ismail, N.; Mohd Esa, N.; Mohd Lila, M.A.; Zawawi, N. Probiotic Properties of Bacillus Strains Isolated from Stingless Bee (*Heterotrigona itama*) Honey Collected across Malaysia. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2020, 17.
 19. Ocaña-Cabrera, J.S.; Martín-Solano, S.; Saegerman, C. Development of Tools to Understand the Relationship between Good Management Practices and Nest Losses in Meliponiculture: A Pilot Study in Latin American Countries. *Insects* 2024, 15.



© 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

Adaptaciones curriculares para estudiantes de la Universidad Nacional de Loja con NEE asociadas a la discapacidad.

Paul Alexander Polo Bravo ¹ 

¹ Universidad Nacional de Loja, Facultad de Educación, el Arte y la Comunicación. Carrera de Educación Especial, EC 110102, Loja, Ecuador.

✉ Correspondencia: paul.polo@unl.edu.ec  + 593 0995501190

DOI/URL: <https://doi.org/10.53313/gwj82213>

Resumen: A partir de la constitución desarrollada en 2008, el Ecuador ha recorrido un camino firme en la promoción de una educación inclusiva, generando accionares para atender a los grupos con NEE, siendo las adaptaciones curriculares uno de los ejes primordiales. Este estudio se desarrolla con la finalidad de identificar las estrategias utilizadas que implementan los docentes a estudiantes con NEE asociadas a discapacidad. El marco metodológico que se aplicó fue de carácter exploratorio descriptivo, con enfoque cuantitativo. Se utilizó una muestra probabilística por conveniencia, trabajando con 35 docentes de diferentes carreras de la Facultad de la Educación, el Arte y la Comunicación, a quienes se les aplicó la escala CUNIDIS mediante Google Forms. Los resultados indican un progreso significativo de la UNL en la adaptación de estrategias curriculares para estudiantes con NEE, especialmente en criterios de evaluación y tutorías específicas. Sin embargo, existen barreras estructurales, de accesibilidad y limitada formación docente que impiden su efectiva aplicación. Concluyendo que, se debe abordar a la educación inclusiva desde un enfoque más integral, combinando ajustes pedagógicos, culturales y estructurales, junto con disponibilidad de recursos, que garanticen el cumplimiento efectivo de los ejes inclusivos que se establecen en la normativa nacional.

Palabras claves: Adaptaciones curriculares, Educación Inclusiva, Educación Superior, Necesidades Educativas asociadas a una discapacidad.

Curricular adaptations for students of the Universidad Nacional de Loja with SEN associated to disability

Abstract: Since the constitution developed in 2008, Ecuador has taken a firm path in the promotion of inclusive education, generating actions to address groups with SEN, being curricular adaptations one of the main axes. This study is developed with the purpose of identifying the strategies used by teachers for students with SEN associated with disabilities. The methodological framework applied was of a descriptive



Cita: Polo Bravo, P. A. (2025). Adaptaciones curriculares para estudiantes de la Universidad Nacional de Loja con NEE asociadas a la discapacidad. Green World Journal, 8(02), 213. <https://doi.org/10.53313/gwj82213>

Received: 15/April/2025

Accepted: 20/May/2025

Published: 30/May/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>

exploratory nature, with a quantitative approach. A probabilistic sample by convenience was used, working with 35 teachers from different careers of the Faculty of Education, Art and Communication, to whom the CUNIDIS scale was applied through Google Forms. The results indicate significant progress at UNL in the adaptation of curricular strategies for students with SEN, especially in evaluation criteria and specific tutoring. However, there are structural barriers, accessibility and limited teacher training that prevent their effective implementation. In conclusion, inclusive education should be addressed from a more comprehensive approach, combining pedagogical, cultural and structural adjustments, together with the availability of resources, to ensure effective compliance with the inclusive axes established in the national regulations.

Keywords: Curricular adaptations, Inclusive Education, Higher Education, Educational Needs associated with a disability.

1. Introducción

Uno de los grandes desafíos a los que se enfrenta la educación superior hoy en día, es la puesta en marcha de las adaptaciones curriculares hacia la inclusión de estudiantes con Necesidades Educativas Específicas (NEE), especialmente en contextos donde existen discrepancias entre el marco normativo y su efectiva implementación en el proceso de enseñanza-aprendizaje [1]. A pesar del reconocimiento global de la relevancia de adecuar contenidos, procesos pedagógicos y herramientas de evaluación para promover la equidad educativa [2], estudios actuales dejan en evidencia que dichas adaptaciones no necesariamente pueden derivar en avances concretos en términos de acceso o mejora en el desempeño académico [3]. Esta realidad es aún más compleja, en aquellas instituciones que enfrentan carencias presupuestarias o disponen de marcos normativos poco funcionales, en las que la falta de formación docente especializada y la ausencia de instrumentos de evaluación estructurados infieren notablemente en la efectividad de las adaptaciones [4,5].

En el contexto Ecuatoriano, la educación inclusiva ha sido modificada a lo largo de la historia desde sus primeras manifestaciones en la década de 1990 hasta el día de hoy [6]. A partir de la estipulación en la Constitución de 2008, el estado ecuatoriano ha promovido un marco más sólido para el desarrollo de políticas inclusivas. Dentro de este proceso, el Ministerio de Educación ha desarrollado diversos accionares orientados a la inclusión de estudiantes con NEE, siendo las adaptaciones curriculares una de las aristas más importantes [7]. Estas estrategias se han implementado con la finalidad de transformar los entornos educativos ordinarios, en instituciones que promuevan una respuesta oportuna a la diversidad de estilos, aprendizajes y participación que se efectúan dentro del aula.

Particularmente, en la educación superior prevalecen accionares necesarios para ejecutar de manera efectiva las adaptaciones curriculares, para ello es fundamental establecer medidas y profundizar en las políticas que mejoren la gestión en el entorno educativo superior. De hecho, se evidencia que los planes de estudio implementados en las Instituciones de Educación Superior (IES) tienden a organizar sus objetivos en base a los contenidos y logros específicos, dando prioridad al cumplimiento de metas académicas por encima del desarrollo integral de habilidades de los estudiantes; limitando la intervención curricular de personas con discapacidad [8]. Esta situación dificulta la posibilidad de efectuar cambios, suprimir o adaptar objetivos que no se acoplen específicamente a sus necesidades particulares dentro del sistema educativo. Reforzando la idea anterior, diversas investigaciones en Ecuador, resaltan la necesidad de mejorar la adaptación de estrategias curriculares para garantizar la inclusión efectiva del alumnado con NEE en la educación superior [6].

El enfoque central de esta investigación, se origina de la limitada información disponible sobre el tema, confiriéndole un carácter relevante. Las adaptaciones curriculares se entienden como

cambios planificados en el programa educativo orientadas a suprimir barreras en la práctica pedagógica, sin desestimar los objetivos fundamentales de la educación [9]. Estas adaptaciones, que abarcan modificaciones en el acceso, contenido, procesos metodológicos y evaluativos, resultan de gran importancia para fomentar la inclusión y la participación activa del alumnado con discapacidad [10]. No obstante, la aplicación de estos accionares continúan enfrentando retos significativos, pues, diversas investigaciones señalan una limitada evaluación de sus efectos reales, resistencia del personal docente derivado del desconocimiento técnico [11], así como la carencia de enfoques sistemáticos que articulen iniciativas dispersas [12]. Estas limitaciones evidencian la necesidad de generar estudios que no solo analicen el contenido de las adaptaciones, sino también los métodos mediante los cuales se implementan y evalúan en diversos entornos educativos.

Es, por tanto, que la presente investigación centra como objeto de análisis a la Universidad Nacional de Loja (Ecuador), efectuándose bajo tres objetivos definidos: (1) identificar las estrategias utilizadas que implementan los docentes a estudiantes con NEE asociadas a discapacidad, (2) analizar los criterios de evaluación empleados por los docentes para medir su efectividad, y (3) proponer recomendaciones basadas en evidencia para optimizar estas prácticas. Si bien, el entorno local proporciona aportes significativos, como la brecha existente entre la normativa legal ecuatoriana y su aplicación práctica [13], los resultados de esta investigación pretenden promover un diálogo internacional entorno a la inclusión educativa, pertinente para aquellas instituciones que afrontan barreras similares en la inclusión de grupos vulnerables.

La importancia del estudio recae en su enfoque integral, que articula una estimación crítica de las dinámicas institucionales con recomendaciones específicas orientadas a reducir la brecha existente entre la parte teórica y la aplicación práctica. Al enfocarse en la visión de los actores involucrados, como docentes y personal administrativo, esta investigación no solo fortalece la literatura existente, sino que también propone un modelo que puede ser replicado para analizar y optimizar la efectividad de las adaptaciones curriculares en distintos contextos. De ahí, que este enfoque sea prioritario, más aún en contextos donde, a pesar de los progresos en marcos legislativos, un gran número de estudiantes con discapacidad continúan enfrentando desafíos significativos a la hora de acceder a una educación superior inclusiva.

2. Materiales y métodos

2.1 Área de estudio

El área de estudio para la presente investigación es la Universidad Nacional de Loja, ubicada en la ciudad de Loja, cantón y provincia de Loja, al sur del Ecuador. Es un centro educativo de formación superior con una amplia trayectoria en la preparación académica, científica y social del territorio. Desde su fundación en 1859 ha sido partícipe de diversos cambios tanto en sus procesos estructurales como en los curriculares y administrativos, llevándola a posicionarse como una institución referente en el marco de la educación pública. La UNL mantiene un modelo educativo que se rige en un enfoque por competencias, interculturalidad, inclusión e investigación con responsabilidad social alineándose con los principios del Plan Nacional de Desarrollo y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

Cuenta con una amplia y diversificada oferta académica, que abarca niveles de pregrado y posgrado, integrada por cinco facultades; ofertando más de 30 carreras de pregrado y un sin número de programas de maestría, las cuales están acreditadas por el Consejo de Educación Superior (CES), y respaldadas por un grupo docente con un alto nivel académico, en su mayoría poseen títulos de cuarto nivel y una amplia experiencia en docencia e investigación. En referencia

con la infraestructura, la institución cuenta con un campus moderno, que permite el desarrollo integral de los estudiantes en condiciones adecuadas para el proceso de aprendizaje-enseñanza [14].

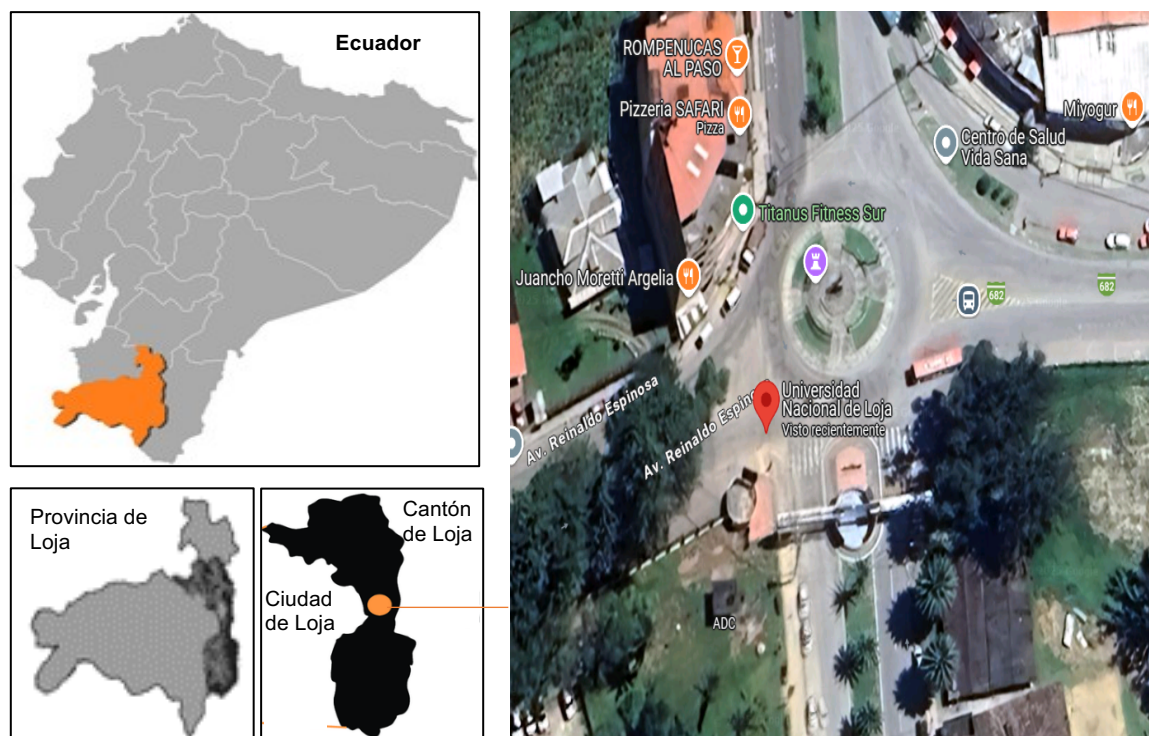


Figura 1. Mapa de ubicación de la Universidad Nacional de Loja.

2.2. Métodos

El marco metodológico que se optó para abordar la siguiente investigación parte de un enfoque cuantitativo, respondiendo a la necesidad de comprender desde una forma integral y amplia el tema de estudio. En palabras de Hernández et al. [15] este método permite la obtención sistemática de información para ser cuantificada y analizada mediante la utilización de procesos estadísticos, es decir, este enfoque se centra en la recopilación de datos relevantes que permitieron medir objetivamente actitudes, percepciones y nivel de conocimiento sobre el impacto de las adaptaciones curriculares en los estudiantes con Necesidades Educativas Específicas (NEE) relacionadas con la discapacidad.

En referencia con el alcance del estudio fue exploratorio-descriptivo. El alcance exploratorio, según Sánchez y Murillo [16] permite entender de manera clara un fenómeno de estudio o en su caso comprender en profundidad un problema del cual se tiene poca o ninguna información. Situación que se dio en la presente investigación, pues, se recogió información relevante que facilitó la identificación y análisis de las adaptaciones curriculares implementadas en la institución de estudio, así como también, la estimación de los desafíos y oportunidades que se derivan de su aplicación. El alcance descriptivo, a criterio de Albán et al. [17] mencionan que este método tiene por objeto la descripción de características fundamentales que facilitan la comprensión de un fenómeno mediante la aplicación de criterios sistemáticos que generan una estructura sobre su comportamiento, brindando información organizada y contrastable con otros estudios. En ese caso, este enfoque facilitó la caracterización de las adaptaciones curriculares, registrar las percepciones del personal docente e identificar las NEE de los estudiantes con discapacidad.

Como se mencionó en epígrafes anteriores, la presente investigación se realiza en el centro educativo superior Universidad Nacional de Loja, quien cuenta con una población diversa de alumnos con NEE relacionados con la discapacidad, según la información proporcionada por la

Dirección de Bienestar Estudiantil de la institución, aproximadamente hay un total de 165 estudiantes. La muestra estuvo constituida por 35 docentes de diferentes carreras de la Facultad de Educación, el Arte y la Comunicación. Ésta se determinó mediante una muestra no probabilística por conveniencia, que según Pullaguari-Zaruma y Hernando [18] este tipo de metodología se utiliza cuando se requiere seleccionar un subgrupo de la población accesible y enfocada en el tema de investigación, con la finalidad de ser estudiada y obtener conclusiones que representen a todos los miembros de la población completa. Los docentes participantes durante su labor han tenido contacto con estudiantes con Necesidades Educativas Específicas (NEE) por discapacidad.

El instrumento utilizado para la recolección de información fue la Escala CUNIDIS (Cuestionario sobre Educación Superior y Discapacidad) dirigido a los docentes participantes mediante la herramienta Google Forms. Finalmente, el análisis de los datos se efectuó a través del programa Excel. Se realizó un análisis con métodos estadísticos paramétricos (cuantitativos) que se aplican a datos ordinales, obtenidos de la Escala CUNIDIS. Esto de acuerdo con la evidencia recogida de varios estudios que han demostrado que este tipo de pruebas paramétricas robustecen aún más los métodos ordinales, dejando entrever que su aplicación en estudios educativos es efectiva [19]. Es decir, la articulación de revisión teórica y la aplicación de pruebas estadísticas fortalecen y validan los resultados, brindando al lector una perspectiva integral del tema de investigación.

3. Resultados

Esta sección detalla y describe de forma clara y precisa los resultados principales que se obtuvieron de la aplicación de la Escala CUNIDIS dirigida a los docentes de la Universidad Nacional de Loja. A continuación, se adjuntan tablas con los elementos necesarios para el cumplimiento de los objetivos desarrollados al inicio de la presente investigación.

3.1. Objetivo 1: Identificar las estrategias utilizadas que implementan los docentes a estudiantes con NEE asociados a discapacidad.

En la tabla 1, que hace alusión a las estrategias utilizadas en el aula, se pudo identificar aquellas que han logrado una mayor efectividad y nivel de aceptación, como es el ajuste de criterios de evaluación y calificación y la implementación regular de tutorías. Estas actividades, calificadas de forma positiva por el profesorado con un promedio superior a 4.0, dejan en evidencia que el proceso enseñanza-aprendizaje que se lleva en la institución está orientada en brindar acompañamiento continuo al estudiante, así como, la incorporación de criterios de evaluación alineados a valores de justicia y equidad a la hora de evaluar su desempeño académico.

No obstante, existen diversas estrategias, que pesar de contar con un adecuado marco teórico y generar efectos positivos, aún presentan una práctica limitada. Entre ellas, la modificación de objetivos y criterios de evaluación, sumado a la adecuación de procesos de titulación, continúan haciendo frente a retos estructurales que limitan su aplicación efectiva.

Por otro lado, es evidente una brecha existente entre la teoría y la realidad del entorno educativo, pues, el resultado del ítem 7 (promedio de 4.4), y el ítem 17, con 3.91, presentan una diferencia significativa que sugiere una resistencia tanto institucional como operativa a la hora de introducir cambios importantes en los criterios de evaluación. De igual manera, aunque la tutoría continua se siga percibiendo como una estrategia viable, su aplicación en el aula aún presenta limitaciones organizativas, reflejadas en las diferencias que se obtuvieron entre el ítem 10, con un valor promedio de 4.09 y el ítem 20, con 3.91.

Esta realidad invita a una profunda reflexión sobre la heterogeneidad en las percepciones del personal docente, y es que, a pesar que varios ítems cuentan con una puntuación cercana a 5, los

promedios evidencian una notable dispersión. Esta variabilidad puede apoyarse en la coexistencia de dos perfiles bien diferenciados, por un lado, docentes que poseen un alto nivel de compromiso, es decir, no solo aplican adaptaciones curriculares, sino que resaltan sus resultados positivos; y por otro, profesorado que presenta resistencia al cambio o carecen de formación específica, traduciéndose en percepciones de dificultad y escepticismo en relación con su aplicabilidad efectiva.

A esta disparidad de percepciones, es importante agregar limitaciones que se perciben en el entorno educativo, como la falta de recursos y objetivos bien definidos, factores que restringen la implementación eficaz de las adaptaciones curriculares. Por tanto, la educación inclusiva no debe entenderse como una medida especial, sino como un derecho fundamental; es decir, garantizar el acceso a un aprendizaje respetuoso, equitativo y de gran valor integra un pilar clave en el camino hacia la construcción de una sociedad más equitativo y justa.

Tabla 1. Estrategias implementadas por docentes a estudiantes con NEE asociadas a discapacidad.

N.-	Ítems	Valor frecuente	Total (n=35)	Promedio (escala 1-5)	Cumplimiento indicador (≥ 4)
1	Respecto a los estudiantes con discapacidad, el profesorado debe: [Adaptar los objetivos de las asignaturas]	5 (18 respuestas)	35	3,91	No
7	Respecto a los estudiantes con discapacidad, el profesorado debe: [Adaptar los criterios de evaluación/calificación]	5 (20 respuestas)	35	4,14	Si
11	Respecto a los estudiantes con discapacidad, en la realidad del aula el profesorado: [Adapta los objetivos de las asignaturas]	5 (11 respuestas)	35	3,54	No
17	Respecto a los estudiantes con discapacidad, en la realidad del aula el profesorado: [Adapta los criterios de evaluación]	5 (16 respuestas)	35	3,91	No
8	Respecto a los estudiantes con discapacidad, el profesorado debe: [Adaptar las prácticas de la titulación]	5 (17 respuestas)	35	3,94	No
10	Respecto a los estudiantes con discapacidad, el profesorado debe: [Realizar tutorías de manera habitual]	5 (17 repuestas)	35	4,09	Si
18	Respecto a los estudiantes con discapacidad, en la realidad del aula el profesorado: [Adapta las prácticas de la titulación]	5 (14 repuestas)	35	3,60	No
20	Respecto a los estudiantes con discapacidad, en la realidad del	5 (16 repuestas)	35	3,91	No

N.-	Ítems	Valor frecuente	Total (n=35)	Promedio (escala 1-5)	Cumplimiento indicador (≥4)
	aula el profesorado: [Realiza tutorías de manera habitual]				

3.2. Objetivo 2: Analizar los criterios de evaluación empleados por los docentes para medir su efectividad.

Uno de los pilares clave de la educación son los criterios de evaluación y la forma en las que se adaptan para garantizar un entorno educativo equitativo en el proceso enseñanza-aprendizaje de estudiantes con Necesidades Educativas Específicas (NEE). No es suficiente con diseñar herramientas inclusivas, sino se debe asegurar que su práctica responda y satisfaga las necesidades de cada uno de los estudiantes.

En la tabla 2 se presenta información crucial sobre la implementación de estrategias que se adaptan al proceso de evaluación. Los resultados identifican acciones efectivas que han sido implementadas por los docentes, resaltando la modificación de los instrumentos de evaluación, que obtuvo un promedio de 4.20. Esta práctica que ha sido verdaderamente valorada, permite ajustar las rúbricas y pruebas de manera que se alcance una valoración más equitativa y justa en el desempeño del alumnado, con un valor promedio de 4.14. Concibiéndose, como una herramienta fundamental para brindar un proceso de evaluación más equitativo.

No obstante, el análisis también permitió reconocer obstáculos significativos que se interponen en evaluaciones equitativas. Por ejemplo, la modificación de criterios en la práctica docente, con un valor promedio de 3.91, pone de manifiesto una brecha existente entre la parte teórica y su aplicación en el entorno educativo. Esto indica, que la implementación de criterios adaptados demanda cambios pedagógicos sustanciales, tomando en cuenta que esta transformación se ve limitada por la poca formación del personal docente y la ausencia de recursos institucionales.

A pesar de ello, es preciso colocar mayor atención al accionar que se relaciona con la percepción que tienen los docentes sobre los obstáculos que deben enfrentar los estudiantes con discapacidad. Por tanto, al analizar la accesibilidad y las percepciones del profesorado, surgen resultados que producen preocupación; pues, un promedio de 2.94 deja en evidencia que existe una idea equívoca sobre las verdaderas limitaciones que enfrentan los estudiantes con discapacidad, comprometiendo la efectividad de las adaptaciones implementadas. De hecho, la falta de sensibilización y la escasa formación docente son factores que infieren en la aplicación efectiva de las estrategias de inclusión educativa. Por tal motivo, la educación inclusiva no debe ser asumida como un ideal, sino como una realidad que debe ser respaldada con prácticas sostenidas y efectivas.

Tabla 2. Criterios de evaluación empleados por los docentes para medir su efectividad.

N.-	Ítems	Valor frecuente	Total (n=35)	Promedio (escala 1-5)	Cumplimiento indicador (≥4)
6	Respecto a los estudiantes con discapacidad, el profesorado debe: [Adaptar los instrumentos de evaluación]	5 (21 respuestas)	35	4,20	Si
7	Respecto a los estudiantes con discapacidad, el profesorado debe: [Adaptar los criterios de evaluación/calificación]	5 (20 respuestas)	35	4.14	Si

N.-	Ítems	Valor frecuente	Total (n=35)	Promedio (escala 1-5)	Cumplimiento indicador (≥ 4)
16	Respecto a los estudiantes con discapacidad, en la realidad del aula el profesorado: [Adapta los instrumentos de evaluación]	5 (18 respuestas)	35	4,00	Si
17	Respecto a los estudiantes con discapacidad, en la realidad del aula el profesorado: [Adapta los criterios de evaluación]	5 (16 respuestas)	35	3.91	No
29	Respecto a la accesibilidad de los estudiantes con discapacidad: [Participan en todas las actividades en clase]	4 (11 respuestas)	35	3,51	No
30	Respecto a la accesibilidad de los estudiantes con discapacidad: [Tienen similares dificultades que el resto de los compañeros/as]	3 (11 respuestas)	35	2,94	No

3.3. Objetivo 3: Proponer recomendaciones basadas en evidencia para optimizar las prácticas de adaptación curricular.

Los resultados que se detallan en la tabla 3 revelan ciertas deficiencias importantes que dejan evidencia la brecha que aún se percibe entre el tema de inclusión y las condiciones estructurales reales; y es que, la infraestructura física presenta un desafío significativo para el alumnado con discapacidad. De acuerdo, con el promedio de 2.83, se confirma que existen espacios universitarios con obstáculos arquitectónicos que limitan la movilidad y participación activa del grupo de estudio.

El problema identificado no es solo físico. La accesibilidad de personal calificado y demás recursos, calificada con 2.94, evidencia una distribución inequitativa que limita la disponibilidad de recursos que requieren los estudiantes. De igual manera, los recursos didácticos adaptados indican esta misma deficiencia, con un promedio de 2.94, lo cual señala que las estrategias actuales relacionadas con accesibilidad no alcanzan a satisfacer las necesidades sensoriales del alumnado.

A pesar de ello, se puede afirmar que el principal obstáculo no reside únicamente en las condiciones estructurales, sino en las percepciones del grupo docente. Esta afirmación se comprueba con el resultado del ítem 30, valorado con 2.94, que sugiere que el profesorado mantiene una concepción errónea al asumir que los estudiantes con discapacidad enfrentan las mismas dificultades que quienes no las tienen. Esta perspectiva impide la visibilización de sus necesidades precisas y limita la efectividad de las adaptaciones curriculares que se pretende aplicar.

Asimismo, se ha detectado ámbitos con significativo margen de mejora, como el uso de tecnología, que obtuvo un promedio de 3.54. Este resultado sugiere una oportunidad específica para continuar en el camino hacia una inclusión educativa mediante la incorporación de materiales, como herramientas digitales con subtítulo, lectores de pantalla y plataformas que permitan la transcripción automática, lo cual promueva el aprendizaje de los estudiantes con diversas necesidades.

Tabla 3. Recomendaciones basadas en evidencia para la optimización de estrategias de adaptación curricular.

N.-	Ítems	Valor frecuente	Total (n=35)	Promedio (escala 1-5)	Cumplimiento indicador (≥ 4)
21	Respecto a la accesibilidad de los estudiantes con discapacidad: [La facultad/escuela no tiene barreras arquitectónicas]	3 (12 respuestas)	35	2,83	No
27	Respecto a la accesibilidad de los estudiantes con discapacidad: [Se cuenta con apoyos humanos y materiales para seguir las clases]	4 (9 respuestas)	35	2,94	No
25	Respecto a la accesibilidad de los estudiantes con discapacidad: [Se emplean tecnologías para el seguimiento de las clases]	4 (14 respuestas)	35	3,54	No
26	Respecto a la accesibilidad de los estudiantes con discapacidad: [Los materiales impresos/audiovisuales de clase están adaptados]	3 (11 respuestas)	35	2,94	No
28	Respecto a la accesibilidad de los estudiantes con discapacidad: [Se realizan todas las prácticas de la titulación]	4 (10 respuestas)	35	3,23	No
30	Respecto a la accesibilidad de los estudiantes con discapacidad: [Tienen similares dificultades que el resto de los compañeros/as]	3 (11 respuestas)	35	2,94	No

N.-	Ítems	Valor frecuente	Total (n=35)	Promedio (escala 1-5)	Cumplimiento indicador (≥ 4)
31	Respecto a la sensibilización y relaciones de los estudiantes con discapacidad: [Las iniciativas universitarias para la sensibilización y concienciación sobre discapacidad son adecuadas]	4 (10 respuestas)	35	3,09	No
40	Respecto a la sensibilización y relaciones de los estudiantes con discapacidad: [La universidad está preparada para formar y atender a estudiantes con discapacidad]	4 (13 respuestas)	35	2,97	No

4. Discusión

Los principales hallazgos encontrados en la presente investigación señalan que la Universidad Nacional de Loja (UNL) presenta progresos sustanciales entorno a la implementación de estrategias de adaptación curricular de estudiantes con NEE, resaltando especialmente la adecuación de instrumentos de evaluación y la promoción de tutorías dirigidas a estudiantes con discapacidad. No obstante, es importante acotar que dichos avances se ven frenados, en la mayoría de los casos, por la deficiencia estructural que mantiene la institución, la cual obstaculiza el desarrollo de una educación inclusiva integral y efectiva. Entre las principales limitaciones que se identificaron, se destaca la brecha existente entre los fundamentos teóricos de la educación inclusiva y su aplicación en los procesos de aprendizaje. Asimismo, se puede destacar la prevalencia de deficiencias en las condiciones físicas que impiden una accesibilidad total del alumnado, junto con la falta de comprensión y reconocimiento, por parte de los docentes, sobre las Necesidades Educativas Específicas que demandan los estudiantes con discapacidad. Estos resultados coinciden con investigaciones previas, las cuales han evidenciado que la resistencia del personal docente constituye un obstáculo significativo, relacionado en su gran mayoría con la falta de formación especializada [20], así como a la carencia de recursos disponibles y organizados para afianzar la forma efectiva de poner en marcha la adaptación de prácticas curriculares inclusivas [21].

De igual forma, el análisis de las percepciones de los docentes revelan una marcada dicotomía en sus posturas, identificándose dos perfiles bien marcados; por un lado, se tienen educadores con un alto grado de comprensión sobre la inclusión educativa; y por otro, están aquellos que, debido a las deficiencias actitudinales u obstáculos de logística presentan restricciones para una adecuada implementación de las adaptaciones curriculares necesarias. Esta realidad deja de manifiesto la necesidad de adoptar una perspectiva institucional holística asociada al Modelo Social de la Discapacidad, es decir, esta propuesta no solo requiere de la incorporación de prácticas técnicas, sino también debe estar acompañada de cambios estructurales que impacten positivamente tanto

en el proceso pedagógico como en las dinámicas culturales de la institución educativa superior [22]. Pues, la inconsistencia identificada en la aplicación de los criterios de evaluación, que se ve reflejada en la diferencia entre los ítems 7 y 17, sugieren una inclinación de los docentes hacia cambios tan solo operativos no modificaciones estructurales, lo cual contribuye a la generación de desigualdades en el acceso y desempeño académico del alumnado con discapacidad. En la misma línea, de acuerdo con las recomendaciones de la UNESCO [23], un factor clave para la efectividad de las adaptaciones curriculares es la capacitación al personal docente sobre estos temas, lo cual contribuirá en el fortalecimiento de una educación inclusiva y sobre todo se dotará a los educadores de herramientas necesarias para responder las necesidades de un grupo estudiantil diverso de forma efectiva.

Por otro lado, el limitado nivel de accesibilidad física, valorada con un promedio de 2.83 y la carencia de recursos educativos adaptados a las NEE de los estudiantes con discapacidad, contradicen los postulados que se estipulan en la Convención sobre los derechos de las Personas con Discapacidad [24]. En este caso, los resultados obtenidos resaltan la brecha existente entre lo dispuesto en el marco normativo ecuatoriano y su adecuada aplicación en el entorno educativo. Ante esta problemática, se acentúa la necesidad de establecer accionares institucionales que contemplen la realidad del sistema educativo, tomando como referencia experiencias internacionales, como Portugal e Italia [25,26], donde se han aplicado normativas alineadas a la adaptación curricular que son respaldadas por mecanismos de seguimiento continuo, asegurando así su debida implementación y la optimización de buenos resultados.

5. Conclusión

Existe un progreso limitado en la aplicación de adaptaciones curriculares en la Universidad Nacional de Loja, y es que, aunque el cuerpo docente de la institución ha logrado integrar varias estrategias, como tutorías especializadas y la adecuación de herramientas para el proceso de evaluación, aún se observan obstáculos significativos relacionados con la reestructuración de los objetivos en el proceso de aprendizaje y en los procedimientos de la titulación. Esta situación refleja una desarticulación notable entre el marco normativo existente y su efectiva implementación en el entorno educativo, lo que resalta la necesidad de consolidar de manera oportuna mecanismos institucionales que fortalezcan continua y eficazmente la aplicación de dichas medidas.

La ausencia de accesibilidad física constituye otro de los factores que limita la efectividad de las adaptaciones curriculares en el contexto universitario, que sumado a la carencia de recursos didácticos educativos adaptados, representan un obstáculo para una participación activa y equitativa del alumnado con discapacidad. Para mitigar estas barreras, es imprescindible la implementación de accionares de mejora orientados a garantizar un entorno educativo verdaderamente inclusivo, el cual responda a las necesidades de todo los estudiantes, sin dejar de lado su alineación con marcos internacionales establecidos para una adecuada accesibilidad.

La actitud de resistencia evidenciada en el grupo de docentes, así como la desigualdad en la concepción sobre la aplicación de adaptaciones curriculares, resaltan la importancia de fortalecer los programas de capacitación en relación con el Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA) y el fomento de procesos de sensibilización sobre discapacidad, con la finalidad de contribuir con prácticas pedagógicas basadas en los principios de equidad educativa.

Las adaptaciones curriculares en la educación superior se integran desde un enfoque institucional holístico, es decir, no integran una estructura institucional sólida con la participación de todos los actores educativos. Por tanto, es crucial el desarrollo de protocolos de accesibilidad orientados a criterios inclusivos, creación de comités de seguimiento con la integración de

estudiantes y la ejecución de monitoreos continuos que permitan evaluar el cumplimiento de los accionares institucionales, garantizando que las medidas adaptadas generen un impacto positivo y real en la comunidad universitaria.

Contribución de autores: Todos los autores contribuyeron en las distintas secciones de la presente investigación.

Financiamiento: Los autores financiaron a integridad el estudio.

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

Referencias

1. Lesano-Albán A, Troya-Ayala G. El diseño Universal para el Aprendizaje (DUA) como marco para las Adaptaciones Curriculares en los estudiantes con necesidades educativas especiales de básica superior. *MQRIInvestigar* 2024;8:901–17.
2. Castillo W, Tapia N, Cabrera L, Carrera C. Estrategias de Intervención para mejorar el Aprendizaje del Inglés en estudiantes con NEE. *Ciencia Latina: Revista Multidisciplinaria* 2024;8:6608–26.
3. Lopez-Bastias J, Moreno-Rodriguez R, Díaz-Vega M. Attention to the special educational needs of university students with disabilities: The CAUSSEN tool as part of the educational inclusion process (Atención a las necesidades educativas especiales de los estudiantes universitarios con discapacidad: la herramienta ACAUNEEES como parte del proceso de inclusión educativa). *Culture and Education* 2020;32:27–42.
4. Brito S, Basualto L, Reyes L. Inclusión Social/Educativa, en Clave de Educación Superior. *Revista Latinoamerica de Educación Inclusiva* 2019;13:157–72.
5. Zamora W. Educación Superior en Ecuador con relación a la Inclusión de Personas con discapacidad. *Revista Cientific* 2022;7.
6. Mendoza M, Gutiérrez A. Historia de la Educación Inclusiva en Ecuador. *Revista Científica Hallazgos* 2024;9.
7. Bartolomé D, Martínez L, García V. La inclusión en la educación superior ecuatoriana: algunas iniciativas. *Revista espacios* 2021;42.
8. López J, Maurera S, Serrano V, Yaguana Y. La inclusión educativa en la escuela ecuatoriana, una reflexión desde lo normativo hasta la experiencia escolar. *Revista Cognosis*. 2021;6(EE-I):65–80.
9. Palacios-García T. Adaptaciones curriculares y su importancia en estudiantes con necesidades educativas especiales. *Cienciamatria. Revista Interdisciplinaria de Humanidades, Educación, Ciencia y Tecnología* 2024;10:313–26.
10. Núñez C. Liderazgo directivo en la adaptación curricular para estudiantes con habilidades diversas. *Revista de Climatología Edición Espacial Ciencias Sociales* 2024;24:84.

11. Granda J. Las adaptaciones curriculares para escolares con necesidades especiales. *Portal de la Ciencia* 2020;1:28–41.
12. Pérez–Castro J. La inclusión de los estudiantes con discapacidad en dos universidades públicas mexicanas. *Innovación educativa* (México, DF) 2019;19:145–70.
13. Jiménez A, Quinto N, Yambo M, Méndez K. Inclusión Educativa de Estudiantes con Discapacidades en Escuelas Públicas Ecuatorianas. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar* 2024;8:2954–71.
14. Universidad Nacional de Loja. Oferta Académica. Portal web de la Universidad Nacional de Loja 2023.
15. Hernández R&, Fernández C, Baptista P. Metodología de la investigación. México: Interamericana Editores S.A., 2014.
16. Sánchez A, Murillo A. Enfoques metodológicos en la investigación histórica: cuantitativa, cualitativa y comparativa. *Debates por la Historia* 2021;9:147–81.
17. Albán G, Arguello A, Molina N. Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación–acción). *Recimundo* 2020;4:163–73.
18. Pullaguari–Zaruma K, Hernando Á. Politización mediática de la justicia en Ecuador. Estudio de caso: Ecuavisa. *Revista Humanidades* 2019;9:1–23.
19. Hoyos A, Ríos J, Ruíz G, Valenzuela M, Robles E, Orozco S. Percepción de universitarios sobre la inclusión educativa en la Licenciatura en Cultura Física y Deporte. *Retos: Nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación*. 2024;419–25.
20. Flores Y, Rosell R. La Inclusión escolar: la importancia de la capacitación docente en la implementación de adaptaciones curriculares: School Inclusion: the importance of teacher training in the implementation of curricular adaptations implementation of curricular adaptations. *Latam: revista latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades* 2024;5:125.
21. Arteaga–Tuba G. Recursos tecnológicos para el aprendizaje en el marco de la educación inclusiva ecuatoriana. *Cienciamatria. Revista Interdisciplinaria de Humanidades, Educación, Ciencia y Tecnología* 2024;10:289–312.
22. Martínez C, Rosas R. Estudiantes con discapacidad e inclusión educacional en Chile: avances y desafíos. *Revista Médica Clínica Las Condes* 2022;33:512–9.
23. UNESCO. Informe de Seguimiento de la Educación en el Mundo 2020: Inclusión y educación: Todos y todas sin excepción. UNESCO 2020.
24. ONU. Convención sobre los derechos de las personas con discapacidad. ONU 2006.
25. Alves L, Pinto H. Educación histórica con el patrimonio: desafiando la formación profesorado. *Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado* 2019;22.

26. Nistal Anta V, López Aguado M, Gutiérrez-Provecho L. Formación docente e inclusión educativa: un estudio comparado en Italia y España. Revista española de educación comparada 2021;1:236–59.



© 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/>

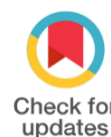
Evaluación de las variaciones espaciotemporales en extensión y salud de manglares en Ecuador continental asociadas a la acuicultura mediante índices espectrales.

Gabriela Elizabeth Santana Baque ¹  Yarelys Ferrer-Sánchez ¹  Josselin Valeria Saltos Icaza ¹  Mariuxi Fernanda Cevallos Chevez ¹ , Magaly Monserrate Puente Mendoza ¹ , Bryan Ricardo Villanueva Pérez ¹ , Josthin Alexander Coello Carriel ¹ .

¹ Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Facultad de posgrado, Quevedo, Ecuador.

✉ Correspondencia: gaby92192@hotmail.com  + 593 968407746

DOI/URL: <https://doi.org/10.53313/gwj82215>



Resumen: En Ecuador los monitoreos de manglares in situ tienen limitaciones debido a poco acceso a las áreas de estudio, ante estas condiciones, el uso de información satelital se ha convertido en una herramienta complementaria clave permitiendo una evaluación continua y detallada del estado de salud a lo largo del tiempo de este ecosistema. Este estudio analizo la cobertura en un periodo comprendido entre 1996 y 2024. Se seleccionaron 122 puntos de muestreo distribuidos aleatoriamente dentro de zonas de manglar del litoral ecuatoriano. En cada punto se extrajeron valores mensuales y anual de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) y el índice mejorado de vegetación (EVI) comparados de forma anual, mensual y por región, en grupos de observaciones a distancia > 1 km de los manglares para análisis de vegetación costera. Obteniendo a > 1 km un NDVI (0,491) y EVI (0,299) más alto que los de < 1 km (0,442; 0,268 respectivamente). Adicional se observó una tendencia decreciente del área de manglar desde 1996 hasta el 2010, seguida de un aumento gradual desde 2010 hasta el 2019. En 2020 la cantidad de manglares disminuyó. Las zonas acuícolas se expandieron desde el 2000 al 2024. Esmeraldas tuvo un aumento de 97,04 ha, Manabí 705,35 ha, Santa Elena 1.279,18 ha, Guayas 2.484,48 ha.

Green World Journal /Vol 08/Issue 02/215/ May -August 2025 /www.greenworldjournal.com

Cita: Santana Baque, G. E., Ferrer-Sánchez, Y., Saltos Icaza, J. V., Cevallos Chevez, Mariuxi Fernanda , Puente Mendoza, Magaly Monserrate Villanueva Pérez, B. R., & Coello Carriel, J. A. (2025). Evaluación de las variaciones espaciotemporales en extensión y salud de manglares en Ecuador continental asociadas a la acuicultura mediante índices espectrales. Green World Journal, 8(02), 125. <https://doi.org/10.53313/gwj81215>

Received: 15/April/2025

Accepted: 28/May/2025

Published: 30/May/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>

ha y El Oro 1159,8 ha. Se evidencio que la actividad acuícola tuvo influencia en el estado ecológico de los manglares, afectando su productividad primaria y los procesos funcionales del ecosistema.

Palabras claves: ecosistemas costeros, NDVI, EVI, análisis de series temporales, teledetección, monitoreo de mangle.

Temporal variations in mangroves of continental ecuador related to aquaculture using spectral indices

Abstract: In Ecuador, in situ monitoring of mangrove forests has limitations due to limited access to the study areas. Given these conditions, the use of satellite information has become a key complementary tool allowing a continuous and detailed assessment of the state of health of these ecosystems over time. This study analyzed coverage over a period from 1996 to 2024. A total of 122 randomly distributed sampling points were selected within mangrove areas along the Ecuadorian coast. At each point, monthly and annual values of Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and the Enhanced Vegetation Index (EVI) were extracted and compared annually, monthly and by region, in groups of observations at distances $>$ and $<$ 1 km from the mangroves for coastal vegetation analysis. Obtaining at $>$ 1 km a higher NDVI (0.491) and EVI (0.299) than those of $<$ 1 km (0.442; 0.268 respectively). Additionally, a decreasing trend of mangrove area was observed from 1996 to 2010, followed by a gradual increase from 2010 to 2019. In 2020 the amount of mangroves decreased. Aquaculture areas expanded from 2000 to 2024. Esmeraldas had an increase of 97.04 ha, Manabí 705.35 ha, Santa Elena 1,279.18 ha, Guayas 2,484.48 ha and El Oro 1159.8 ha. It was evident that the aquaculture activity had an influence on the ecological state of the mangroves, affecting their primary productivity and the functional processes of the ecosystem

Keywords: coastal ecosystems, NDVI, EVI, time-series analysis, remote sensing, mangrove monitoring.

1. Introducción

Los manglares son ecosistemas costeros fundamentales que ofrecen servicios ecosistémicos esenciales, como la protección contra el oleaje y fuertes vientos, estabilización de sedimentos y provisión de hábitats críticos para numerosas especies [1]. La diversidad y abundancia de fauna en estos ecosistemas está directamente relacionada con su estado de conservación, los convierte en indicadores clave de la salud ambiental costera [2]. Además, los manglares sustentan la pesca artesanal y comercial, ya que son áreas de cría para miles de millones de peces juveniles cada año [3].

Uno de los servicios más relevantes de los manglares es su capacidad para capturar y almacenar grandes cantidades de carbono azul, tanto en su biomasa como en los sedimentos, contribuyendo de manera significativa a la mitigación del cambio climático[4]. Se estima que pueden almacenar hasta 1000 toneladas de carbono por hectárea, superando ampliamente a otros tipos de bosques en su potencial de secuestro de carbono a largo plazo [5]. Esta función es especialmente relevante en el contexto actual de los compromisos globales para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero [6].

Sin embargo, los manglares en Ecuador enfrentan múltiples amenazas derivadas de la actividad humana,

como la expansión de la acuicultura, el desarrollo costero, sobreexplotación de recursos y la contaminación, especialmente por residuos sólidos y plásticos [7]. La acumulación de plásticos en los sistemas radiculares de los manglares no solo afecta la salud de las plantas al bloquear la luz solar y dificultar la absorción de nutrientes [8], sino que también impacta negativamente en la fauna asociada, como cangrejos y peces, que pueden ingerir microplásticos y transferirlos a la cadena trófica.

La pérdida de manglares a nivel global ha disminuido en las últimas décadas, en parte gracias a esfuerzos de conservación y restauración. Entre 2000 y 2020, la tasa anual de pérdida mundial se redujo de 0.12% a 0.07%, aunque la acuicultura sigue siendo el principal motor de deforestación, responsable del 27% de la pérdida total en ese periodo [9]. En Ecuador, los manglares se distribuyen principalmente en las provincias de Guayas (106176.50 ha), Esmeraldas (25289.59 ha), El Oro (19095.15 ha), Manabí (3526.95 ha), zona marina (1760.48 ha), zona de islas (49.33 ha) y provincia Santa Elena (34.38 ha), lo que resalta la importancia de estrategias regionales diferenciadas para su manejo y conservación.

El marco institucional en Ecuador, respaldado por la Constitución de 2008, el Código Orgánico del Ambiente de 2018 y acuerdos internacionales como el Plan de Acción Regional de la Comisión Permanente del Pacífico Sur (CPPS), proporciona una base sólida para la conservación y el uso sostenible de los manglares [10]. Sin embargo, la presión de la antropización y la necesidad de fortalecer la gobernanza local y la educación ambiental siguen siendo retos prioritarios.

Otro de los retos que enfrenta Ecuador es el monitoreo de la salud de los manglares. Este es un desafío logístico debido a la ubicación de estos ecosistemas en zonas intermareales de difícil acceso y a las condiciones ambientales variables. Ante estas limitaciones, los índices espectrales derivados de teledetección se han consolidado como herramientas eficaces para evaluar la salud y el estado de estos ecosistemas, permitiendo analizar la reflectancia espectral de la vegetación y estimar la cantidad de clorofila y otros pigmentos como indicadores de estrés ambiental [11–13]

En este contexto y tomando en consideración las necesidades de información para consolidar estrategias adecuadas para la gestión de los manglares ecuatorianos, el objetivo principal de este estudio fue evaluar las variaciones espaciotemporales en la salud de los manglares del Ecuador continental asociadas a la acuicultura, utilizando índices espectrales. Se caracterizó la salud de los manglares, se analizaron los cambios en los índices espectrales y se estimó el impacto de la actividad acuícola. Los resultados aportan una línea base para el monitoreo en tiempo real y son fundamentales para la preservación sostenible de la ictiofauna y los recursos naturales costeros en el país.

2. Materiales y métodos

2.1. Caracterización de la salud de los manglares a través de índices espectrales

El estudio se realizó en Ecuador continental, en la región costera que cubre las provincias Esmeraldas, Manabí, Santa Elena, Guayas y El Oro, donde aparecen los manglares costeros del país. Se recopiló información de diversas bases de datos externas, incluyendo la cartografía del Instituto Geográfico Militar (IGM) mediante descargas desde su geoportal(<https://www.geoportaligm.gob.ec/portal/>). También se utilizó la base de datos Global Mangrove Watch, que proporciona información vectorial sobre manglares a nivel global, la cual fue empleada como referencia temática para la identificación de los manglares incluidos en el estudio. La plataforma AppEEARS facilitó la extracción de índices EVI y NDVI.

Se utilizaron mapas vectoriales de manglares elaborados a nivel global, disponibles en la base de datos Global Mangrove Watch [14]. Para evaluar la salud de estos ecosistemas, se generaron hasta 122 puntos de muestreo aleatorios en diversas áreas de manglares en las provincias Esmeraldas, Guayas, El Oro, Manabí y Santa Elena. El tamaño de la muestra se determinó en función de varios criterios: áreas de manglar que incluyeran grandes parches de vegetación, asegurando que en cada píxel predominara la vegetación sobre el agua, de modo que se abarcaran todos los parches de importancia relativa a nivel local. Además, se usó una resolución espacial de las variables de 250 m, una distancia mínima de 1 km entre los puntos de muestreo y una separación mínima de 1 km entre los manglares y las zonas de acuicultura. Es importante señalar que el término "manglar" se utiliza en el contexto de la formación boscosa halófila, y no en el sentido más amplio de ecosistema, que incluiría también otras vegetaciones asociadas, cuerpos de agua y terrenos fangosos desnudos que a veces se encuentran dispersos en islotes [15].

Para monitorear la salud de los manglares asociados a la acuicultura en una serie de tiempo, se empleó el producto MOD13A1-061, escena h10v08 del satélite MODIS Terra de 16 días de frecuencia de recorrido y 250 m de resolución espacial [16]. Los datos fueron tomados a través de los servicios de la plataforma AppEEARS (Application for Extracting and Exploring Analysis Ready Samples). Este es un sistema de cómputo en la nube que permite acceder a datos precisos, ya preprocesados y listos para su análisis, del centro de datos LP DAAC (Land Processes Distributed Active Archive Center) de la NASA Earth Observing System (AppEEARS Team 2022).

Para acceder a los datos se definieron el intervalo de fechas, la periodicidad y el producto MOD13A1-061, del cual se extraerían los índices EVI (índice de vegetación mejorado) y NDVI (índice de vegetación de diferencias normalizadas). Los datos resultantes contenían la información: coordenadas, fechas, EVI, NDVI, Descripción de la calidad de la información del píxel ("Pixel not produced due to other reasons than clouds",

"Pixel produced, but most probably cloudy", "VI produced with good quality" y "VI produced, but check other QA").

En los datos procesados se crearon nuevas columnas que separaban año y mes. Posteriormente, se filtraron los 64657 datos totales, obteniendo 46167 datos de EVI y NDVI, seleccionando solo aquellos que cumplían con los valores de control de calidad, es decir, buena calidad del píxel "VI produced with good quality". Además, estos datos fueron filtrados de forma independiente y se eliminó el 5% de los valores extremos [17], por cuanto podrían constituir outliers (por lo que el tamaño de muestra final no fue el mismo entre años).

Estos índices seleccionados son ampliamente usados en el monitoreo de la vegetación por asociarse a numerosos aspectos ecológicos y funcionales de la misma [17]. Particularmente, el NDVI se emplea con frecuencia como medida de la abundancia de áreas verdes, salud de los elementos vegetales y actividad fotosintética. El EVI es un índice que mide la cantidad de vegetación en un área determinada y se calcula en función de la reflectancia de la luz en las regiones roja y del infrarrojo cercano del espectro electromagnético [18]. Los valores del EVI y NDVI van de -1 a 1 [19], donde los valores negativos indican ausencia de vegetación, los valores cercanos a cero suelo desnudo o vegetación senescente y los valores cercanos a 1 vegetación densa con alta productividad [20]. En el contexto de este estudio, los valores del EVI se interpretaron de la siguiente manera: valores bajos ($< 0,2$), moderados ($0,2$ a $0,5$), altos ($> 0,5$) [21]. Las áreas de arena, roca o nieve muestran valores de $0,1$ o menos. La vegetación escasa, como los cultivos senescentes, muestra valores moderados de NDVI de entre $0,2$ y $0,5$. Los valores altos de NDVI de $0,6$ a $0,9$ corresponden a una vegetación densa [22].

Al analizar la salud de cada manglar, en función de los índices espectrales, los puntos de muestreo se dividieron en 62 puntos aleatorios cerca de las granjas camaroneras (< 1 km) y 60 puntos alejados de estas áreas (> 1 km), estos últimos sirviendo como puntos de control. La razón para considerar un punto como "lejano" solo si está a más de 1 km de distancia, se debió a la resolución espacial de la imagen MODIS, que es de aproximadamente 250 m. Esto significa que cualquier punto dentro de 1 km de una granja camaronera probablemente estaría influenciado por la firma espectral de la granja, lo que dificulta distinguir entre la respuesta espectral natural del manglar y el impacto de la granja. Al seleccionar puntos a una distancia de más de 1 km, tendríamos mejor probabilidad de que los datos espectrales recopilados sean más representativos del estado natural del manglar, sin afectarse por las granjas camaroneras cercanas.

Para obtener las áreas de las zonas dedicadas a la acuicultura en el 2000 y 2024, se trabajó en el software Google Earth Pro. A través de la interpretación visual y la delineación manual de polígonos en

función de una serie de atributos, como tonalidad y textura, se crearon los vértices y se digitalizaron las piscinas representativas de la acuicultura. Estos datos vectoriales se transformaron a la extensión shapefile (shp) en QGIS, agregando el nuevo campo de hectáreas y estableciendo la extensión del área. Posteriormente, se generaron los mapas temáticos que demuestran el cambio producido en el periodo de 1996 al 2020.

Toda la información pasó por un proceso de análisis, clasificación y estandarización, con el fin de evitar la duplicidad de información. La información estandarizada en términos de proyección, y todas las capas se proyectaron a UTM-WGS84. Para cada provincia se calculó el área de manglar y los resultados se compararon temporalmente para detectar cambios en el área y la distribución.

El estudio diseñado tuvo como factores a los siguientes cuatro elementos: Provincia (Esmeraldas, Manabí, Santa Elena, Guayas y El Oro), años (24), meses del año y distancia a zonas acuícolas. Las variables respuesta fueron los índices espectrales EVI y NDVI y el área de los manglares y como variable independiente se obtuvo el área de los polígonos acuícolas.

Todos los datos obtenidos fueron sometidos a las pruebas de normalidad y homogeneidad de varianzas para verificar el cumplimiento de los supuestos para la aplicación de pruebas paramétricas. Los datos no siguieron una distribución normal (Shapiro Wilk; EVI: $W=0,95$; $p=0,00018$; NDVI: $W=0,93$; $p=0,0001$), por lo que todos los análisis realizados fueron no paramétricos. Se realizó un análisis descriptivo de los datos considerando los estadísticos de tendencia central (media, mediana) y de variabilidad (desviación y error estándar). Se trabajó con un intervalo de confianza del 95%. Los datos se representaron con gráficos de caja (box plot) para visualizar su distribución.

2.2. Cambios espaciotemporales de los índices espectrales en los manglares por provincia

Todos los gráficos se agruparon por provincia, temporalidad y distancia a zonas acuícolas lo que facilitó la comparación e identificación de patrones, así como tendencias en los datos. Además, se realizó un análisis descriptivo detallado de los datos, según la distancia de las camaroneras al manglar. Las categorías de distancia en relación con los manglares: "cercano" (menos de 1 km) y "lejano" (más de 1 km) permitieron evaluar y comparar las características de los índices espectrales en función de la proximidad de los manglares a las zonas de acuicultura.

Se aplicó el Análisis Clúster con distancia euclideana y método de Ward para agrupar los manglares de Ecuador continental en función de la similitud en cuanto a salud y productividad de estos representadas por los valores del EVI y NDVI. Se representó el dendrograma de similitud. Estos análisis se llevaron a cabo

en el programa Statistica v 8.1 [23]

2.3 Influencia de la expansión de la acuicultura sobre la salud de los manglares

Se realizaron análisis univariados para comparar los índices espectrales entre los manglares utilizando la prueba U de Mann-Whitney. Esta prueba estadística no paramétrica permitió determinar si existían diferencias significativas entre los índices espectrales en función de la distancia a los manglares. Todos estos análisis se realizaron en el programa Xlstat 2024.

Por otra parte, se compararon los índices espectrales de cada región temporalmente a través de la prueba no paramétrica Kruskal-Wallis (KW) que evalúa si todas las muestras provienen de poblaciones con la misma mediana. Además, se analizó la variación mensual utilizando esta misma prueba. Sin embargo, para explicar estos resultados se asumieron dos estaciones climáticas: estación seca (junio-octubre) y lluviosa (diciembre-abril) [24].

3. Resultados

3.1. Caracterización de EVI y NDVI en manglares por periodo de tiempo

En cuanto al conjunto de datos del EVI (Fig. 1), el valor más alto (0,91) se registró en el 2023, indicando una productividad alta. Por otro lado, el valor más bajo del EVI se registró en el 2022, con un valor mínimo de -0.021. Esto sugiere que la productividad de la vegetación en ese año fue baja en comparación con otros.

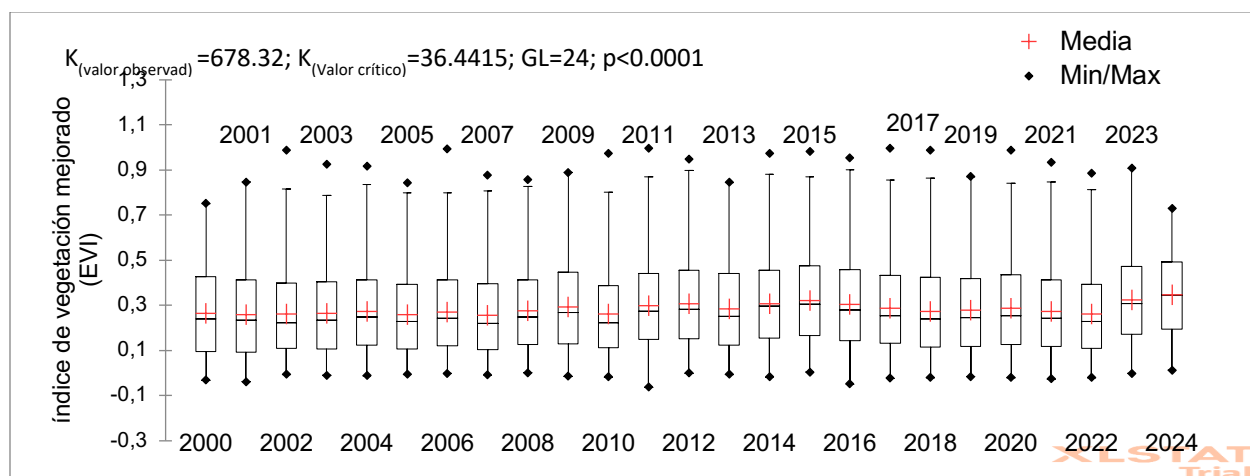


Figura 1. Índice de vegetación mejorado (EVI) en manglares de Ecuador continental por período de tiempo del 2000 al 2024

Para el NDVI, el valor más alto (0.97) se registró en el 2024, mientras que en el 2000 fue bajo en

comparación con otros años. En los datos analizados para el EVI y el NDVI durante diferentes meses, se destacaron observaciones significativas. El EVI alcanzó su valor promedio y mediana más altos en abril (0.35), mientras que la mayor varianza (0.035) se registró en junio y julio, indicando mayor variabilidad en estos meses.

Para el NDVI la mediana más alta 0.664 se observó en abril y la mayor variabilidad en los datos de julio. En general, los valores más altos de ambos índices se presentaron en abril y febrero, coincidiendo con la época de lluvias, mientras que los valores más bajos se presentan en agosto y octubre, considerados como periodo seco. Además, el NDVI tuvo valores más altos que el índice EVI en todos los meses.

3.1.1. Variación de los índices espectrales en manglares según la cercanía a camaroneras

En los manglares próximos a las camaroneras ($< 1\text{km}$), los valores de EVI y NDVI variaron a lo largo de los años, con fluctuaciones de la vegetación en estas áreas. En el EVI la media más alta (0.328) fue observada en el 2024 y los valores más bajos (0.241) en el año 2007.

En el NDVI la mediana más baja se presentó en el año 2001 con un valor de 0.191, y la mediana más alta se presentó en el año 2024 con un valor de 0.321. La media más baja se presentó en el año 2007 con un valor de 0.241, y la media más alta se presentó en el año 2024 con un valor de 0.328. La dispersión de los valores de NDVI fueron menores en el año 2022 respecto al año 2011.

En general, se observó una mayor variabilidad en los valores de NDVI que en los de EVI, lo que puede estar relacionado con la heterogeneidad de la vegetación y la presencia de diferentes tipos y estados de vegetación en las diferentes regiones y momentos del año. En resumen, mostró los valores medios de los índices de vegetación EVI y NDVI para diferentes meses del año, y refleja las fluctuaciones estacionales en la cobertura y la salud de la vegetación.

Se observó una clara variación estacional en el NDVI de los manglares adyacentes a las granjas camaroneras, con un pico de 0.579 registrado en marzo, coincidiendo con la época de lluviosa, y su nivel bajo en agosto con un valor de 0.352, correspondiente a la época de sequía; en general, los meses de marzo, mayo y junio presentan valores más altos, caracterizados por lluvias y humedad, mientras que agosto y octubre muestran valores asociados a la sequía.

3.1.2. Variación de los índices espectrales en manglares $> 1\text{ km}$ de las granjas camaroneras

En los manglares alejados de las camaroneras ($> 1\text{ km}$), el EVI mostró que la vegetación en el área de estudio alcanzó su nivel más bajo (0.049) en 2016 y su nivel más alto (0.907) en 2023. La mediana

y la media reflejan una tendencia, similares en 2015 y más bajos en 2000. En cuanto al NDVI, se observó que la vegetación alcanzó su nivel más bajo en 2001 y su nivel más alto en 2009, con una mediana de 0.495 en 2000 y 0.618 en 2015. Los datos también revelaron un patrón estacional claro en la productividad de la vegetación, con el EVI mostrando valores mínimos en noviembre (-0.025) y máximos en abril (0.992), mientras que el NDVI presentó su mínimo en julio (-0.024) y su máximo en febrero (0.998).

Se analizó la variación del área de mangle a través de los años entre 1996 hasta 2020 (Fig. 2) y se observó que el promedio del área de manglares se mantuvo estable a lo largo de los años. Solo se distinguen valores más altos en la cantidad de área de mangle en 1996 y 2007 de ahí en adelante los valores son menores hasta el 2020.

Particularmente, aunque todos los manglares tuvieron una disminución de área entre 1996 y 2020, las mayores pérdidas de manglar se observaron en Santa Elena (pérdida del 34%), Manabí (pérdida del 19%) y El Oro (pérdida del 18%). En Esmeraldas y Guayas se ha perdido entre el 4.5% y 5.5% del área de manglar respectivamente.

La zona de manglares en Ecuador ha disminuido del 2.7% entre 1996 y 2007, pasando de 139963.29 ha a 133243.18 ha. La superficie de manglares se redujo a 128356.01 ha en 2010. Sin embargo, entre 2010 y 2015, la superficie se mantuvo estable, con un ligero aumento en 2016. Aunque hubo una disminución en 2017, la superficie de manglares se recuperó en 2018 y continuó creciendo, alcanzando las 129690.56 ha en 2020, lo que representó un aumento del 0.03% con respecto al año anterior (Fig. 2).

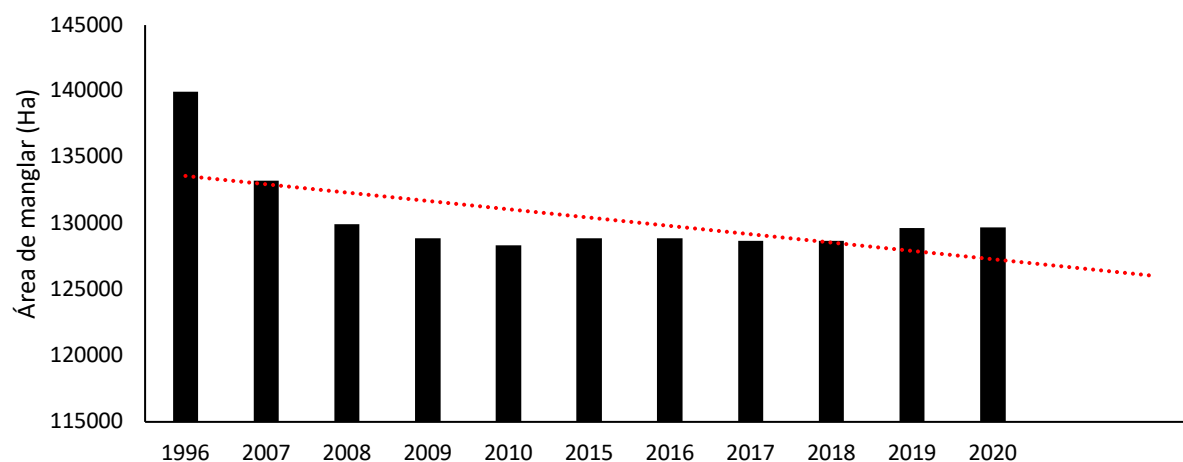


Figura 2. Variación del área de los manglares de Ecuador continental a lo largo del tiempo (periodo 1996–2020).

3.2. Cambios espaciotemporales de los índices espectrales en los manglares por provincia

El análisis de los índices EVI y NDVI mostró diferencias significativas en la productividad de los manglares de Ecuador según la región y la estacionalidad. En Esmeraldas, los años más productivos fueron 2009, 2015, 2023 y 2024 ($p < 0.0001$), con valores máximos entre enero y abril, asociados a la época de lluvias. En Manabí, los mayores valores se registraron en 2002, 2009, 2011, 2015, 2023 y 2024 ($p < 0.0001$), con picos de productividad en febrero, marzo, abril y mayo. En Guayas, los años de mayor productividad fueron 2012, 2014, 2015 y 2016 ($p < 0.0001$), alcanzando sus valores más altos entre marzo y mayo. En El Oro, la mayor productividad se observará en 2015, 2016, 2023 y 2024 ($p < 0.0001$), con los índices más altos en enero, febrero, abril y mayo.

El análisis de agrupamiento que muestra la similitud en cuanto a productividad de estas zonas de manglares costeros a lo largo de la costa ecuatoriana mostró la formación de 2 grandes clústeres, uno que separa a los manglares de Santa Elena del resto de manglares de Ecuador continental (Fig. 3). Dentro del segundo clúster se identificaron dos subgrupos más, uno que resalta las similitudes entre los manglares del Oro y Manabí, y el otro agrupa a los manglares de Guayas y Esmeraldas (Fig. 3).

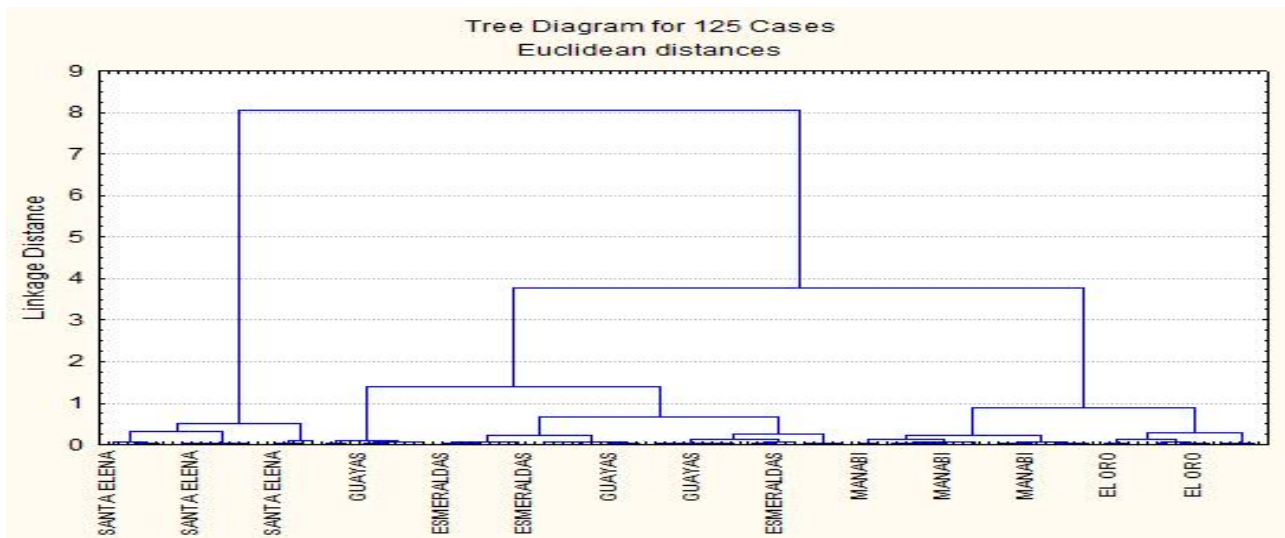


Figura 3. Dendrograma de similitud entre los manglares de la costa de Ecuador continental, en función de los índices espectrales de vegetación (EVI y NDVI).

3.3. Influencia de la expansión de la acuicultura sobre la salud de los manglares

Las provincias costeras del Ecuador experimentaron aumentos de la acuicultura en su superficie de manglares. Esmeraldas tuvo un aumento de 97.04 ha, Manabí de 705.35 ha, Santa Elena incrementó 1279.18 ha. Guayas aumentó en 2484.48 ha, y El Oro obtuvo un crecimiento de 1159.80 ha. Estos cambios reflejan la naturaleza dinámica de la actividad humana en las regiones costeras (Fig. 4 y 5).

Figura 4. Relación de áreas de Manglares de las provincias Costeras (Esmeraldas, Manabí, Santa Elena, Guayas y El Oro) vs zonas de producción acuícolas, Año 1996

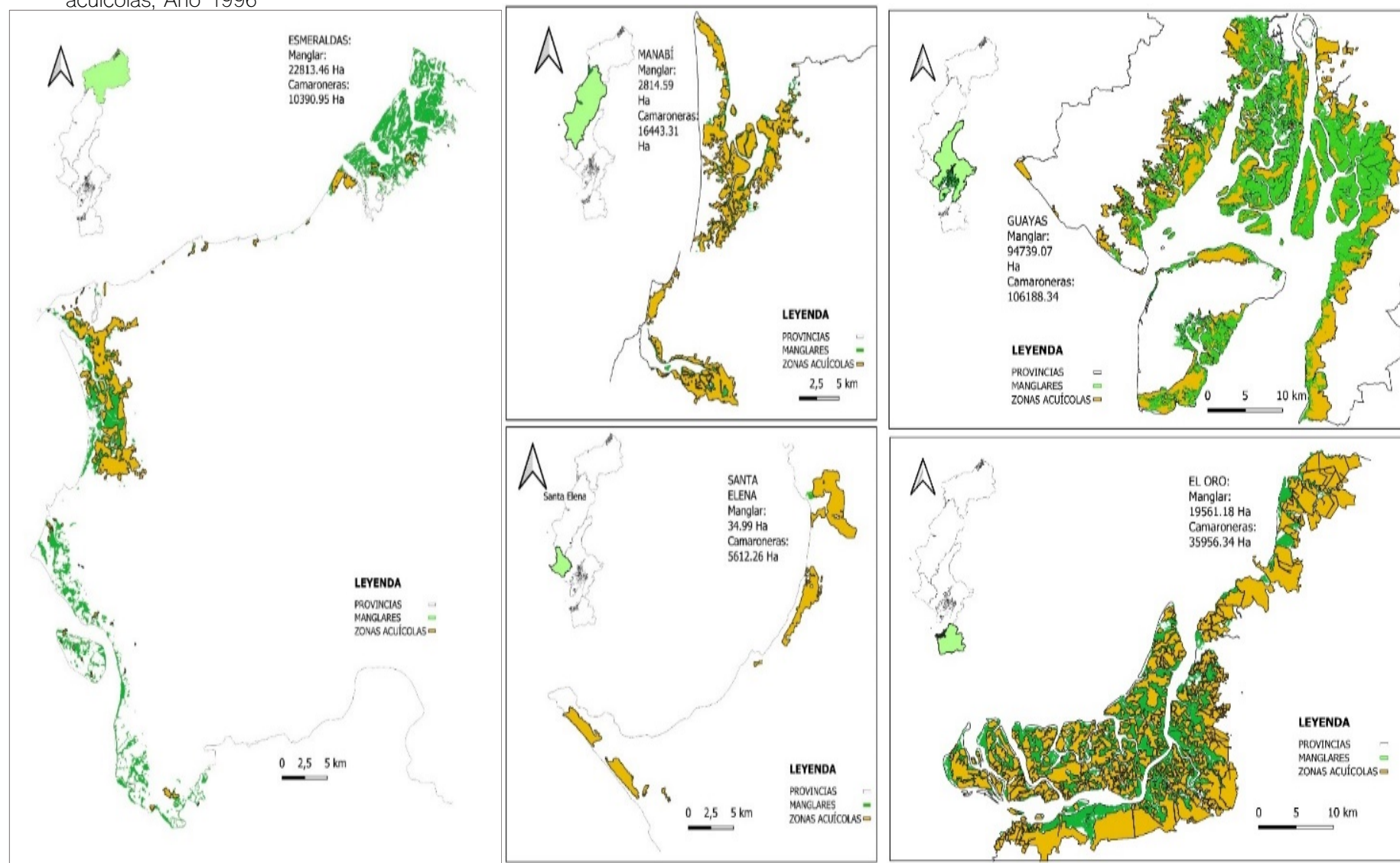
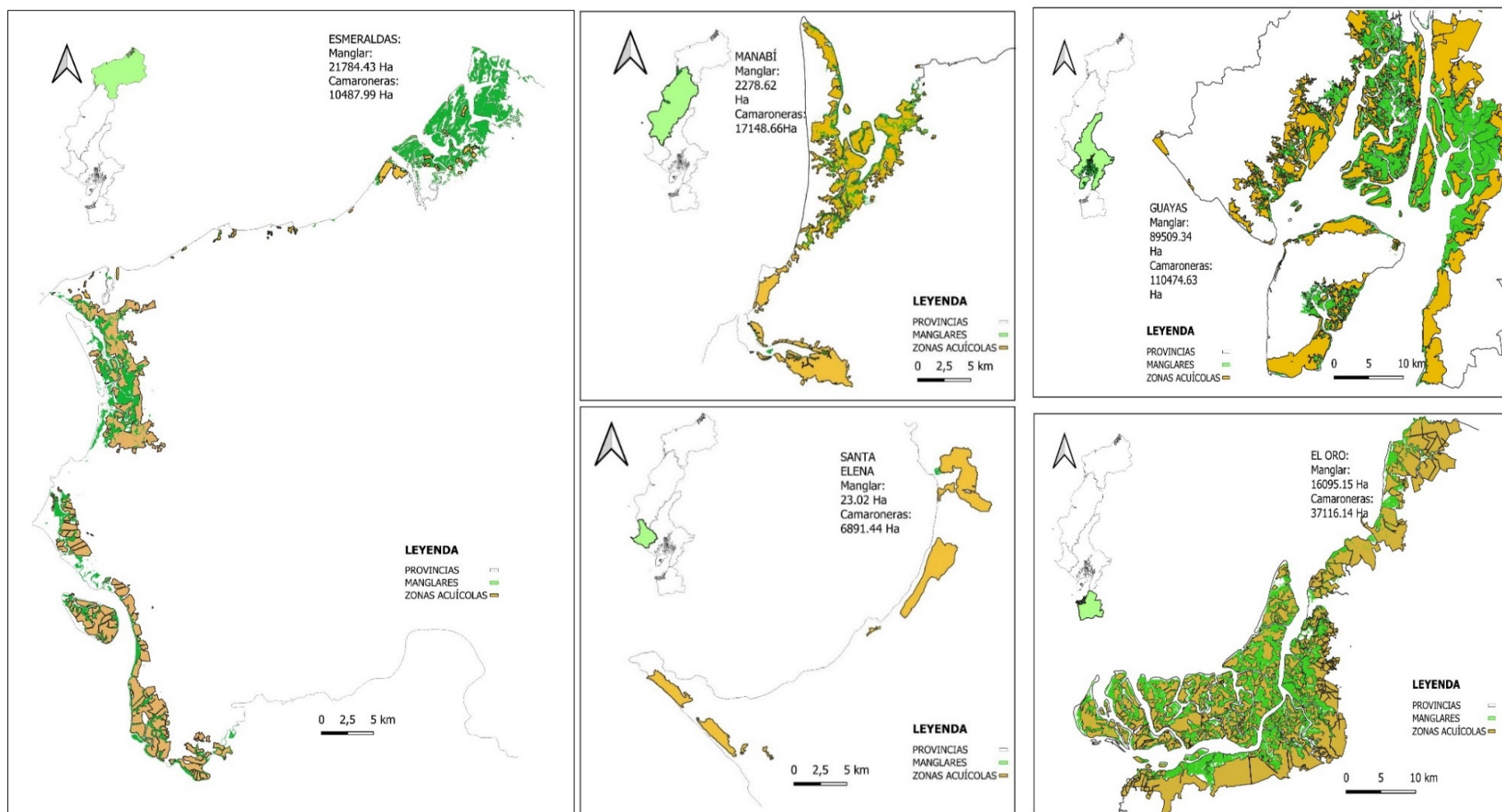


Figura 5. Relación de áreas de Manglares de las provincias Costeras (Esmeraldas, Manabí, Santa Elena, Guayas y El Oro) vs zonas de producción acuícolas, Año 2024



3.3.1. Área de manglar vs área de camaroneras

La proximidad de los manglares a las camaroneras puede tener un impacto negativo en la vegetación y su salud. Se compararon los valores del EVI a una distancia < 1 km y > 1 km de las camaroneras, los resultados indicaron que los valores de productividad de la vegetación fueron mayores en manglares más alejados ($U = -20.025$; $p < 0.0001$). En el NDVI se observó el mismo patrón, los manglares más alejados de las camaroneras tuvieron valores mayores de productividad. En este caso, el tamaño de efecto fue mayor que las variaciones del EVI entre los dos grupos de manglares analizados ($U = -18.46$; $p < 0.0001$) (Fig. 6).

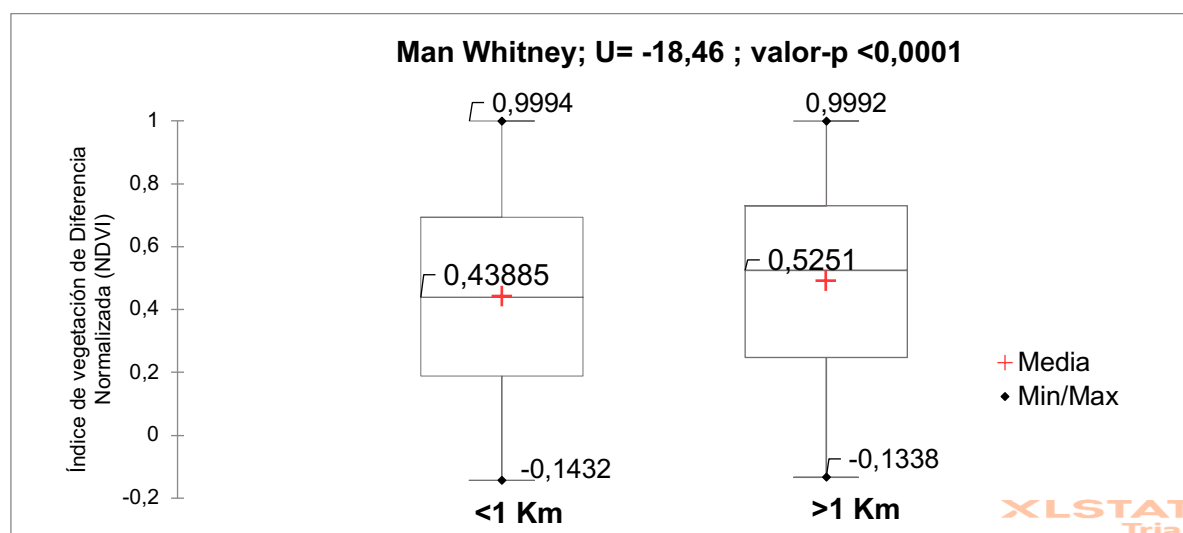


Figura 6. Variación de la productividad de los manglares, medido a través del índice de vegetación mejorado, entre manglares próximos a camaroneras y otros alejados a > 1km

3.3.2. Área de manglar por provincia en estudio vs área de camaroneras

El patrón observado de forma general para la mayor productividad de los manglares más alejados de las actividades de acuicultura se repite en cada provincia. En Esmeraldas se registraron valores de EVI (0.337) y NDVI (0.517) significativamente mayores ($p < 0.0001$) respecto a manglares próximos a camaroneras. En Manabí y el resto de las provincias con manglares sucedió lo mismo, los valores de EVI (0.284) y NDVI (0.462) significativamente mayores ($p < 0.0001$), Guayas: EVI (0.24) y NDVI (0.44) ($p < 0.0001$), El Oro: EVI (0.269) y NDVI (0.488) ($p < 0.0001$) en manglares distantes de las camaroneras. Estos resultados registran que la distancia a las camaroneras este resultado pudo ser influenciado por eventos climáticos extremos temperatura y evapotranspiración (Torres et al. 2023) asociada con una mayor productividad en los ecosistemas de manglares.

4. Discusión

En el presente trabajo se hace una caracterización detallada de las respuestas espectrales de la vegetación de manglar para Ecuador continental, a partir de índices de vegetación. La obtención y el

empleo de los índices espectrales de vegetación es sencilla, pero necesita de mayor esclarecimiento debido a que no son de interpretación directa o intuitiva como otras medidas tradicionales de la vegetación [17]. Sin embargo, la mayoría de las aplicaciones de sensores remotos en estudios de vegetación de manglar en Ecuador se enfocan en su mapificación, y no consideran las variaciones de los índices que son un proxy de la productividad del ecosistema, asociadas a la mayor presión antrópica: la acuicultura.

En los manglares localizados a menos de 1 km de las camaroneras, los valores de NDVI y EVI mostraron variaciones significativas a lo largo del periodo analizado, reflejando cambios en la biomasa y vigor vegetal en respuesta a la presión ejercida por la producción acuícola. El EVI presentó su media más alta en 2024 (0,328), posiblemente relacionada con esfuerzos de conservación o cambios en la intensidad de uso del suelo, mientras que el valor más bajo se registró en 2007 (0,241), coincidiendo con una etapa crítica de expansión de las camaroneras.

La disminución en estos índices espectrales puede indicar pérdida de cobertura vegetal, estrés fisiológico en el manglar y degradación del hábitat, lo que a su vez repercute en funciones ecológicas clave como la producción de detritos, la captación de carbono y el sostenimiento de cadenas tróficas asociadas. La proximidad de las camaroneras podría estar provocando alteraciones en la salinidad, calidad del agua y dinámica sedimentaria, afectando la regeneración natural del mangle y la biodiversidad asociada (Nguyen et al. 2022).

La disponibilidad de agua dulce y la ausencia de eventos extremos, como sequías o inundaciones, parecen ser factores clave que influyen positivamente en la productividad de los manglares, tal como lo indican Torres y [25]. Sin embargo, estos resultados también pueden estar condicionados por eventos climáticos extremos, particularmente variables como la temperatura y la evapotranspiración, que afectan la dinámica funcional de estos ecosistemas [26]. Además, se observa que, durante la temporada de lluvias, los manglares presentan una mayor productividad en comparación con los meses secos, lo cual se atribuye a una mayor disponibilidad de agua dulce que reduce la salinidad en el sistema, facilitando la absorción de nutrientes y promoviendo el crecimiento vegetal [27]. No obstante, la variación y disminución de las precipitaciones también pueden limitar el suministro de sedimentos en los manglares estuarinos, reduciendo la producción de hojarasca autóctona, proceso que puede verse afectado por factores como la disponibilidad de agua, la temperatura y el contenido de nutrientes en el suelo [28]. Estas observaciones plantean la hipótesis de que las condiciones climáticas y las alteraciones provocadas por actividades humanas, como la acuicultura, interactúan para influir en la dinámica y productividad de los manglares, evidenciando la complejidad de estos sistemas y la necesidad de considerarlos en estrategias de manejo y conservación.

Por consiguiente, puede verse agravada por las actividades humanas relacionadas con la acuicultura. Estas alteran los flujos naturales del agua, modifican la salinidad y, a través de la descarga de efluentes,

afectan la calidad del agua y la disponibilidad de nutrientes en el ecosistema. Estos cambios inducidos por las camaroneras, en conjunto con las variaciones climáticas, pueden disminuir aún más la disponibilidad de sedimentos y reducir la producción de hojarasca, comprometiendo la protección y función ecológica de los manglares.

La estructura y productividad de los ecosistemas de manglares se ven profundamente influenciadas por las condiciones climáticas, lo que conlleva a variaciones significativas en la biomasa y el crecimiento primario de estas formaciones vegetales. Se ha observado que la productividad de los manglares tiende a disminuir conforme se avanza hacia latitudes más altas. Entre los factores climáticos que limitan la distribución del mangle, destaca el patrón de circulación de aire de Este a Oeste, el cual determina la distribución espacial del mangle a lo largo de numerosas lagunas costeras. Además, la relación a la precipitación es un factor ambiental ampliamente reconocido como limitante en el desarrollo de las plantas, incluido el mangle [29].

El EVI y el NDVI analizaron el comportamiento de la vegetación tanto a lo largo de los años (2000 a 2024) como en las temporadas secas y húmedas en las áreas de estudio (Esmeraldas, Manabí, Santa Elena, Guayas y El Oro). El NDVI presenta una mayor precisión en todos los casos, dado que refleja la actividad fotosintética de la vegetación verde viva [30]. Además, la vegetación responde de manera significativa a las variaciones climáticas, especialmente en relación con las precipitaciones. Sin embargo, estas respuestas difieren notablemente entre los distintos tipos de formaciones vegetales.

En particular, en los ecosistemas de humedales, donde el agua generalmente no representa un factor limitante, las respuestas a las precipitaciones pueden ser menos evidentes. Esto podría explicar por qué la estacionalidad marcada en los índices espectrales se manifiesta únicamente durante el ciclo de lluvias, que comienza en enero y finaliza en mayo [31]. Durante este período, se observa una tendencia lineal ascendente en los datos, lo que sugiere un incremento en la cobertura vegetal [32]. Por lo tanto, es fundamental tener en cuenta la diversidad de respuestas de la vegetación ante las condiciones climáticas al desarrollar métodos de monitoreo y gestión de estos ecosistemas. Además, otras variables ambientales, como la humedad del suelo, las precipitaciones y la temperatura, también afectan los cambios en la vegetación a lo largo del tiempo [15]. Esto contribuiría a una predicción más precisa de la vegetación, facilitando el análisis de la evolución del entorno ambiental [32].

El NDVI es ampliamente utilizado para medir la densidad de la vegetación, pero tiene una limitación importante: pierde sensibilidad cuando hay grandes cantidades de biomasa verde. Esto significa que el NDVI puede producir resultados similares para áreas con baja densidad de vegetación y áreas con densidad de vegetación muy alta, lo que puede llevar a una interpretación incorrecta de los resultados [33]. Una solución es utilizar el índice EVI, como se hizo en este estudio, que es una versión modificada del NDVI diseñada para ser más precisa en áreas con un dosel denso, es decir, estima la producción primaria bruta en vegetación de alta densidad, como bosques y cultivos perennes, lo que la hace más

adecuada para medir la densidad de la vegetación en áreas con alta biomasa verde [34].

Cabe mencionar que una de las principales limitaciones de los índices de vegetación derivados de satélites es la presencia de condiciones de observación adversas, como la cobertura de nubes y fallas de sensores. Sin embargo, mediante el uso de técnicas de reconstrucción de datos y análisis avanzados, es posible superar estas limitaciones y obtener productos de índices confiables y útiles para una variedad de aplicaciones como la empleada en el presente estudio [35]. No obstante, se filtraron y limpiaron los datos cuidadosamente para evitar los errores asociados a estos ruidos.

La presencia de camaroneras en las zonas de manglares puede estar afectando al ecosistema. Se conoce que esta actividad acuícola es la principal impulsora del cambio de los manglares [36]. [37] señalan que la degradación y disminución del ecosistema de manglar en Ecuador se relacionan principalmente con la mencionada actividad. Esto ha llevado a una pérdida estimada del 80% de las reservas de carbono vivo o biomasa de los bosques de manglares en las costas del continente. Esta situación contribuye a la emisión de grandes cantidades de carbono a la atmósfera, acelerando el cambio climático.

Al respecto, [38] explican que el cultivo de camarón en los sistemas de manglares de Esmeraldas reduce la calidad del agua y modifica las características de los sedimentos y sus conjuntos bentónicos. El enriquecimiento orgánico en el agua aumenta durante los meses de verano, mientras que el contenido de materia orgánica en sedimentos disminuye, lo que afecta la función de almacenamiento de carbono de los ecosistemas de manglares.

La comparativa realizada entre el 2000 y 2024 en Ecuador continental ilustra 174 591.20 ha dedicadas a zonas de acuicultura, actualmente hay 180 317.05, es decir, hay un incremento de 5 725.85 ha que se han desplazado en estos últimos 24 años. El manglar proporciona el ambiente propicio para que el producto acuícola prospere ya sea porque ayuda a regular el clima al absorber CO₂ y liberar O₂, estabiliza el suelo y previene erosión, lo que permite mayor estabilidad para las camaroneras [39]. Un punto para mencionar también es la descomposición de la vegetación de manglar, que al producir detritos sirven como alimento para el camarón. Manglares y camaroneras al permanecer por largos lapsos de tiempo juntos les tocó evolucionar, con lo cual se crea dependencia. El mangle crea un hábitat adecuado para los camarones, y los camarones desarrollan adaptaciones para vivir en el mangle [40]. Esto permite una mayor producción de camarón por empresas como Santa Priscila, Songa, Omarsa, Pacific Ocean, Promarismo, Empacreci, Samisa, Exportquilsa, Expalsa y Propemar [41].

También en el periodo de estudio se observaron cambios y disminución del manglar de Ecuador continental, siguiendo el mismo patrón mundial de pérdida cuando se compara con la disminución de manglares en Myanmar, Tailandia y Camboya. Entre la década de 1970 y 2020, se registró una pérdida de 6 830.00 km² de área de manglares, lo que representa un 44% de la superficie total de manglares en los mencionados países. Estas pérdidas estuvieron relacionadas principalmente con la demanda de

desarrollo de tierras, acuicultura, incentivos económicos y fallas de políticas [42]. Aproximadamente el 35% de la superficie mundial de manglares se perdió entre los años 80 y 90, con tasas de deforestación que oscilan entre el 1% y el 8%. Los principales motores de la deforestación de los manglares en los últimos tiempos son la acuicultura, la agricultura, la expansión urbana, la extracción de productos forestales, la conversión de estanques salinos y la industria del petróleo y el gas. El auge de la acuicultura a partir de los años 70 provocó la pérdida de casi el 28% del hábitat en Asia (Bangladesh, India, China, Tailandia, Vietnam e Indonesia) y Sudamérica (Ecuador, Brasil y Perú), pero por países las pérdidas oscilan entre el 7% y el 63% [43]. Sólo en el sudeste asiático, la pérdida de manglares en favor de la acuicultura ascendió aproximadamente al 30% (1,66 millones de hectáreas). El valor económico mundial total de la pérdida de manglares por la acuicultura asciende a 3.780–17.010 millones de dólares anuales. La conversión de los manglares a la acuicultura es una respuesta a la seguridad alimentaria, que se debe principalmente al aumento de la demanda de proteínas y a la disminución de la pesca de captura marina. Sin embargo, esto no está exento de costes, como la destrucción del hábitat, la pérdida de servicios ecosistémicos, la reducción de la calidad del agua, la introducción de especies exóticas y las enfermedades [43].

A partir del 2000 la tendencia de pérdida de manglares se detuvo en Ecuador. Todos los bosques de manglares están ahora protegidos de alguna manera [36]. Se diseñó el Plan de Acción Nacional para la Conservación de los Manglares en Ecuador (Acciones de control forestal, legalización de tierras y ordenamiento territorial), que es una estrategia para la protección del manglar, aprobado por el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica en 2019. Además de la herramienta jurídica y de conservación denominada Acuerdos de Custodia y Usos Sostenible del Ecosistema de Manglar (Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica 2020), existe el Proyecto Binacional de Adaptación, implementado por el Programa Mundial de Alimentos, que apoya a las comunidades afrodescendientes e indígenas awá en la reforestación de manglares en Esmeraldas. El objetivo fundamental es reducir las causas del efecto invernadero y mantener el equilibrio global del CO₂ (World Food Programme 2022). Además, organizaciones como Conservación Internacional y el Proyecto Conservación gestionan mediante la implementación de políticas de conservación y uso sostenible, así como la creación de áreas protegidas que contengan sitios representativos de estos ecosistemas [37].

En Ecuador, las áreas alrededor de los límites de las áreas naturales protegidas no cuentan con un régimen de manejo especial, pero forman parte de los objetivos de manejo de la unidad protegida. Sin embargo, debido a los recursos financieros y humanos limitados, no es posible un control permanente sobre estas áreas, lo que puede llevar a un deterioro de la calidad ambiental en las áreas más cercanas al perímetro de las zonas protegidas [44]. En consecuencia, para revertir esta situación, el estado ecuatoriano podría iniciar un proceso de estímulo a la certificación de actividades con mayor probabilidad de producir impactos ambientales. La certificación de camarón, por ejemplo, puede abrir mercados más exigentes que ofrezcan mayores beneficios económicos a los propietarios de granjas a cambio de mejorar sus prácticas de producción y hacerlas más sostenibles. Esto reduciría los riesgos de

contaminación del agua, las afecciones a otras especies estuarinas y los conflictos con los pescadores artesanales[44], beneficiando al ecosistema de manglar de forma integral.

El crecimiento y expansión del sector acuícola creó una preocupación sobre su impacto en los ecosistemas de manglar. El análisis de la tendencia de la vegetación a través del EVI y el NDVI reveló mayores valores de estos índices en áreas alejadas de las camaroneras que influyen en los manglares. Esto implica que los manglares más alejados de camaroneras tienen mayor productividad. La hipótesis de que el crecimiento del sector acuícola tiene un impacto negativo en los manglares ha podido ser confirmada utilizando únicamente estos índices. Una menor productividad vegetal en las zonas próximas a las actividades acuícolas. La disminución en los valores de estos índices puede considerarse a varios factores relacionados con la presencia de las camaroneras, como la contaminación por descargas de efluentes que contienen nutrientes en exceso, químicos y materia orgánica, los cuales deterioran la calidad del agua y afectan la actividad fotosintética de la mangle. Además, los cambios hidrológicos debido a la construcción de estanques, canales y terraplenes alteran los flujos naturales del agua, provocando variaciones en la salinidad y condiciones de inundación que reducen la salud y vigor de la vegetación. La tala de manglares para la expansión de las camaroneras fragmenta el hábitat, disminuyendo la densidad de la vegetación remanente y reflejándose en índices vegetales más bajos. Finalmente, la remoción de vegetación para la construcción de instalaciones acuícolas puede causar erosión costera y cambios en la sedimentación, afectando la estabilidad y calidad del suelo en que crecen los manglares, reduciendo así su productividad.

5. Conclusión

La caracterización de los índices de vegetación (EVI y NDVI) en los manglares de Ecuador entre 2000 y 2024 revela una variabilidad significativa en sus valores. El NDVI mostro valores más altos y mayor variabilidad relativa en comparación con el EVI. Los valores anuales más altos del EVI fueron observados en el 2023 (0.90) y para el NDVI en el 2024 (0.97). En el análisis mensual, el valor más alto fue en febrero (época lluviosa) para ambos índices y los valores más bajos en agosto y octubre (época seca). Los manglares ubicados en proximidad a las camaroneras presentaron valores en marzo, mientras que aquellos más alejados alcanzaron sus máximos en abril (EVI = 0.99) y febrero (NDVI = 0.90), respectivamente.

El estudio detallado de los índices espectrales de vegetación en los manglares de Ecuador entre 2000 y 2024 evidencia variaciones significativas en su distribución espacio-temporal. Se destacan diferencias entre el EVI y el NDVI en las áreas analizadas, que incluyen Esmeraldas, Manabí, Guayas y El Oro. En términos generales, se observará una mayor productividad en los manglares ubicados a mayor distancia de las actividades acuícolas, particularmente en Guayas, donde los ecosistemas más alejados de las camaroneras registraron valores de índices notables.

La actividad acuícola ejerció una influencia significativa en la condición de los manglares del Ecuador

continental, particularmente en aquellos situados en proximidad a las camaroneras. Esta influencia podría repercutir negativamente en la productividad y las funciones ecosistémicas, dado que los manglares más distantes presentaron valores de productividad vegetal superiores ($U = -0.025$; $p < 0.0001$) en ambos índices analizados: el índice de vegetación mejorado (EVI) y el índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI). Este patrón fue consistente en todas las provincias costeras evaluadas, que incluyen Esmeraldas, Manabí, Guayas y El Oro.

Financiamiento: Los autores financiaron a integridad el estudio.

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

6. Referencias

1. París García, N. Prismola (2024). Área de Interiores y Producto TFG 2024.
2. De la Paz Soto, J. Estimación de la altura del dosel en bosques de mangle mediante el uso de sensores remotos. 2021.
3. Leal, M. (ed); Spalding, M. (ed) El estado de los manglares del mundo 2022. 2022.
4. Zeng, Y.; Friess, D.A.; Sarira, T.V.; Siman, K.; Koh, L.P. Global Potential and Limits of Mangrove Blue Carbon for Climate Change Mitigation. *Curr Biol* 2021, 31, 1737–1743.e3, doi:10.1016/j.cub.2021.01.070.
5. Alongi, D.M. Global Significance of Mangrove Blue Carbon in Climate Change Mitigation. *Sci* 2020, 2, 67, doi:10.3390/sci2030067.
6. Rovai, A.S.; Twilley, R.R.; Worthington, T.A.; Riul, P. Brazilian Mangroves: Blue Carbon Hotspots of National and Global Relevance to Natural Climate Solutions. *Frontiers in Forests and Global Change* 2022, 4, doi:10.3389/ffgc.2021.787533.
7. van Bijsterveldt, C.E.J.; van Wesenbeeck, B.K.; Ramadhani, S.; Raven, O. V; van Gool, F.E.; Pribadi, R.; Bouma, T.J. Does Plastic Waste Kill Mangroves? A Field Experiment to Assess the Impact of Macro Plastics on Mangrove Growth, Stress Response and Survival. *Sci Total Environ* 2021, 756, 143826, doi:10.1016/j.scitotenv.2020.143826.
8. Moniuszko, H.; Malonga, W.A.M.; Koczor, P.; Thijs, S.; Popek, R.; Przybysz, A. Accumulation of Plastics and Trace Elements in the Mangrove Forests of Bima City Bay, Indonesia. *Plants* 2023, 12, 462, doi:10.3390/plants12030462.
9. O, F.A. The World's Mangroves 2000–2020; FAO, 2023; ISBN 978-92-5-138004-8.
10. Santillán, X.; Rosero, P. PROCESO HISTÓRICO DE CREACIÓN DEL PLAN DE ACCIÓN NACIONAL PARA LA CONSERVACIÓN DE LOS MANGLARES DEL ECUADOR CONTINENTAL COMO HERRAMIENTA DE GESTIÓN. In; 2019; pp. 89–97.
11. Salas, R.A.S.; Castro, W.J.O.; Cuthbert, M.W. Análisis multitemporal de la cobertura de manglar en la Reserva Cayos Miskitos, 2006–2017. *Revista Universitaria del Caribe* 2019, 22, 61–68, doi:10.5377/ruc.v22i1.8419.
12. Perea-Ardila, M.A.; Leal-Villamil, J.; Oviedo-Barrero, F. Spectral Characterization and Monitoring of Mangrove Forests with Remote Sensing in the Colombian Pacific Coast: Bajo Baudó, Chocó. *Granja* 2021, 34, 26–42, doi:10.17163/LGR.N34.2021.02.

13. Arias, L.L. Un Nuevo Modelo Para La Estimación de La Biomasa Viva y El Carbono Almacenado En Los Bosques de Manglar Usando Sensoramiento Remoto y Aprendizaje de Máquina: Caso de Estudio Tumaco-Nariño; 2023;
14. Bunting, P., Rosenqvist, A., Hilarides, L., Lucas, R., Thomas, N., Tadono, T., Worthington, T., Spalding, M., Murray, N., & Rebelo, L.-M. (2022).
15. Denis Ávila, D.; Curbelo, E.A.; Madrigal-Roca, L.J.; Pérez-Lanyau, R.D.; Denis Ávila, D.; Curbelo, E.A.; Madrigal-Roca, L.J.; Pérez-Lanyau, R.D. Variación espacio-temporal de la respuesta espectral en manglares de La Habana, Cuba, evaluada con sensores remotos. *Rev Biol Trop* 2020, 68, 321–335, doi:10.15517/rbt.v68i1.39134.
16. Li, Z.; Li, X.; Wei, D.; Xu, X.; Wang, H. An Assessment of Correlation on MODIS-NDVI and EVI with Natural Vegetation Coverage in Northern Hebei Province, China. *Procedia Environ Sci* 2010, 2, 964–969, doi:10.1016/j.proenv.2010.10.108.
17. Denis Ávila, D.; Curbelo, E.A.; Madrigal-Roca, L.J.; Pérez-Lanyau, R.D.; Denis Ávila, D.; Curbelo, E.A.; Madrigal-Roca, L.J.; Pérez-Lanyau, R.D. Variación espacio-temporal de la respuesta espectral en manglares de La Habana, Cuba, evaluada con sensores remotos. *Rev Biol Trop* 2020, 68, 321–335, doi:10.15517/rbt.v68i1.39134.
18. Cámara, B.; García, N.; Hernández, Ma.L. *Experiencias y Saberes Geográficos: Una Reflexión Desde Lo Local*; 2024; ISBN 978-607-8792-38-2.
19. Liu, H.Q.; Huete, A. A Feedback Based Modification of the NDVI to Minimize Canopy Background and Atmospheric Noise. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* 1995, 33, 457–465, doi:10.1109/36.377946.
20. Shibani, N.; Pandey, A.; Krishan Satyam, V.; Singh Bhari, J.; Ahmed Karimi, B.; Kumar Gupta, S. Study on the Variation of NDVI, SAVI and EVI Indices in Punjab State, India. *IOP Conf Ser Earth Environ Sci* 2023, 1110, 012070, doi:10.1088/1755-1315/1110/1/012070.
21. Reyes-Díez, A.; Alcaraz-Segura, D.; Cabello, J. Implicaciones del filtrado de calidad del índice de vegetación EVI para el seguimiento funcional de ecosistemas. *Revista de teledetección: Revista de la Asociación Española de Teledetección* 2015, 11–30.
22. Benedetti, Y.; Callaghan, C.T.; Ulbrichová, I.; Galanaki, A.; Kominos, T.; Abou Zeid, F.; Ibáñez-Álamo, J.D.; Suhonen, J.; Díaz, M.; Markó, G.; et al. EVI and NDVI as Proxies for Multifaceted Avian Diversity in Urban Areas. *Ecological Applications* 2023, 33, e2808, doi:10.1002/eap.2808.
23. Statsoft, Inc. *Statistica Para Windows (Sistema de Software de Análisis de Datos), Versión 8.0.* 298 Págs. Manual de Programación Informática, Referencia Rápida. Statsoft. Inc., Tulsa. 2008.
24. Schuiteman, M.; Santos, A.; Dominguez-Granda, L.; Kinziger, A.; Marin Jarrin, J. Age and Growth of Larval Pacific Flagfin Mojarra (*Eucinostomus currani*) in Coastal Ecuador Based on Otolith Analysis (Pdfs in English and Spanish). *Cienc Mar* 2024, 50, doi:10.7773/cm.y2024.3448.
25. Torresa, J.R.; Arreola-Lizárraga, J.A. REVISIÓN Y ANÁLISIS DE LA PRODUCCIÓN DE HOJARASCA DE MANGLARES DE MÉXICO. *MEMORIAS ARBITRADAS 2023* 2023, 88.
26. Torres, J.R.; Barba-Macías, E.; Sánchez, A.J. Tres Años de Producción de Hojarasca Del Manglar y Su Relación Con Las Condiciones Ambientales En La Laguna Mecoacán, Golfo de México. *Ecosistemas* 2023, 32, 2368.
27. López-Rosas, H.; Espejel-González, V.E.; Moreno-Casasola, P. Variaciones Espacio-Temporales Del Nivel y Salinidad Del Agua Afectan La Composición de Especies Del Manglar-Tular. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* 2021, 8.
28. Romero, A.; Perez, I. *La Biodiversidad: Conceptos, Estatus Actual y Amenazas*; 2023; ISBN 978-9942-960-87-0.

29. Cunill, J.C.; Jiménez-Juárez, N.; Bonilla, E.P.-D. De; Nettel-Hernandez, A. Diversidad Ecosistémica Del Manglar De La Costa Del Pacífico Del Continente Americano. *Foresta Veracruzana* 2022, 23(2), 13–20.
30. Rhyma, P.P.; Norizah, K.; Hamdan, O.; Faridah-Hanum, I.; Zulfa, A.W. Integration of Normalised Different Vegetation Index and Soil-Adjusted Vegetation Index for Mangrove Vegetation Delineation. *Remote Sens Appl* 2020, 17, 100280, doi:10.1016/j.rsase.2019.100280.
31. Rosero Erazo, C.R.; Beltrán Dávalos, A. Análisis histórico de interferencia antropógena por avance de la frontera agropecuaria en la parroquia San Juan – Chimborazo. *Dominio de las Ciencias* 2021, 7, 710–734.
32. Roy, B. Optimum Machine Learning Algorithm Selection for Forecasting Vegetation Indices: MODIS NDVI & EVI. *Remote Sens Appl* 2021, 23, 100582, doi:https://doi.org/10.1016/j.rsase.2021.100582.
33. Mejia Salazar, C.E.; Andrade Castañeda, H.J.; Segura Madrigal, M.A. Estimación de biomasa y carbono con herramientas de teledetección en bosques secos tropicales del Tolima, Colombia. *Revista de teledetección: Revista de la Asociación Española de Teledetección* 2023, 57–70.
34. Salgado-Velázquez, S.; Hernández, H.; Cordova Sanchez, S.; Aceves, L.; Joaquín, J.; Ramírez, A. ANÁLISIS TEMPORAL DE DIFERENTES ÍNDICES DE VEGETACIÓN PARA MONITOREAR EL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR EN LA CHONTALPA, TABASCO. TEMPORARY ANALYSIS OF DIFFERENT VEGETATION INDICES TO MONITOR SUGAR CANE CROP IN LA CHONTALPA, TABASCO; 2023;
35. Xiong, C.; Ma, H.; Liang, S.; He, T.; Zhang, Y.; Zhang, G.; Xu, J. Improved Global 250 m 8-Day NDVI and EVI Products from 2000–2021 Using the LSTM Model. *Sci Data* 2023, 10, 800, doi:10.1038/s41597-023-02695-x.
36. Jaramillo, J.J.; R.C.A.; O.J.; N.–C.R.M. Forest Fragmentation and Landscape Connectivity Changes in Ecuadorian Mangroves: Some Hope for the Future? *Appl. Sci.* 13, 5001. <https://doi.org/10.3390/app13085001>. 2023.
37. Morocho Cuenca, R.; Gonzalez, I.; Otero, X. Mangrove Forests in Ecuador: A Two-Decade Analysis. *Forests* 2022, 13, 656, doi:10.3390/f13050656.
38. Rebolledo Monsalve, E.; Verduga Vergara, L. Water and Sediment Quality Changes in Mangrove Systems with Shrimp Farms in the Northern Ecuadorean Coast. *Applied Sciences* 2023, 13, 7749, doi:10.3390/app13137749.
39. Capella, A. Más que bosques un ecosistema polifacético: los manglares. 2024.
40. Hernández, H.; J.A. H.–S.; D.J. C. la C.; R.M. R.–C. Guía para la restauración ecológica de manglares: Lecciones aprendidas; CIFOR, 2020; ISBN 978-607-96490-8-1.
41. El Universo Estas Son Las Diez Mayores Exportadoras de Camarón de Ecuador, El Producto Que Bate Récord (En Línea, Sitio Web). Consultado 22 Abr. 2024. Disponible En <https://www.eluniverso.com/noticias/economia/estas-son-las-diez-mayores-exportadoras-de-camaron-de-ecuador-el-producto-que-bate-record-nota/>. 2023.
42. Baltezar, P.; Murillo-Sandoval, P.J.; Cavanaugh, K.C.; Doughty, C.; Lagomasino, D.; Tieng, T.; Simard, M.; Fatoyinbo, T. A Regional Map of Mangrove Extent for Myanmar, Thailand, and Cambodia Shows Losses of 44% by 1996. *Front Mar Sci* 2023, 10, doi:10.3389/fmars.2023.1127720.
43. Tengku Hashim, T.M.Z.; Engku Ariff, E.A.R.; Suratman, M.N. Aquaculture in Mangroves. In *Mangroves: Ecology, Biodiversity and Management*; Rastogi, R.P., Phulwaria, M., Gupta, D.K., Eds.; Springer Singapore: Singapore, 2021; pp. 419–438 ISBN 9789811624933 9789811624940.
44. Vélez-Alvarado, D.A.; Alvarez-Mozos, J. Clasificación de Usos y Cubiertas Del Suelo y Análisis de Cambios En Los Alrededores de La Reserva Ecológica Manglares Churute (Ecuador) Mediante Una Serie de Imágenes Sentinel-1. *Revista de Teledetección* 2020, 131, doi:10.4995/raet.2020.14099.



© 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

Efecto De La Harina De Cascarilla De Cacao (Theobroma Cacao L) En La Etapa De Crecimiento Del Bocachico

Maira Elizabeth Freile Mera ¹  Marlene Luzmila Medina Villacís ¹  Adriana Mercedes Quevedo Loja ¹ 
Digna Jael Nivelá Andrade ¹  Luis Alejandro Bautista Palma ¹  Melanie Alexandra Casanova Erazo ¹ 

¹ Universidad técnica estatal de Quevedo, Facultad de Educación de posgrado, Quevedo, Ecuador

✉ Correspondencia: paul.polo@unl.edu.ec ☎ + 593 99 550 1190

DOI/URL: <https://doi.org/10.53313/gwj82216>

Resumen: La acuicultura en Ecuador enfrenta retos por la falta de estudios sobre especies nativas como el bocachico, afectadas por la contaminación de ríos. En este contexto, se evaluó el uso de harina de cascarilla de cacao como alternativa alimenticia para esta especie. El estudio analizó su impacto en parámetros biológicos, bioquímicos y de rendimiento, mostrando que los peces alimentados con dicha harina crecieron más en peso y talla, y presentaron mejores índices de condición y supervivencia. Aunque el consumo de alimento fue similar entre tratamientos, la harina redujo el factor de conversión alimenticia y mejoró la longitud total respecto a la dieta comercial. Sin embargo, la supervivencia disminuyó con niveles altos de inclusión. El análisis nutricional de la harina reveló buenos niveles de proteína, grasa y fibra. Se concluye que esta harina puede ser una opción efectiva y económica para alimentar bocachicos, fomentando su crianza en cautiverio y aportando beneficios ambientales y productivos.

Palabras claves: Rentabilidad, Crecimiento, Supervivencia, producción, impacto.

Effect of Cocoa Husk Flour (Theobroma Cacao L) on the Growth Stage of Bocachico

Abstract: Aquaculture in Ecuador faces challenges due to the lack of studies on native species such as bocachico, affected by river pollution. In this context, the use of cocoa husk meal as an alternative feed for this species was evaluated. The study analyzed its impact on biological, biochemical and performance parameters, showing that fish fed with this meal grew more in weight and length, and presented better condition and survival indexes. Although feed consumption was similar among treatments, the meal reduced the feed conversion factor and improved total length with respect to the commercial diet. However, survival decreased at higher inclusion levels. Nutritional analysis of the meal revealed good levels of protein,

Cita: Freile Mera, M. E., Medina Villacís, M. L., Quevedo Loja, A. M., Nivelá Andrade, D. J., Bautista Palma, L. A., & Casanova Erazo, M. A. (2025). Efecto De La Harina De Cascarilla De Cacao (Theobroma Cacao L) En La Etapa De Crecimiento Del Bocachico. Green World Journal, 08(2), 216. <https://doi.org/10.53313/gwj82216>

Received: 15/April/2025

Accepted: 28/May/2025

Published: 30/May/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.

fat and fiber. It is concluded that this meal can be an effective and economical option for feeding bocachicos, promoting their captive breeding and providing environmental and productive benefits.

Keywords: Profitability, growth, survival, production, impact.

1. Introducción

La acuicultura no se limita únicamente a la cría de peces en estanques o arrozales. Según la FAO, se trata del cultivo de organismos acuáticos como peces, moluscos, crustáceos y plantas acuáticas, mediante sistemas técnicos que intervienen en su desarrollo con el objetivo de optimizar la producción y preservar especies endémicas, como es el caso del presente estudio (Gallegos Carrasco et al., 2017).

Diversos estudios destacan el alto valor nutricional de la carne de pescado por su contenido en proteínas de alta calidad, vitaminas y ácidos grasos como los omegas 3, 6 y 9, que favorecen una dieta equilibrada y saludable (Ruis Torres, 2021).

Ecuador, y en particular la provincia de Los Ríos, posee una rica biodiversidad de peces de agua dulce. Sin embargo, la pesca artesanal, realizada muchas veces sin control, ha afectado negativamente la reproducción y calidad de especies como el bocachico (*Ichthyoelephas humeralis*), agravada por la contaminación y el desconocimiento de su biología reproductiva (Cepeda Gallardo, 2019).

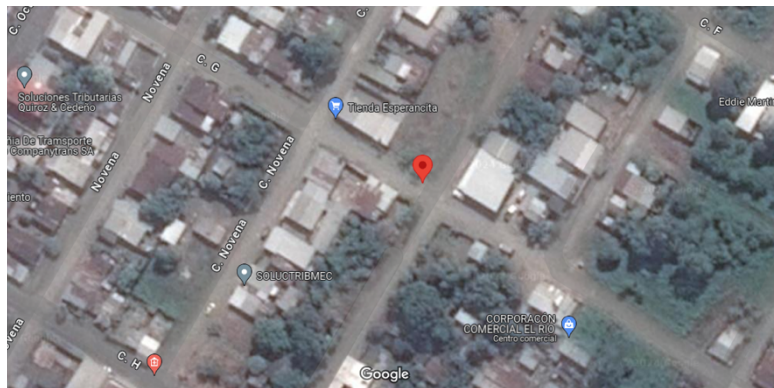
El bocachico, nativo de climas tropicales y común en la cuenca amazónica, se caracteriza por su facilidad de manejo, buena adaptación al cultivo y resistencia a enfermedades, lo que lo convierte en una especie de alto potencial comercial (Aya-Baquero et al., 2020). En Ecuador, se concentra en la cuenca del río Guayas y su reproducción ocurre en temporada de lluvias. Sin embargo, sus poblaciones han disminuido debido al uso de técnicas de pesca no selectivas y prohibidas.

En este contexto, la presente investigación busca evaluar el uso de harina de cascarilla de cacao (*Theobroma cacao* L.) como una alternativa alimenticia de bajo costo para el bocachico. El objetivo es analizar su efecto en parámetros productivos como ganancia de peso, tasa de crecimiento, conversión alimenticia y rendimiento, así como estimar los costos de producción de proteína animal, contribuyendo al desarrollo del sector pesquero local y regional.

2. Materiales y métodos

2.1 Área de estudio

El estudio experimental se llevó a cabo en la piscícola Tejena, ubicada en el sector Los Chapulos, parroquia San Camilo, cantón Quevedo, cuyas coordenadas geográficas son 1.030923°S y -79.452230°W. El trabajo de campo tuvo una duración de 90 días. En cuanto a las condiciones agrometeorológicas del área, Quevedo se caracteriza por un clima de bosque semi húmedo tropical (bsh-T), con topografía irregular, temperaturas promedio entre 22 y 33 °C, humedad relativa del 92 % y una precipitación anual de 2246 mm (INAMHI, 2024; Google Maps, 2024).



Fuente: Google Maps (Maps, 2024).

2.2. Metodología

La presente investigación utilizó un enfoque descriptivo, inductivo, deductivo y de campo, con el propósito de evaluar el efecto de la harina de cascarilla de cacao (*Theobroma cacao* L.) como alternativa alimenticia en la dieta del bocachico (*Ichthyoelephas humeralis*).

Se aplicó un Diseño Completamente al Azar (DCA) con cuatro tratamientos (0%, 3%, 6% y 9% de inclusión de harina) y cuatro repeticiones por tratamiento, totalizando 128 peces distribuidos aleatoriamente. Se utilizaron herramientas estadísticas mediante el software InfoStat, empleando análisis de varianza (ANOVA) y comparación de medias con la prueba de Tukey ($p < 0.05$).

2.2.1. Métodos empleados

- Método descriptivo: Se construyó el marco teórico mediante una revisión documental utilizando libros, artículos científicos, tesis y bases de datos académicas.
- Método inductivo: Se ejecutó trabajo de campo con observación directa y recolección de datos primarios en condiciones reales.
- Método deductivo: Los resultados fueron contrastados con estudios previos para validar o refutar hipótesis planteadas.
- Método de campo: La investigación se llevó a cabo en la Piscícola Tejena (Los Chapulos, Quevedo), en condiciones naturales.

2.2.2. Variables y procedimientos

Se evaluaron variables productivas como:

- Ganancia de peso (g)
- Consumo de alimento (g)
- Factor de conversión alimenticia (FCA)
- Tasa de crecimiento específico (TCE)
- Porcentaje de supervivencia (SUP)
- Rendimiento de la canal
- Características bioquímicas de la harina

Las fórmulas empleadas incluyeron cálculos estandarizados para crecimiento, conversión alimenticia y supervivencia, utilizando pesajes semanales con balanza de precisión.

2.2.3. Manejo experimental

Se construyeron 16 jaulas flotantes (60 cm diámetro, 50 cm alto) con malla galvanizada y flotadores plásticos. Los peces fueron ubicados aleatoriamente y alimentados 4 veces al día con dietas experimentales formuladas con inclusión progresiva de harina de cascarilla de cacao, conservadas en baldes sellados. La harina fue adquirida en El Empalme y analizada bromatológicamente en el laboratorio del Campus La María de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo.

Se recolectaron 128 ejemplares de bocachico (85–90 g) y se los distribuyó en jaulas dentro de una piscina de 24 m². El alimento se ajustó semanalmente al 10% del peso vivo. Finalizado el periodo experimental de 90 días, se realizó el faenado de los peces para evaluar el rendimiento del filete y canal, y se procedió al análisis estadístico de los datos.

3. Resultados

La investigación permitió evaluar el efecto de la inclusión de harina de cascarilla de cacao (*Theobroma cacao* L.) en la alimentación del bocachico (*Ichthyoelephas humeralis*) durante su etapa de crecimiento en condiciones controladas.

Rendimiento biológico

El análisis de los parámetros productivos (Tabla 10) reveló que la inclusión de harina de cascarilla de cacao no afectó significativamente el consumo de alimento ni la ganancia de peso. Sin embargo, los tratamientos con 3% y 6% de inclusión (T2 y T3) mostraron **mejor conversión alimenticia** (FCA: 8.51 y 8.55) en comparación con el grupo con mayor inclusión (T4: 12.66). En cuanto a talla, el grupo control (T1) presentó mayor longitud (13.75 cm), y la **mayor tasa de supervivencia** también se registró en este grupo (94%).

Tabla 1. Efecto de la harina de cascarilla de cacao en parámetros biológicos del bocachico (Resumen de variables: consumo de alimento, ganancia de peso, conversión alimenticia, talla e índice de supervivencia)

Tratamiento	Consumo alimento (kg)	GDP (kg)	FCA	Talla (cm)	Supervivencia (%)
T1 (0%)	2.42	0.26	9.56	13.75	94%
T2 (3%)	2.41	0.29	8.51	12.25	91%
T3 (6%)	2.41	0.29	8.55	12.00	84%
T4 (9%)	2.40	0.20	12.66	12.00	84%

Composición bioquímica de la harina

La harina de cascarilla de cacao analizada mostró valores considerables de **grasa (15.44%)** y **fibra (14.60%)**, pero un contenido proteico relativamente bajo (14.67%) en comparación con el alimento balanceado comercial (32%).

Tabla 2. Composición bromatológica de la harina de cascarilla de cacao

Componente	Comercial (%)	Harina cacao (%)
Proteína	32.0	14.67
Grasa	7.0	15.44
Humedad	11.0	10.32
Cenizas	11.0	4.77
Fibra	5.0	14.60

Rendimiento del canal

El tratamiento con 3% de inclusión (T2) presentó el **mayor rendimiento del filete (39.29%)** y de canal (93.60%), con menor proporción de subproductos (60.69%), lo que resalta su viabilidad comercial.

Tabla 3. Rendimiento de canal y proporciones aprovechables

Tratamiento	Rendimiento de filete (%)	Canal (%)	Subproductos (%)
T1 (0%)	38.81	93.20	61.13
T2 (3%)	39.29	93.60	60.69

T3 (6%)	37.80	93.54	62.20
T4 (9%)	38.33	93.48	61.71

Análisis económico

El análisis económico (Tabla 13) reveló que, a pesar de que el tratamiento T1 presentó la mayor tasa de supervivencia, los **costos de alimentación fueron mayores** (\$32/40kg). Por el contrario, el uso de harina de cacao redujo los costos de alimento a \$14/40kg. Los tratamientos T1 (3%) y T2 (6%) ofrecieron el mejor balance entre rendimiento biológico y económico.

Tabla 4. Análisis económico (resumen)

Tratamiento	Costo alimento (USD)	Supervivencia (%)	Biomasa final (g)	Ingreso neto (USD)
T1 (0%)	32	94%	0	-385.00
T2 (3%)	14	91%	285.25	0
T3 (6%)	14	84%	0	0
T4 (9%)	14	84%	0	0

4 Discusión

La inclusión de harina de cascarilla de cacao (*Theobroma cacao* L.) en la dieta del bocachico (*Ichthyoelephas humeralis*) evidenció efectos variables según el parámetro evaluado. En cuanto al consumo de alimento, no se observaron diferencias estadísticas entre tratamientos, lo cual coincide con Porras Vargas et al. (2022), quienes destacan que este subproducto puede ser utilizado sin afectar la palatabilidad ni el apetito de los peces. Sin embargo, como advierte Restrepo Castro (2020), su uso debe analizarse en función de su composición nutricional y sostenibilidad.

Respecto a la ganancia de peso, los tratamientos con inclusión del 3% y 6% mostraron buenos resultados, en línea con Aguinaga Chalacán (2019), quien señala beneficios de otras harinas vegetales. Asimismo, Castro Figueroa (2023) atribuye a la cascarilla de cacao propiedades como fibra y antioxidantes, que pueden mejorar la salud intestinal y el crecimiento de los peces.

En términos de conversión alimenticia, se evidenció una mayor eficiencia en los tratamientos T2 y T3. Estos resultados son consistentes con los hallazgos de Vijayaram et al. (2023), quienes reportaron mejor conversión alimenticia en tilapias alimentadas con subproductos de cacao. Sin embargo, estudios como los de Vázquez Pedroso et al. (2019) subrayan que algunas harinas vegetales pueden afectar negativamente la eficiencia alimentaria, lo cual resalta la necesidad de un balance adecuado en su inclusión.

Respecto a la talla, el tratamiento T1 (dieta comercial) superó a los demás, lo que sugiere que los niveles evaluados de harina de cacao no igualaron el aporte nutricional de la dieta tradicional. Otros estudios en especies como pollos y cuyes (Silva Soto, 2022; Jumbo Martínez, 2021) también muestran beneficios en crecimiento, aunque podrían requerirse ajustes en los niveles de inclusión.

Las características bioquímicas de la harina mostraron un bajo contenido proteico (14.67%), pero niveles destacables de grasa y fibra. Esto coincide con Rojo-Poveda et al. (2020) y Jalal et al. (2023), quienes afirman que este subproducto agroindustrial puede ser aprovechado en la alimentación animal, siempre que se controlen parámetros como la humedad y la estabilidad microbiológica.

En cuanto al rendimiento de canal, el tratamiento con 3% de inclusión (T2) presentó los mejores valores, superando incluso a estudios comparativos como el de Romero et al. (2023), que reportaron rendimientos menores en tilapia con dietas comerciales. No obstante, se recomienda monitorear posibles efectos a largo plazo en la calidad del producto final (Ávila Rodríguez, 2022).

Finalmente, el análisis económico reveló que los tratamientos con inclusión del 3% y 6% ofrecieron un balance favorable entre costos de alimentación y parámetros productivos. En cambio, niveles altos de inclusión (9%) redujeron la supervivencia y afectaron negativamente la rentabilidad, como también lo señala Carrión Herrera et al. (2023) respecto al uso excesivo de harinas vegetales.

5 Conclusión

La inclusión de harina de cascarilla de cacao en la dieta del bocachico (*Ichthyoelephas humeralis*) no afectó significativamente el consumo de alimento ni la ganancia de peso. No obstante, se evidenció un mayor factor de conversión alimenticia y una reducción en la tasa de supervivencia en los tratamientos con niveles de inclusión del 6% y 9%.

El análisis bromatológico de la harina de cascarilla de cacao (*Theobroma cacao* L.) arrojó los siguientes valores: 14,67% de proteína, 15,44% de grasa, 10,32% de humedad, 4,77% de ceniza y 14,60% de fibra. Estos resultados confirman que este subproducto agroindustrial posee un perfil nutricional relevante, lo que lo convierte en una fuente potencial de nutrientes valiosos para la alimentación animal o aplicaciones complementarias.

La inclusión del 3% de harina de cascarilla de cacao en la dieta del bocachico se perfila como una alternativa prometedora para mejorar la eficiencia productiva y reducir el desperdicio. Por lo tanto, se recomienda realizar estudios adicionales que evalúen los efectos de distintos niveles de inclusión de la harina sobre parámetros productivos y de calidad del pescado

Contribución de autores: Todos los autores contribuyeron en las distintas secciones de la presente investigación.

Financiamiento: Los autores financiaron a integridad el estudio.

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

Referencias

1. A., H. (agosto de 2019). Estudio del impacto ambiental para el diseño definitivo del puente camarones, ubicado sobre el río Quevedo y localizado en la vía Fumisa – los Vergeles Provincia de los Ríos. Obtenido de https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/5890/7/Estudio_de_Impacto_Ambiental.pdf.
2. Atencio, V., Cabrales, S., & Espinosa, J. (2021). Efecto de etilenglicol y leche en polvo en la criopreservación de semen de bocachico *Prochilodus magdalenae*. *Revista Colombiana de Biotecnología*, XXIII(2), 25–35. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/776/77670267004/html/>
3. Atencio, V., Kerguelén, E., Wadnipar, L., & Narváez, A. (2018). Manejo de la primera alimentación del bocachico (*Prochilodus magdalenae*). *Revista MVZ Córdoba*, 8(1). Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/693/69380103.pdf>
4. Atencio-García, V. K. (2022). Manejo de la primera alimentación del bocachico (*Prochilodus magdalenae*). *Revista MVZ Córdoba*, 254–260.
5. Aya, E., Arias, J., & Hernández, S. (2020). Biología alimentaria de *Prochilodus mariae* durante la primera fase de crecimiento. *ORINOQUIA*, 24(2). Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/896/89666956005/html/>
6. Boscolo, W., Signor, A., Coldebella, A., Wolff Bueno, G., & Freiden, A. (2010). Rações orgânicas suplementadas com farinha de resíduos de peixe para juvenis da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Revista Ciencia Agronômica*, 41(4), 686–692.
7. CASTIBLANCO, P. (2008). Determinación del nivel óptimo de proteína en la dieta de postlarva de bocachico *Prochilodus magdalenae*. *Medicina Veterinaria y Zootecnia*.
8. Chaijan, M. J. (2017). Composiciones químicas y características del músculo del bagre gigante (*Pangasianodon gigas*) criado en granjas. *ciencia y tecnologia*.
9. Eddy Contreras, O. C. (2019). Aspectos biológicos y reproductivos en hembras *Prochilodus magdalenae* (Steindachner, 1879) Ciénagas del Departamento del Cesar, Colombia. *AQUATIC*, 1–14.
10. Egúez Bedoya, J. X. (2021). Ecuador frente a las tendencias globales y regionales para el uso y aprovechamiento sostenible de los recursos marítimos. *UNIVERSIDAD CATOLICA DEL ECUADOR*.
11. Freile, E. (2024). Experimentos de un solo. Recuperado el 21 de 08 de 2023, de Experimentos de un solo factor: https://educacionenlinea.colpos.mx/moodle/pluginfile.php/16599/mod_resource/content/1/unidad_3%20Dise%C3%B1o%20completamente%20al%20azar.pdf
12. Gallardo, C. (2019). Evaluación del bienestar animal en el ganado porcino de la Empresa Pública Metropolitana de Rastro Quito. *UCE*.
13. Gallegos, S., Magaña, J., Villareal, V., Kiessling, C., & Zuñiga, G. (2017). Diseño de una empresa de producción de Tilapia en agua dulce en Delicias Chihuahua. *Biológico Agropecuario*, 5(1). Obtenido de <https://revistabioagro.mx/index.php/revista/article/view/88>
14. García Víctor, L. E. (2020). Manejo de la primera alimentación de bocachico (*Prochilodus magdalenae*).

Acuicultura.

15. Gaviria, J. &. (2020). Evaluación de las relaciones y diferencias genéticas del bocachico *prochilodus magdalenae* (characiformes, prochilodontidae) asociados a dos rutas migratorias en la parte baja del río magdalena . BIOLOGIA.
16. González, J. y. (2018). El Cultivo de la Cachama. Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias.
17. HERNÁNDEZ, F., & RODRÍGUEZ, C. (2002). Evaluación en estanque de 4 dietas isoproteicas, con diferentes niveles de energía, en el desempeño productivo de alevinos de bocachico *Prochilodus magdalenae*. Medicina Veterinaria y Zootecnia.
18. Hernández, G. M. (2023). Estrategias alimenticias en el levantamiento de Postlarvas de Coporo (*Prochilodus mariae*) para una producción sustentable. SCIELO.
19. INAMHI. (2024). Recuperado el 21 de 08 de 2023, de INAMHI: https://www.inamhi.gob.ec/Front_productos/productos_pronosticos.html
20. Keshavanath, P. G. (2021). Use of artificial substrates to enhance production of freshwater herbivorous fish in pond culture. Aquaculture Research.
21. Lopez, J., Quinter, V., & Aguirre, J. (2015). Caracterización de harina y almidón de frutos de banano Gros Michel (*Musa acuminata* AAA). Acta Agronómica., 64(1), 11–21.
22. Maps, G. (2024). Recuperado el 21 de 08 de 2023, de Google Maps: <https://www.google.com.ec/maps/place/Los+Chapulos,+Quevedo/@-1.0340752,-79.454386,16z/data=!3m1!4m6!3m5!1s0x902b4df394168055:0xe3a0b5d9bfb66a10!8m2!3d-1.0340373!4d-79.452386!16s%2Fg%2F1q5ccgp85?hl=es&entry=ttu>
23. Mario, A. R. (2013). Manual de protagonista nutrición animal. AGROTEAM.
24. Merino, M. C. (2019). Guía práctica de piscicultura en Colombia. Acuaculture.
25. Moreno Bejar, M. G. (2022). Situación actual del cultivo de *Prochilodus magdalenae*, bocachico en América Latina. Aquaculture.
26. Muñoz, V., & Pérez, A. (2015). Efectos y procesos de la mecanización, automatización e innovación agraria en el arrozal andaluz. Sociología rural y sistema alimentario, VIII. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Victor-Munoz-Sanchez/publication/296608081_Efectos_y_procesos_de_la_mecanizacion_automatizacion_e_innovacion_agraria_en_el_arrozal_andaluz/links/56d6d14308aee1aa5f75a4ac/Efectos-y-procesos-de-la-mecanizacion-automatiza
27. Penadillo, D. (2018). Desempeño bioeconómico de cuatro niveles de inclusión de harina de cáscara de *Theobroma cacao* L (Cacao) en dietas de *Oreochromis niloticus* (Tilapia) en fase de engorde. Tesis, Universidad nacional agraria de la selva, Tingo María. Obtenido de https://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14292/1462/DMP_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y
28. Pinto, S. (2022). Rescate de productos ancestrales de la comunidad Pijao y Panche. CAOBA. Obtenido de <https://cipres.sanmateo.edu.co/ojs/index.php/caoba/article/view/728>
29. Restrepo, D. (2018). Determinación de algunos aspectos biológicos del Bocachico (*Prochilodus magdalenae* Steindachner 1878. Characidae, Characiformes), en la zona media y baja de la cuenca del río Sinú. Montería.
30. Rincón, D. D. (2023). Niveles de sustitución de harina de pescado por harina de *Arthrospira* (=Spirulina) maxima, en dietas experimentales para alevines de tilapia roja (*Oreochromis* sp.). SCIELO.
31. Ríos, R. (2015). Cartilla Practica para el Cultivo de Tilapia (*Oreochromis* sp.), (pág. 31).
32. Sila, F., Franco, L., Vierira, J., Tessitore, A., Oliveira, L., & Saraiva, E. (2009). Características morfológicas, rendimientos de carcaça, filé, vísceras e resíduo em tilápias-do-nilo em diferentes faixas de peso. R. Bras. Zootec., 38(8), 1407–1412.
33. Soto, S. (2010). Cuantificación de almidón total y de almidón Resistente en harina de plátano verde (*Musa cavendishii*). Revista Boliviana de química, 27(2), 94–99.
34. Toledo Pérez, S. J. (2019). Nutrición y Alimentación de Tilapia Cultivada en América Latina y el Caribe. Avances En Nutrición Acuicola. Nutrición Acuicola.
35. Ulate, E. (2022). Agricultura, Derecho Público, Derecho Administrativo. Uniwersytet Adama Mickiewicza, 2(31), 137–177. Obtenido de <https://www.ceeol.com/search/article-detail?id=1125458>
36. Vaca, R. (13 de septiembre de 2019). II Jornada de Bienestar Animal Facultad de Ciencias

Veterinarias UNLP. Hacia un bienestar animal integrador y comprometido.

37. Valbuena Coca, D. &. (2018). Aprovechamiento de la cascarilla de cacao para la generación de un producto derivado en la Asociación de Productores Orgánicos del Municipio de Dibulla. Ciencia Unisalle.



© 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

Impacto del Geotextil Tejido de alto módulo en la infraestructura vial: Un análisis comparativo en la parroquia El Valle, Ecuador

María José Barriga Zhindón ¹  Paola Verónica Delgado Garzón ¹  Pablo Tiberio Vásquez Quiroz ¹ 

¹ Universidad Católica de Cuenca. Unidad Académica de Posgrado. Maestría en Construcciones con mención en Administración de la Construcción Sustentable.

✉ Correspondencia: maria.barriga.61@est.ucacue.edu.ec  + 593 969040866

DOI/URL: <https://doi.org/10.53313/gwj82217>

Resumen: Esta investigación evalúa el impacto del uso de geotextiles tejidos de alto módulo en la infraestructura vial, mediante un análisis comparativo– cuantitativo aplicado a tramos de la parroquia El Valle, Ecuador, seleccionados según la capacidad portante CBR. La problemática considera la necesidad de mejorar la eficiencia estructural, reducir costos y disminuir la dependencia de materiales pétreos no renovables, cuya extracción y transporte afectan la sostenibilidad de proyectos viales. A partir de los diseños definitivos viales provistos por el Gobierno Parroquial, se evaluaron tres alternativas: el diseño original de pavimento que incorpora suelo estabilizado con cemento, un diseño tradicional sin refuerzo y un tercer diseño que considera refuerzo con geotextil tejido de alto módulo. La metodología combinó el procedimiento de diseño AASHTO-93 con un enfoque complementario que incorpora el Traffic Benefit Ratio (TBR). Este enfoque permite calcular el beneficio estructural del geotextil mediante la comparación de la capacidad de soporte entre secciones reforzadas y no reforzadas, ajustando el número estructural requerido y estimando la reducción posible en los espesores de capa granular, en función del refuerzo incorporado. Los resultados mostraron un incremento promedio del 20% en el número estructural para TBR=4. Una reducción de hasta el 25.59% en espesores granulares y un ahorro económico del 3% respecto al diseño tradicional en la vía con menor CBR. En comparación con el diseño original estabilizado, el modelo reforzado presentó un ahorro del 7% en costos directos. Estos hallazgos confirman la viabilidad del geotextil tejido como alternativa técnica y sustentable para optimizar estructuras viales.

Palabras claves: Geotextil Tejido, TBR (Traffic Benefit Ratio), pavimento flexible, AASHTO-93, infraestructura vial sustentable.



Check for
updates

Cita: Barriga Zhindón, M. J., Delgado Garzón, P. V., & Vásquez Quiroz, P. T. (2025). Impacto del Geotextil Tejido de alto módulo en la infraestructura vial: Un análisis comparativo en la parroquia El Valle, Ecuador. Green World Journal, 08(01), 217. <https://doi.org/10.53313/gwj82217>

Received: 20/May/2025

Accepted: 12/June/2025

Published: 13/June/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).

High-Modulus Woven Geotextile Impact on Road Infrastructure: A Comparative Analysis in El Valle Parish, Ecuador

Abstract: This research examines the influence of high-modulus woven geotextiles on road infrastructure performance through a comparative and quantitative analysis, applied to selected road segments in El Valle Parish, Ecuador, based on their CBR values. The study addresses the need to enhance structural efficiency, lower construction costs, and minimize reliance on non-renewable granular materials, whose extraction and transport negatively impact the sustainability of road development projects.

Using the final road design plans provided by the Parish Government, three pavement alternatives were assessed: the baseline design utilizing cement-stabilized soil, a conventional unreinforced section, and a third configuration incorporating a high-modulus woven geotextile as reinforcement.

The methodology integrated the AASHTO-93 design procedure with a complementary approach that utilizes the Traffic Benefit Ratio (TBR). This combined framework enables the evaluation of the structural contribution of the geotextile by comparing the load-bearing capacity of reinforced and unreinforced pavement sections. It further allows for the adjustment of the required structural number and provides an estimate of the potential reduction in granular layer thickness based on the reinforcement applied.

The findings revealed an average increase of 20% in structural number when $TBR = 4$ was applied. Granular layer thicknesses were reduced by up to 22.63%, and in the segment with the lowest CBR, the geotextile-reinforced design achieved a cost saving of 3% compared to the traditional unreinforced design. When compared to the cement-stabilized design, the geotextile alternative demonstrated a 7% reduction in direct construction costs. These outcomes highlight the technical and environmental feasibility of using high-modulus woven geotextiles as a sustainable solution for improving pavement structures.

Keywords: Woven Geotextile, TBR (Traffic Benefit Ratio), flexible pavement, AASHTO-93, sustainable road infrastructure.

1. Introducción

La infraestructura vial constituye uno de los pilares esenciales para desarrollo socioeconómico de los países, ya que facilita el transporte de bienes y personas, promoviendo la integración regional y el crecimiento económico. Las inversiones en infraestructura vial generan rentabilidad que oscilan entre el 5 % y el 20 %, además de mejorar el acceso a servicios esenciales como la salud y la educación. En países en vías de desarrollo, las obras viales desempeñan un rol estratégico conectando zonas urbanas con rurales, fomentando la integración productiva y reduciendo desigualdades territoriales [1].

En el caso de Ecuador, la planificación de redes viales ha sido objeto de diversas iniciativas públicas orientadas a su repotenciación y ampliación. Actualmente el Plan Vial 2025 contempla una inversión de aproximadamente 5.200 millones de dólares para la repotenciación y mejora de las vías en el país [3]. Este plan responde a la necesidad de transformar una red en la que, según datos del MTOP (Ministerio de Transporte y Obras Públicas), menos del 13% de las vías se encontraban en óptimas condiciones [4]. Además de asignar recursos económicos, dicho plan promueve la incorporación de tecnologías constructivas más eficientes y sostenibles.

Sin embargo, a pesar de los aumentos de inversión pública, los métodos tradicionales de diseños de pavimentos siguen presentando limitaciones importantes. Los pavimentos flexibles

convencionales, estructurados por capas granulares sobre subrasantes compactadas, dependen en su mayoría del uso de materiales pétreos cuya explotación implica un alto impacto ambiental y costos crecientes conforme se alejan de fuentes de abastecimiento. La dependencia de agregados naturales no renovables y los elevados costos de transporte y mantenimiento alertan la necesidad de explorar alternativas innovadoras [2]. En zonas con suelos de baja capacidad portante ($\text{CBR} \leq 5$), estas secciones requieren de espesores considerables para alcanzar el número estructural requerido, lo que lleva a un aumento de inversión inicial y genera dificultades técnicas en la construcción [2]. Además, estos sistemas presentan vulnerabilidad frente a condiciones climáticas extremas y tránsito pesado, lo que resulta en fallas prematuras y altos costos de mantenimiento [6].

Ante esta situación, estudios recientes han identificado el uso de geosintéticos como una alternativa con potencial para mejorar el diseño estructural de pavimentos flexibles. En particular, los geotextiles tejidos han demostrado ser efectivos para reducir los espesores de las capas granulares entre un 28 % y un 45 %, especialmente en suelos con baja capacidad portante ($\text{CBR} < 5$ %) [5]. Dentro de este grupo, los geotextiles tejidos de alto módulo destacan por su capacidad de refuerzo en pavimentos flexibles. Estos geotextiles están comúnmente fabricados a partir de polímeros como el poliéster de alta tenacidad (PET), mismos que han demostrado una alta efectividad como material de refuerzo en estructuras de pavimento, especialmente en subrasantes de baja capacidad portante. Su principal ventaja se enfoca en su capacidad para movilizar resistencia a la tracción a muy bajas deformaciones [7]. En términos mecánicos, estos geotextiles presentan altos valores de módulo secante, parámetros que refleja la rigidez con la que el material responde a la deformación. Su incorporación permite mejorar la resistencia al corte, evita la contaminación entre capas de la estructura del pavimento y reduce la deformación vertical acumulada [8].

La aplicación de geotextiles tejidos de alto módulo en pavimentos flexibles se fundamenta en tres mecanismos principales: la restricción lateral de los agregados, el incremento de la capacidad de soporte y el efecto membrana tensionada [7], [9], [10]. La interacción suelo-geotextil es un aspecto determinante en el desempeño del sistema. [11] resalta que el refuerzo de pavimentos con geotextiles genera mejoras estructurales significativas al modificar los mecanismos de transferencia de carga dentro del sistema. A través del análisis de múltiples estudios y secciones de prueba a escala real, el autor muestra como la interacción entre el geotextil y los materiales granulares pueden reducir deformaciones, aumentar rigidez en el sistema y extender la vida útil, especialmente en subrasantes de baja capacidad portante.

Otro factor utilizado en la literatura para cuantificar el beneficio estructural de los geotextiles de alto módulo es el Traffic Benefit Ratio (TBR), que representa la relación entre el número de cargas repetidas soportadas por una sección reforzada frente a una sin refuerzo, antes de alcanzar una condición de falla. El uso de geotextiles tejidos de alto módulo permite incrementar el TBR entre 2 y 4 veces, dependiente de la calidad del suelo y del diseño de la estructura de pavimento. Investigaciones recientes han validado la capacidad de estos materiales para reducir los espesores de capas granulares manteniendo el mismo desempeño estructural [5]. La incorporación de geotextiles tejidos puede permitir una reducción de hasta un 25% en el espesor de la base

granular sin comprometer la capacidad estructural del pavimento, representando también un ahorro económico significativo en materiales y transporte [12].

El acelerado proceso de urbanización, junto con el crecimiento constante del parque automotor, ha incrementado significativamente la demanda funcional y estructural sobre la infraestructura vial existente. En este contexto, las soluciones convencionales, basadas en el uso intensivo de materiales pétreos extraídos de canteras, no sólo implica altos costos, sino también genera impactos ambientales considerables. Esta situación plantea la necesidad de adoptar estrategias sostenibles y eficientes para el diseño y la rehabilitación de vías, priorizando tecnologías que optimicen recursos y reduzcan dependencia de insumos tradicionales.

Diversos estudios han demostrado que el empleo de geotextiles tejidos en la construcción vial permite optimizar recursos y mejorar el rendimiento estructural de los pavimentos [13], [14]. [15] evaluaron la efectividad de los geotextiles en sistemas de pavimentos flexibles, evidenciando una extensión en su vida útil y una reducción en los costos de mantenimiento.

El objetivo principal de este estudio es evaluar el impacto del uso de geotextiles tejidos de alto módulo en el diseño de pavimentos flexibles en la parroquia el Valle, provincia del Azuay, Ecuador. Esta localidad ha sido seleccionada por presentar condiciones geotécnicas típicas de zonas del país: suelos de baja resistencia (CBR promedio de 3%) y una red vial en crecimiento que demanda soluciones duraderas y rentables. Para ello se realizará un análisis comparativo-cuantitativo a partir de datos técnicos obtenidos de los estudios definitivos de diseño vial proporcionados por el Gobierno Autónomo Descentralizado (GAD) de la parroquia el Valle, los cuales fueron elaborados conforme las normas vigentes y contienen parámetros de diseño, características de tránsito y resultados de ensayos de laboratorio geotécnico. A partir de esta información fueron seleccionados vías representativas de acuerdo a sus valores de CBR bajo, intermedio y alto, a fin de cubrir el rango de condiciones de subrasantes presentes en la zona de estudio. Cabe destacar que el diseño original contempla una estructura formada por carpeta asfáltica, base granular y una capa de suelo estabilizado con cemento. No obstante, la elevada rigidez de esta última capa limita la actuación efectiva de los mecanismos de refuerzo proporcionados por el geotextil de alto modulo, impidiendo que el material trabaje en condiciones de deformación suficientes. Por ello, se modificó el diseño teniendo un nuevo método base formado por subbase, base y carpeta asfáltica, para permitir la correcta evaluación del comportamiento del sistema con refuerzo.

El proceso metodológico se estructuró en dos fases complementarias. En la primera fue aplicada la metodología AASHTO-93 [16], ampliamente reconocida para el diseño de pavimentos flexibles. Mediante esta se determinaron los números estructurales requeridos (SN_{req}) y se calcularon los números estructurales sin refuerzo (SN_{sr}), considerando las propiedades de cada capa, el tránsito estimado en ejes equivalentes (W₁₈), el índice de servicio, y los módulos resilientes de la estructura.

En la segunda fase, se incorporó el uso del geotextil tejido de alto módulo siguiendo una propuesta metodológica que adapta el método AASHTO mediante la incorporación del factor Traffic Benefit

Ratio (TBR). Este factor permite ajustar el tráfico W18, multiplicándolo por el TBR correspondiente al geotextil utilizado, para determinar un número estructural reforzado (SNref) [5]. La diferencia entre SNref y SNsr representa el aporte estructural del geotextil, el cual se utiliza para reducir espesores de las capas superiores, manteniendo constante la capacidad portante de la sección. En esta investigación se consideraron tres valores de coeficientes TBR (TBR=2,3 y 4), en correspondencia con distintas propiedades de geotextiles tejidos de alto módulo.

Finalmente, se realizó un análisis económico comparativo, entre el diseño convencional, el diseño original con suelo estabilizado, y el diseño reforzado con geotextil, empleando precios (costos directos) del mismo estudio de los tramos viales, y cotizaciones de ellos geotextiles considerados. Este enfoque permite evaluar no solo la viabilidad técnica de la solución, sino también su eficiencia económica y su contribución a la sostenibilidad constructiva.

Este estudio contribuirá al campo de la ingeniería civil al proporcionar evidencias cuantificables sobre los beneficios del uso de geotextiles tejidos en infraestructura vial. Además, servirá de referencia para futuras investigaciones y proyectos de construcción vial en Ecuador y otros países con condiciones geotécnicas similares. Finalmente, su aplicación podría traducirse en una mayor eficiencia en la inversión de recursos públicos y privados destinados a la infraestructura vial.

Se espera consolidar el uso de geotextiles tejidos como una solución innovadora y sostenible para la construcción de pavimentos flexibles, contribuyendo al desarrollo de infraestructura vial más eficiente y sustentable en Ecuador y la región.

2. Materiales y métodos

2.1 Área de estudio

En el presente estudio, se parte de información contenida en los proyectos definitivos de diseño vial para diversas vías ubicadas en la parroquia El Valle, cantón Cuenca (provincia del Azuay), las cuales suman aproximadamente 15 km de longitud. De un total de nueve vías, se seleccionaron tres para el análisis, basándose en sus valores de CBR (California Bearing Ratio). Tal como se detalla en la Tabla 1, se seleccionaron, la vía con CBR más bajo, la de CBR más alto y otra con un CBR intermedio. Estos tramos corresponden a la Vía 5- Castilla Cruz- El Coco, la Vía 7- Santa Martha- Gualalcay y la Vía 9- Primero de enero- Castilla Cruz- Emilio Sarmiento.

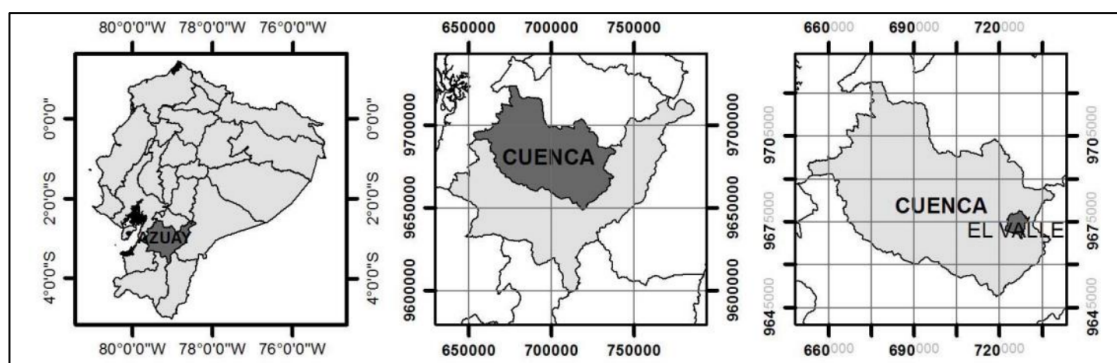


Figura 1: Área de estudio parroquia El Valle, cantón Cuenca, provincia del Azuay

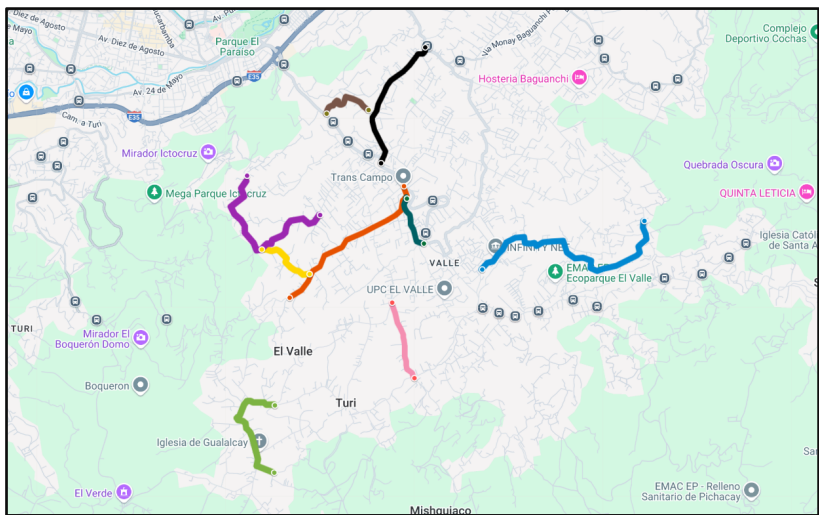


Figura 2: Tramos viales de la parroquia el Valle

Tabla 1: Vías seleccionadas para el análisis, Vía 5- Castilla Cruz El coco, Vía 7- Santa Martha- Gualacay, Vía 9- Primero de enero- Castilla Cruz- Emilio Sarmiento

NÚMERO TRAMOS VIALES	DESCRIPCIÓN VÍAS IDENTIFICADOR	COORDENADAS				LONGITUD VÍA (Km)	CBR %
		INICIO ESTE	INICIO NORTE	FIN ESTE	FIN NORTE		
1	San José- San Antonio- "Y" Santa Marianita	724433.33 m	E9675698.68 m	723498.77 m	m9676186.74 m	2.5	1.7
2	Cementerio- San Pedro- Tierras coloradas	726537.64 m	E9674983.92 m	728641.96 m	m9675598.45 m	3.2	1.8
3	San Juan Loma- San Miguel	725526.15 m	E9676051.60 m	724050.89 m	m9674622.40 m	2.28	1.7
4	San Isidro- "Y" San Antonio	724309.45 m	E9674929.89 m	723687.01 m	m9675239.42 m	0.78	4.1
5	Castilla cruz- el coco	725074.98 m	E9677030.71 m	724525.53 m	m9676981.07 m	0.97	3.8
6	Barrio Artesanal	725662.07 m	E9673586.32 m	725373.60 m	m9674552.12 m	1	1.4
7	Santa Martha- Gualacay	723854.94 m	E9673239.49 m	723838.85 m	m9672373.44 m	1.56	1.3
8	Limas	725787.96 m	E9675316.82 m	725562.95 m	m9675894.17 m	0.7	1.8
9	Primero de enero- Castilla Cruz- Emilio Sarmiento	725235.02 m	E9676345.77 m	725810.59 m	m9677834.77 m	1.86	4.3
						14.85	Km

El diseño original de las vías contempla una estructura formada por carpeta asfáltica, base granular y suelo estabilizado con cemento por las características de los tramos viales. Sin embargo, al existir una capa tan rígida (la estabilizada), la contribución de un geotextil de alto módulo sería ilimitada, pues la rigidez de la capa estabilizada reduce el efecto del refuerzo. Por lo tanto, para evidenciar de mejor manera el aporte del geotextil, se rediseñaron las mismas vías sin incluir la capa estabilizada, quedando solo con subbase, base y carpeta asfáltica. En cuanto a los materiales granulares considerados en los diseños, corresponden a tipos comúnmente utilizados en obras viales dentro de la parroquia El Valle. Si bien el estudio de diseño no especifica el origen exacto de los áridos, es razonable suponer, con base en la ubicación geográfica, que estos provienen



principalmente de la cuenca del río Paute, dada la cercanía y disponibilidad de recursos aluviales y triturados. En este rediseño se aplican tanto la normativa de diseño vial NEVI- 12 [17] como la metodología AASHTO-93 para pavimentos flexibles.

Posteriormente, se procedió a incorporar geotextiles de alto módulo, cada uno con valores distintos de TBR (Traffic Benefit Ratio), en este caso 2,3 y 4 con el fin de evaluar cómo varía el comportamiento estructural. El factor TBR se integra en la metodología AASHTO para cuantificar el incremento de capacidad portante que el refuerzo de geotextil genera en el pavimento. Para ello, se sigue la metodología planteada por [5], compuesta por los pasos que se describen a continuación:

2.2 Métodos

Para el presente análisis se utilizó un enfoque cuantitativo-comparativo para evaluar el desempeño estructural y económico de pavimentos flexibles con y sin el uso de geotextiles tejidos de alto módulo. Esta metodología toma como base la propuesta estructural desarrollada por Goud et al., que incorpora el factor Traffic Benefit Ratio (TBR) para estimar el aporte del refuerzo en términos del número estructural y proyectar reducciones de espesor sin comprometer la capacidad portante del pavimento [5]. Asimismo, el enfoque comparativo adoptado ha sido validado en estudios recientes que evalúan la eficiencia del refuerzo geosintético en términos de comportamiento estructural y ahorro económico frente a diseños convencionales [12].

2.2.1 Diseño sin refuerzo (método base)

- Se calculó el número estructural requerido (SN_{req}) para cubrir el tránsito W₁₈ previsto, utilizando la ecuación AASHTO-93 en función del módulo resiliente de la subrasante, nivel de confiabilidad y otros factores inherentes a la metodología.

$$\log W_{18} = Z_R \times S_o + 9.36 \times \log (SN_{req} + 1) - 0.2 + \frac{\log \frac{\Delta PSI^{2.7}}{1094}}{0.4 + \frac{1}{(SN_{req} + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log M_R - 8.07 \quad \text{Ec. 1}$$

- Se diseñó el pavimento con las capas de subbase, base y carpeta asfáltica y se obtuvo el número estructural del pavimento sin refuerzo (SN_{sr}), determinado por la suma de los productos entre el espesor de cada capa y su respectivo coeficiente estructural (ajustado o no por el factor de drenaje, si aplica.)

$$SN_{sr} = (axd)_{asfalto} + (axdxm)_{base} + (axdxm)_{subbase} \quad \text{Ec. 2}$$

- Se verificó que el número estructural sin refuerzo (SN_{sr}) calculado sea mayor o igual al número estructural requerido (SN_{req}) para tener una estructura que cumpla con los parámetros de diseño.

$$SN_{sr} \geq SN_{req} \quad \text{Ec. 3}$$

2.2.2 Incorporación de geotextil tejido de alto módulo y definición del TBR

- Al diseño se incorporó el geotextil de alto módulo caracterizado por diferentes valores de TBR (Traffic Benefit Ratios), elegidos según fichas técnicas e información dada por el fabricante. El método AASHTO- 93, tal como se describe en [5], permite ajustar el tránsito efectivo W_{18} multiplicando el valor original de W_{18} por el factor TBR, con lo cual se obtiene una capacidad de carga equivalente mayor.

$$W_{18}(\text{reforzado}) = TBR \times W_{18}(\text{sin refuerzo}) \quad \text{Ec. 4}$$

- Con el nuevo tránsito W_{18} reforzado se determinó un número estructural reforzado (SN_{ref}) aplicando la misma ecuación de AASHTO-93.

$$\log W_{18}(\text{reforzado}) = Z_R \times S_o + 9.36 \times \log (SN_{ref} + 1) - 0.2 + \frac{\log \frac{\Delta PSI}{2.7}}{0.4 + \frac{1094}{(SN_{ref} + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log M_R - 8.07 \quad \text{Ec. 5}$$

2.2.3 Cálculo del aporte estructural del geotextil y optimización de espesores

- El aporte estructural dado por la inclusión del geotextil tejido de alto módulo se obtuvo de la diferencia entre el número estructural reforzado (SN_{ref}) y el número estructural sin refuerzo [SN_{sr}]. Gracias a esta contribución adicional, se puede reducir el espesor de algunas capas (sea subbase, base o incluso la carpeta asfáltica).

$$SN_{\text{geotextil}} = SN_{ref} - SN_{sr} \quad \text{Ec. 6}$$

- Seguido de esto se comparó que el número estructural último ($SN_{\text{último}}$) calculado con los nuevos espesores reducidos gracias al aporte del geotextil de alto módulo cumpla con el número estructural sin refuerzo (SN_{sr}) solicitado por la estructura del pavimento para asegurar que el mismo cumpla con las exigencias de tránsito y confiabilidad. Por ende, la metodología brinda una optimización de espesores sin sacrificar el desempeño del pavimento.

$$SN_{\text{último}} = (axd)_{\text{asfalto}} + (axdxm)_{\text{base}} + (axdxm)_{\text{subbase}} + SN_{\text{geotextil}} \quad \text{Ec. 7}$$

$$SN_{\text{último}} \geq SN_{sf} \geq SN_{req} \quad \text{Ec. 8}$$

- Se efectuó una comparativa de diseño entre la sección convencional y la sección con geotextil para cada vía, analizando el efecto del TBR seleccionado (2,3 y 4)

2.2.4 Análisis económico

- Se realizó un análisis de costos asociados al diseño original con suelo estabilizado, el diseño convencional sin refuerzo y el diseño incorporando geotextil tejido de alto módulo, tomando en cuenta los precios (costos directos) de los rubros identificados en los estudios y los precios de los geotextiles de alto módulo dados por el fabricante.

1. Área de estudio

Información de estudios definitivos de diseños viales de la parroquia el Valle

Selección vías de estudio de acuerdo a CBR de subrasante, un total de tres vías.

Vía 5: Castilla Cruz- El Coco
Vía 7: Santa Martha- Gualacay
Vía 9: Primero de Enero- Castilla Cruz- Emilio Sarmiento

Se descarta capa estabilizada con cemento y se adopta:
Subbase granular- Base granular- Carpeta Asfáltica



2. Métodos

Enfoque cuantitativo- comparativo

2.1 Diseño sin refuerzo metodología AASHTO-93

Sub Base, base, carpeta asfáltica
Número estructural sin refuerzo ($SN_{sr} \geq SN_{req}$)

2.2. Incorporación geotextil (TBR)

$TBR = 2, 3, 4$
 $W18 \text{ reforzado} = TBR \times W18 \text{ sin refuerzo}$
Nuevo SN_{ref}

2.3 Aporte estructural metodología Goud et al (2020)

Cálculo aporte estructural
 $SN_{geotextil} = SN_{ref} - SN_{sr}$
Cálculo de nuevos espesores
 $SN_{último} \geq SN_{sf} \geq SN_{req}$

2.4 Análisis económico

Comparación de costos
a) Diseño original
b) Diseño sin geotextil tejido de alto módulo
c) Diseño con geotextil tejido de alto módulo

Figura 3: Esquema metodología

3. Resultados

Diseño sin refuerzo- Método Base

En la Tabla 2, se presentan los parámetros de diseño sin refuerzo (Método base), incluyendo características geométricas, valores de CBR, número de ejes equivalentes proyectados ($W18$), módulos resilientes y configuraciones estructurales determinadas de cada vía.

Tabla 2: Caracterización de vías- Parámetros de diseño sin refuerzo

Vía	CBR	Periodo de diseño	W18	Confiabilidad	Desviación Estándar Normal	Error Estándar	Índice de Servicio Inicial	Índice de Servicio Final	Pérdida de Servicio	Módulo Resiliente Subrasante
	%	Años	Esals	R	Zr	So	Po	Pf	ΔPSI	Psi
5	3.80		94,484.00							5,700.00
7	1.30	10	90,704.00	0.80	-0.84	0.45	4.20	2.20	2.00	1,950.00
9	4.30		113,379.00							6,450.00

La Tabla 3 muestra resultados de diseño desarrollado con base en la metodología AASHTO-93 Ec.1 y Ec.2 verificando que el número estructural sin refuerzo (SN_{sr}) obtenido sea igual o superior al requerido (SN_{req}) para cada caso Ec.3. Los espesores resultantes para carpeta asfáltica, base y sub base granular fueron calculados considerando coeficientes estructurales según el tipo de material y las condiciones de drenaje.

Tabla 3: Resultado espesores de estructura pavimento (Método base)

VÍA	Carpeta Asfáltica (cm)	Base Granular (cm)	Sub Base Granular (cm)	Snreq	Sn _{sr}
VIA 5- Castilla cruz- El coco	5.08	18.00	18.00	2.40	2.5
VIA 7- Santa Martha- Gualalcay	5.08	29.50	29.50	3.52	3.60
VIA 9-Primero de Enero- Castilla Cruz- Emilio Sarmiento	5.08	18.00	16.00	2.35	2.42

$$SN_{sr} \geq SN_{req} \text{ OK}$$

Diseño con refuerzo- Incorporación geotextil de alto módulo

En la Tabla 4 se presentan las fichas técnicas de los geotextiles de alto módulo brindado por el fabricante de estos materiales, además de los valores TBR (Traffic Benefit Ratio) correspondientes a las propiedades mecánicas de los geotextiles Fortex BX2, BX3 y BX4 respectivamente.

Tabla 4: Geotextiles tejidos de alto módulo (Fichas Técnicas)

PROPIEDADES MECÁNICAS		NORMA DE ENSAYO	UNIDAD	DATOS		
				Forte BX 2	Forte BX 3	Forte BX 4
Método Grab						
Resistencia a la rotura	MD	ASTM	N	2390	3160	4160
	TD	D4632		2370	3040	4040
Método Tira ancha						
Módulo secante al 2% de elongación				700	850	1150
Resistencia @ 2% de elongación	(MD/TD)	ASTM D4595	kN/m	13/14	16/17	21/23
Resistencia @ 5% de elongación	(MD/TD)			31/30	40/40	57/52
Resistencia máxima disponible para diseño a 75 años		GRI GT7	kN/m	30	42	57

Resistencia al punzonamiento estático CBR		ASTM D6241	N	7360	9760	12470
Resistencia al rasgado trapezoidal	MD	ASTM D4533	N	920	1010	1400
	TD			929	930	1240
Estabilidad UV-Resistencia retenida después de 500 h		ASTM D4355	%	>70	>70	>70
Propiedades Hidráulicas		NORMA DE ENSAYO	UNIDAD	DATOS		
				Forte BX 2	Forte BX 3	Forte BX 4
Tamaño de abertura aparente		ASTM D4751	mm	0.3	0.3	0.3
Permeabilidad		ASTM D4491	cm/s	0.091	0.083	0.063
Permitividad			S^{-1}	0.913	1.035	0.671
Tasa de Flujo			l/min/m ²	2738	3104	846
<i>MD: Dirección de las máquinas a lo largo de los rollos</i> <i>TD: Dirección transversal a través del largo de los rollos</i>						

En el presente estudio, los valores de Traffic Benefit Ratio (TBR) asignados a los geotextiles de alto módulo presentados en la Tabla 5, han sido proporcionados directamente por el fabricante, quien fundamenta dichos valores en una correlación técnica basada en ensayos experimentales desarrollados por [18] en los Estados Unidos. Dicho estudio, respaldado por el Departamento de Transporte del Estado de Montana, se enfoca en el análisis comparativo del comportamiento estructural de secciones de pavimento sometidas a cargas cíclicas bajo condiciones controladas, algunas de ellas reforzadas con geotextiles tejidos. A través de uso de pistas de pruebas a escala real e instrumentación detallada, el estudio permitió establecer indicadores de mejora como el TBR. Si bien los ensayos no se realizaron específicamente sobre los modelos utilizados en este trabajo, sus resultados sirven como base experimental para que la empresa fabricante establezca equivalencias de comportamiento mediante la comparación de propiedades clave como la rigidez a baja deformación, la resistencia a la fluencia y la capacidad de control de deformación acumulada en suelos de baja capacidad portante.

Tabla 5: Geotextiles tejidos de alto módulo y su respectivo TBR

Geotextil tejido de alto módulo - TBR	
Geotextil	TBR (Traffic Benefit Ratio)
Forte BX 2	2 a 3
Forte BX 3	3 a 4
Forte BX 4	4 a 5

En la Tabla 6 se presenta el resultado de tránsito reforzado (Ec.4) y los nuevos números estructurales (SNref) (Ec.5).

Tabla 6: Resultados tráfico reforzado W18reforzado y número estructural reforzado SNref

VÍA	VIA 5 - Castilla cruz- El coco	VIA 7 - Santa Martha- Gualacay	VIA 9 -Primero de Enero- Castilla Cruz- Emilio Sarmiento
W18(sin refuerzo)	94,484.00	90,704.00	113,379.00
W18(reforzado)			
TBR=2	188,968.00	181,408.00	226,758.00
TBR=3	283,452.00	272,112.00	340,137.00
TBR=4	377,936.00	362,816.00	453,516.00
CBR %	3.80	1.30	4.30
TBR	SN Reforzado	SN Reforzado	SN Reforzado
TBR=1 (Sin refuerzo- Método Base)	2.50	3.60	2.42
TBR=2	2.68	3.91	2.63
TBR=3	2.85	4.14	2.80
TBR=4	2.99	4.32	2.94
Incremento SN	19%	20%	21%

A partir de los datos presentados en la Tabla 6, se obtiene la Figura 4, la cual ilustra la relación entre los números estructurales obtenidos con la incorporación del geotextil tejido, considerando distintos valores de TBR y variaciones en la capacidad portante de la subrasante.

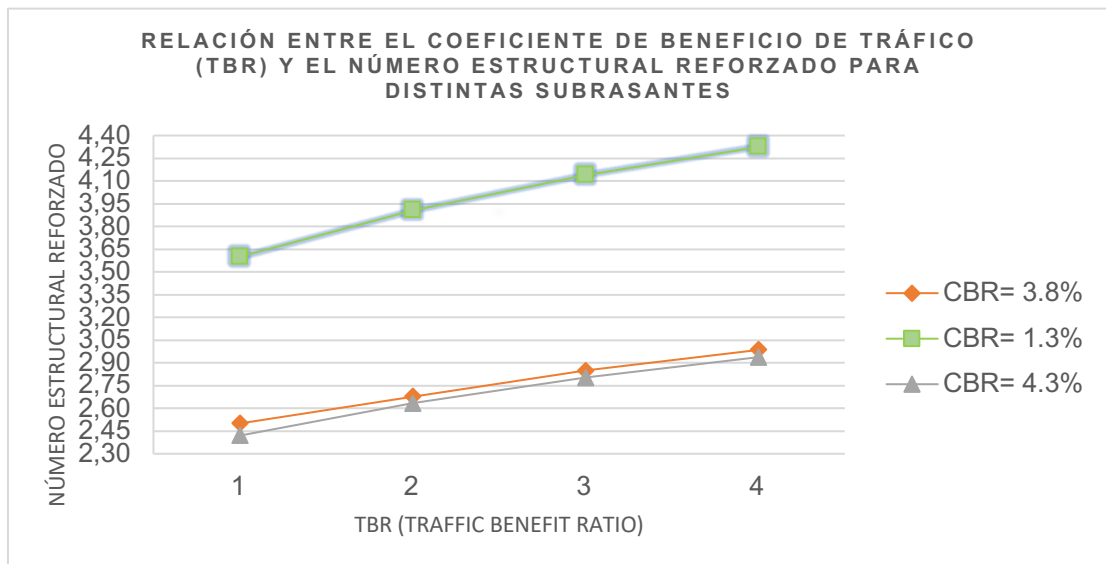


Figura 4: Relación entre coeficiente de beneficio de tráfico TBR y número estructural reforzado (SNref) para distintas subrasantes (CBR)

La Tabla 7 presenta el aporte estructural del geotextil SNgeotextil (Ec.6) siguiendo la metodología propuesta por [5]. Con estos valores se pudo optimizar el diseño mediante la reducción de espesores de la capa base y subbase granular, asegurando que la estructura mantenga el número de desempeño estructural (Ec7. y Ec 8.)

Tabla 7: Resultados aporte estructural por geotextil tejido de alto módulo y espesores de diseño reforzado.

Resultado aporte estructural por geotextil de alto módulo y espesores de diseño reforzados				
Vía	Número estructural/ Capa	TBR=2	TBR=3	TBR=4- Fortex BX 4
Vía 5- Castilla cruz- El coco - CBR=3.8%	Snsr		2.50	
	Snref	2.68	2.85	2.99
	Sngeotextil	0.18	0.35	0.49
	Espesores de diseño reforzado (cm)			
	Carpeta asfáltica (cm)	5.08	5.08	5.08
	Base Granular (cm)	16.00	13.50	11.50
	Sub base granular (cm)	16.50	15.50	14.50
	Espesor total pavimento reforzado (cm)	37.58	34.08	31.08
	Sn(último)	2.50	2.51	2.50
	SNúltimo ≥ SNsr OK			
	Espesores de diseño sin refuerzo			
	Carpeta asfáltica (cm)	5.08	% Reducción	
	Base Granular (cm)	18.00		
	Sub base granular (cm)	18.00		
			24.34%	

Vía 7- Santa Martha- Gualalcay - CBR= 1.3%	Espesor total pavimento sin refuerzo			
	(cm)	41.08		
	Snsr		3.60	
	Snref	3.91	4.14	4.32
	Sngeotextil	0.31	0.54	0.72
	Espesores de diseño reforzado (cm)			
	Carpeta asfáltica (cm)	5.08	5.08	5.08
	Base Granular (cm)	25.4	23	20.5
	Sub base granular (cm)	27	25	24
	Espesor total pavimento reforzado	57.48	53.08	49.58
	(cm)			
	Sn(último)	3.61	3.6	3.6
	SNúltimo $\geq$ SNsr OK			
	Espesores de diseño sin refuerzo			
VIA 9- Primero de Enero- Castilla Cruz- Emilio Sarmiento - CBR= 4.3%	Carpeta asfáltica (cm)	5.08	% Reducción	
	Base Granular (cm)	29.5		
	Sub base granular (cm)	29.5		
	Espesor total pavimento sin refuerzo		22.63%	
	(cm)	64.08		
	Snsr		2.42	
	Snref	2.63	2.8	2.94
	Sngeotextil	0.21	0.38	0.52
	Espesores de diseño reforzado (cm)			
	Carpeta asfáltica (cm)	5.08	5.08	5.08
	Base Granular (cm)	14.5	11.5	10
	Sub base granular (cm)	15.5	15.5	14
	Espesor total pavimento reforzado	35.08	32.08	29.08
	(cm)			
	Sn(último)	2.42	2.42	2.42
	SNúltimo $\geq$ SNsr OK			
	Espesores de diseño sin refuerzo			
	Carpeta asfáltica (cm)	5.08	% Reducción	
	Base Granular (cm)	18		
	Sub base granular (cm)	16		
	Espesor total pavimento sin refuerzo		25.59%	
	(cm)	39.08		

En la Tabla 8 se muestra un análisis comparativo de los presupuestos correspondientes a cada alternativa: Diseño sin refuerzo (Método base), diseño con refuerzo incorporando el geotextil tejido de alto modulo y el diseño original con suelo estabilizado

Tabla 8: Presupuesto diseños viales

Vía	Diseño Sin Refuerzo- Método Base	Diseño Reforzado - Geotextil Tejido de alto módulo BX4 (TBR = 4)	Diferencia	%
-----	-------------------------------------	--	------------	---

VÍA 5- Castilla cruz- el coco- CBR 3.8%	\$	130,232.20	\$	130,890.54	\$	658.34	1.00%
VÍA 7- Santa Martha- Gualalcay - CBR= 1.30%	\$	267,212.40	\$	258,370.56	\$	-8,841.84	-3.00%
VÍA 9- Primero de enero- Castilla Cruz- Emilio Sarmiento- CBR= 4.30%	\$	244,653.61	\$	246,438.10	\$	1,784.49	1.00%
Vía	Diseño Original- Suelo estabilizado		Diseño Reforzado - Geotextil Tejido de alto módulo BX4 (TBR = 4)		Diferencia		%
VÍA 5- Castilla cruz- el coco- CBR 3.8%		133,010.01	\$	130,890.54	\$	-2,119.47	-2.00%
VÍA 7- Santa Martha- Gualalcay - CBR= 1.30%		277,113.32	\$	258,370.56	\$	-18,742.76	-7.00%
VÍA 9- Primero de enero- Castilla Cruz- Emilio Sarmiento- CBR= 4.30%		248,791.61	\$	246,438.10	\$	-2,353.51	-1.00%

4. Discusión

Los resultados obtenidos en el estudio confirmar la hipótesis inicial: la incorporación de geotextiles tejidos de alto módulo en estructuras de pavimento flexible permite optimizar los

espesores estructurales sin comprometer el desempeño técnico de la infraestructura vial. Esta afirmación se sustenta en reducciones de hasta un 25.59% en el espesor total de las capas granulares, observadas en la Vía 9- Primero de Enero- Castilla Cruz- Emilio Sarmiento, son subrasante de 4.3%. No obstante, el comportamiento más eficiente desde el punto de vista estructural se evidencia en la Vía 7-Santa Martha- Gualacay con un CBR de 1.30%, donde el uso del geotextil permitió mantener la integridad estructural con una reducción del 22.63%, lo que indica un aprovechamiento más efectivo del refuerzo en suelos de baja capacidad. Desde una perspectiva comparativa, los valores de TBR (Traffic Benefit ratio) 2,3 y 4 demostraron que el efecto del geotextil de alto módulo es más pronunciado en suelos de menor capacidad portante, validando así los principios propuestos por [9] y retomados por [5] mismos que destacan que la eficiencia del refuerzo se maximiza cuando existe deformabilidad suficiente en el sistema suelo- capa granular para activar la interacción con el geosintético.

Los aportes estructurales calculados mediante la metodología de [5] con base en la adaptación del modelo AASHTO-93 a través del parámetro TBR, muestran coherencia con estudios previos desarrollados por [7] y [11]. En estos, se reporta que el esfuerzo con geotextiles incrementa la resistencia estructural al mejorar la restricción lateral de los agregados, controlar las deformaciones permanentes y redistribuir los refuerzos hacia la subrasante. En el presente estudio, estos efectos se evidencian mediante el aumento del número estructural (SN_{ref}) y el cumplimiento del requerido mínimo (SN_{sr}) en todos los escenarios analizados, incluso con espesores de base y subbase reducidos.

Desde el enfoque económico, los resultados revelan que, aunque en ciertos casos del diseño reforzado con geotextil tejido de alto módulo presenta una inversión inicial ligeramente superior respecto al método base (como en la Vía 5-Castilla cruz- el coco- CBR 3.8% y Vía 9- Primero de enero- Castilla Cruz- Emilio Sarmiento-CBR= 4.30%), esta diferencia no representa una desventaja estructural, dado que los espesores se optimizan y se obtiene un mejor desempeño técnico con un consumo menor de materiales granulares. Por otro lado, al comparar el diseño con geotextil frente al diseño original con suelo estabilizado, se observa un ahorro directo de hasta el 7% en la Vía 7- Santa Martha- Gualacay, lo cual respalda las conclusiones de [12] quienes destacan la rentabilidad de estos sistemas cuando se analizan desde una perspectiva de ciclo de vida al traducirse en una vida útil prolongada y menores inversiones a lo largo del tiempo.

En el contexto de la ingeniería vial ecuatoriana, donde una parte importante de la red vial se asienta sobre los suelos de baja calidad geotécnica y los presupuestos de obra suelen estar condicionados por restricciones económicas, la propuesta de incluir geotextiles tejidos de alto modulo adquiere especial relevancia. La sostenibilidad en infraestructura vial no solo debe considerar aspectos técnicos, sino también el uso eficiente de recursos públicos, lo cual logra reducir el uso de agregados naturales.

Es importante señalar que la efectividad del refuerzo depende de una correcta selección del tipo de geotextil, la ubicación en la estructura, y la compatibilidad con las condiciones de terreno, En este estudio, los materiales Fortex BX 2, BX3 y BX4 fueron seleccionados en función a sus propiedades técnicas y su TBR estimados. Esta aproximación coincide con lo señalado por [15] quienes recomiendan que los valores de TBR deben basarse de ensayos empíricos o datos de ficha técnica verificados, evitando suposiciones arbitrarias. Los hallazgos también coinciden con lo reportado por [11] quien concluye que la efectividad del refuerzo con geotextiles es más evidente en contextos con baja calidad de subrasante. Esto se refleja en el hecho que la Vía 7- Santa Martha- Gualacay, con el CBR más bajo del estudio, presentó la mayor reducción estructural y el

mayor beneficio económico. En contraste, la Vía 9- Primero de enero- Castilla Cruz- Emilio Sarmiento con mejor calidad de subrasante CBR 4.3% aunque también mostró mejoras, fue menos sensible al refuerzo confirmando que la respuesta del sistema depende directamente de las condiciones iniciales del terreno.

La posibilidad de reducir el volumen de materiales granulares toma especial relevancia considerando que, en la zona del Valle, estos suelen ser transportados desde fuentes de la cuenca del río Paute. Esta condición no sólo implica mayores costos de acarreo, sino también una huella ambiental considerable asociada a la explotación y desplazamiento de materiales no renovables.

5. Conclusión

El estudio confirma que el uso de geotextiles tejidos de alto módulo constituye una alternativa técnica eficaz para el diseño de pavimentos flexibles sobre subrasantes con baja capacidad portante. A través de la metodología AASHTO-93, complementada con el enfoque de TBR, se logró una reducción de hasta un 25.59% en el espesor total de las capas estructurales sin comprometer el cumplimiento de los requisitos técnicos del diseño, lo que valida su efectividad desde el punto de vista ingenieril.

El uso de la metodología AASHTO-93 complementada con la propuesta de incorporación del TBR (Traffic Benefit Ratio) demostró ser una herramienta útil para cuantificar el aporte estructural del geotextil. La combinación metodológica permitió identificar claramente el beneficio mecánico del refuerzo en función de las condiciones de la subrasante, el tránsito proyectado y los materiales seleccionados. Se evidencio que a menos valor de CBR, mayor es la efectividad del geotextil, traduciéndose a una reducción más significativa de espesores de base y sub base, en promedio se tiene un aumento del número estructural en un 20%

De acuerdo al enfoque económico, si bien ciertos tramos el diseño reforzado presenta valores similares o ligeramente superiores al método base en términos de costo directo, los beneficios obtenidos en términos de disminución del volumen de materiales granulares requeridos, reducción en la explotación de recursos pétreos, mayor facilidad constructiva y mejora en el desempeño estructural permite compensar ampliamente las diferencias iniciales en los costos de implementación. En el caso de comparación con el diseño original que incluye diseño estabilizado, el diseño con geotextil tejido de alto módulo demostró ahorros directos, siendo la vía con CBR más bajo la que presento el mayor margen de economía en un 7%. Esto demuestra que el refuerzo con geotextil puede ser no solo una alternativa técnica, sino también una opción más rentable y sostenible.

De manera adicional, el empleo de estos materiales permite disminuir el uso de agregados naturales, lo que implica una reducción de impacto ambiental asociado al transporte y extracción de estos recursos, esta cualidad refuerza la relevancia del uso de geotextiles como una estrategia para alcanzar una infraestructura más sustentable. Esta investigación aporta evidencia sobre los beneficios técnicos y económicos al incorporar geotextiles en pavimentos, además de establecer una metodología replicable para contextos geotécnicamente similares en Ecuador u otras regiones con características equivalente, se recomienda profundizar esta línea de investigación mediante estudios a escalar real y monitoreos de comportamiento a largo plazo, con el fin de consolidar hallazgos y apoyar la aplicabilidad en futuras políticas de infraestructura vial.

Agradecimiento: El desarrollo de este artículo se enmarca en el proceso de investigación para la obtención del título de Maestría en Construcción con Mención en Administración de la Construcción Sustentable, impartida por la Universidad Católica de Cuenca. Se extiende un agradecimiento especial al cuerpo docente y a los integrantes de los grupos de investigación que acompañaron y orientaron esta etapa académica, además de al Laboratorio de Robótica, Automatización, Sistemas Inteligentes y Embebidos (RobLab)

Contribución de autores: conceptualización M.B y P.D; redacción– revisión y edición, M.B y P.D

Financiamiento: Los autores financiaron a integridad el estudio.

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

6. Referencias

- [1] Rodrigue, J.P. Transportation and economic development. *The Geography of Transport Systems*, 2020. Disponible en: <https://transportgeography.org/contents/chapter3/transportation-and-economic-development/> (acceso el 14 abril 2025)
- [2] Zurita Vaca, M.; Amboya Soqueb, R.; Barba Castro, E. Infraestructura vial y crecimiento económico: Caso parroquias Sevilla Don Bosco y San Isidro, provincia de Morona Santiago, Ecuador. *Rev. Investig. Altoandín*. **2016**, 18(1), 83–92. <https://doi.org/10.18271/ria.2016.182>
- [3] González, A. Plan Vial 2025 explicado: Así cambiarán las carreteras de Ecuador. *GK*, 2022. Disponible en: <https://gk.city/2022/05/26/plan-vial-2025-explicado-carreteras-ecuador/> (acceso el 14 abril 2025).
- [4] El Comercio. Inversión en vías en emergencia será para obras públicas prioritarias. *El Comercio*, 2023. Disponible en: <https://www.elcomercio.com/actualidad/ecuador/inversion-vias-emergencia-obras-publicas.html> (acceso el 14 abril 2025).
- [5] Goud, G.N.; Mouli, S.S.; Umashankar, B.; Sireesh, S.; Madhira, R.M. Design and sustainability aspects of geogrid-reinforced flexible pavements—An Indian perspective. *Front. Built Environ*. **2020**, 6, 71. <https://doi.org/10.3389/fbuil.2020.00071>
- [6] Huang, Y.H. *Pavement Analysis and Design*, 2nd ed.; Pearson Prentice Hall: Upper Saddle River, NJ, USA, 2004.
- [7] Perkins, S.W.; Ismeik, M. A synthesis and evaluation of geosynthetic-reinforced base layers in flexible pavements: Part II. *Geosynth. Int.* 1997, 4(6), 605–621.
- [8] Sarsby, R.W., Ed. *Geosynthetics in Civil Engineering*; Woodhead Publishing: Cambridge, UK, 2007.
- [9] Giroud, J.P.; Noiray, L. Geotextile-reinforced unpaved road design. *J. Geotech. Eng. Div.* **1981**, 107(9), 1233–1254.
- [10] Holtz, R.D.; Christopher, B.R.; Berg, R.R. *Geosynthetic Design and Construction Guidelines*; Federal Highway Administration (FHWA): Washington, DC, USA, 1998. *Terms and Conditions of Use*;
- [11] Zornberg, J.G. Sistemas de pavimentos reforzados con geosintéticos. *Ing. Civ.* 2013, 171, 5–15.
- [12] Mahdi, S.N.; Imjai, T.; Wattanapanich, C.; Garcia, R.; Kaur, H.; Musarat, M.A. Life cycle cost analysis of flexible pavements reinforced with geo-synthetics: A case study of new construction or repair overlays in Thailand's roads. *Eng. Sci.* **2024**, 28, 10.30919/es1071.
- [13] Shukla, S.K.; Yin, J.-H. *Fundamentals of Geosynthetic Engineering*; Taylor & Francis/Balkema: Leiden, The Netherlands, 2006.

- [14] Tiwari, N.; Satyam, N. An experimental study on the behavior of lime and silica fume treated coir geotextile reinforced expansive soil subgrade. *Eng. Sci. Technol. Int. J.* **2020**, *23*, 1214–1222. <https://doi.org/10.1016/j.jestch.2019.12.006>
- [15] Imjai, T.; Pilakoutas, K.; Guadagnini, M. Performance of geosynthetic-reinforced flexible pavements in full-scale field trials. *Geotext. Geomembr.* **2019**, *47*, 217–229. <https://doi.org/10.1016/j.geotexmem.2018.12.012>
- [16] AASHTO. *Guide for Design of Pavement Structures*; American Association of State Highway and Transportation Officials: Washington, DC, USA, 1993.
- [17] Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO). *Norma Ecuatoriana Vial NEVI-12: Volumen 2A – Norma para Estudios y Diseño Vial*; Subsecretaría de Infraestructura del Transporte: Quito, Ecuador, 2013;.
- [18] Perkins, S.; Cuelho, E. *Large-Scale Laboratory Testing of Geosynthetics in Roadway Applications*; Montana Department of Transportation, U.S. Department of Transportation – Federal Highway Administration: Helena, MT, USA, 2021. <https://doi.org/10.21949/1518310>



© 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

Efectos de los desechos de acero como material de refuerzo en las propiedades mecánicas del hormigón.

Jossué Enmanuel Naula-Vázquez ¹  Juan Maldonado-Noboa ¹  Marco Avila-Calle ¹ 

¹ Universidad Católica de Cuenca. Unidad de Postgrados. Maestría en Construcciones con mención en Administración de la Construcción Sustentable. Cuenca, Ecuador.

 Correspondencia: jossue.naula.07@est.ucacue.edu.ec  + 593 99 974 6196

DOI/URL: <https://doi.org/10.53313/gwj82218>

Resumen: El presente artículo analiza el impacto de incluir fibras de acero, procedentes de residuos de desechos de acero, como agregadas en mezclas de hormigón, evaluando las propiedades mecánicas resultantes frente a mezclas tradicionales. Utilizando una metodología basada en ensayos de tracción indirecta de sondas cilíndricas y comparativo de resultados, se busca determinar si este componente mejora la resistencia y la durabilidad del material. Además, se complementa el estudio con una revisión bibliográfica de investigaciones previas. Los resultados obtenidos permitirán identificar el potencial de las fibras de acero como un recurso sostenible y viable en la industria de la construcción, promoviendo procesos más eficientes y sustentables en el medio ecuatoriano.

Palabras claves:

Fibras de acero, Desechos de acero, Resistencia a la tracción indirecta, Construcción sustentable, Materiales innovadores, Sostenibilidad en la construcción.

Effects of waste steel scrap as reinforcing material on the mechanical properties of concrete

Abstract:

This article analyzes the impact of including steel fibers, derived from scrap steel waste, as aggregates in concrete mixtures, evaluating the resulting mechanical properties compared to traditional mixtures. Using a methodology based on indirect tensile testing with cylindrical probes and comparative results, the study seeks to determine whether this component improves the strength and durability of the material. The study is complemented by a literature review of previous research. The results obtained will identify the potential of steel fibers as a sustainable and viable resource in the construction industry, promoting more efficient and sustainable processes in the Ecuadorian environment

Keywords:

Steel fibers, Steel scrap, Indirect tensile strength, Sustainable construction, Innovative materials, Sustainability in construction.



Check for
updates

Cita: Naula-Vázquez, J. E., Maldonado-Noboa, J., & Avila-Calle, M. (2025). Efectos de los desechos de acero como material de refuerzo en las propiedades mecánicas del hormigón. Green World Journal, 08(02), 218. <https://doi.org/10.53313/gwj82218>

Received: 20/May/2025

Accepted: 12/June/2025

Published: 13/June/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>

1. Introducción

El hormigón, se ha convertido en un material estructural base para la industria de la construcción debido a su gran condición de adaptarse a una gran variedad formas y dimensiones. Desde tiempos antiguos, se han empleado variedad de elementos para reforzar el hormigón que permitan mejorar sus características (Mármol Salazar, 2015).

El interés por la optimización de las propiedades mecánicas del hormigón, que permita mejorar su calidad, durabilidad y economía, ha generado que se lleven a cabo numerosas investigaciones sobre el tema. Las propiedades del hormigón dependen en gran medida de la calidad y dosificación de los componentes de su mezcla (Romo Proaño, 2010). El objetivo del diseño o dosificación de hormigones es obtener un producto que posea determinadas propiedades, tanto en estado fresco como endurecido, que garantice la adecuada respuesta del material a las diferentes exigencias de la obra. Tal como lo expresa (Vega, 2016) en su proyecto de investigación, el hormigón es un material sumamente resistente a la compresión, pero extremadamente frágil a solicitaciones de tracción, razón por la cual, con el paso de los años se ha buscado añadir componentes extras, entre los que se puede mencionar aditivos químicos, microsilíce, fibras de hierro, y demás, que permitan mejorar sus propiedades mecánicas.

En la actualidad, el avance de la tecnología en los materiales de construcción ha permitido incorporar variedades de subproducto en diseños de mezcla de hormigón. En su libro (**Mccorman & Brown, 2014**), mencionan que uno de los componentes más examinados para el reforzamiento de las propiedades del hormigón son las fibras de acero ya que estas, repartidas de manera aleatoria dentro de la mezcla, proporcionan resistencia adicional en todas sus direcciones, elimina la falla súbita y le confiere al material una mayor ductilidad, mejorando así sus características mecánicas. El hormigón reforzado con fibras, según la definición del (ACI 318, 2005), no es más que hormigón hecho a partir de cementos hidráulicos, conteniendo áridos finos y gruesos, y fibras discretas discontinuas. Estas fibras que complementan la mezcla de hormigón se conocen como aquellas fibras de acero estiradas en frío o molidas de bloques de acero, fragmentos rectos de acero estirado en frío y/o aquellas producidas como desechos de acero por procesos mecánicos (Asociación Española de Normalización y Certificación, 2008).

La importancia del estudio de las nuevas tecnologías del hormigón y su aplicación radica en que el hormigón, al incorporarse a las obras de construcción, se transforma en un recurso importante para el país, por lo que su utilización debe garantizar bienestar, seguridad, economía y desarrollo social duraderos (Rosario & Danilo, 2019). Tal como lo expresa (Efrén Espinosa-Espinosa et al., 2022), en su proyecto de investigación, las complejidades de las estructuras desarrolladas en la actualidad no deben solo superarse con un adecuado diseño estructural sino también se debe incorporar y tomar en consideración los avances tecnológicos de los materiales constructivos que permitan satisfacer los requerimientos y mejorar apreciablemente sus características.

Las exigencias de la obra, así como la disponibilidad de fibras de acero dentro del mercado, establecerán las condiciones de uso, tipo y dimensiones de las fibras a ser utilizadas para obtener las características mecánicas deseadas del hormigón. La efectividad de incorporar este producto debe ir de la mano de una correcta apreciación del tipo de material que se esté utilizando y sobre todo de una correcta dosificación de fibras (**Macanás Merola & Loma Ramirez, 2014**). Ya lo menciona (SIKA, 2011), en su informe técnico, las fibras o fibras de acero incluidas en mezclas de mortero o en un concreto, han generado una serie de creencias que se han convertido en complejas confusiones o malinterpretaciones, razón por la cual es necesario una correcta interpretación de su utilización.

Para abordar este tema de investigación de tipo aplicada y cuantitativa, detallada como aquella búsqueda y recolección de acontecimientos y hechos de una problemática actual y de interés que permita comprobar una hipótesis de estudio (Hernández Sampieri et al., 1991), la orientación del presente trabajo estará constituida por una primera parte la cual se enfocará en la realización de ensayos de tracción indirecta de probetas cilíndricas para tomas de muestras de hormigón que, en su mezcla, contengan desechos de acero, frente a hormigones con mezcla tradicional. Este proceso será utilizado ya que, como menciona la Norma Ecuatoriana de la construcción (NEC – SE – HM, 2014. Este punto será tratado mediante los dictámenes establecidos en las normas (NTE INEN 1855 – 1, 2015) y (NTE INEN 1855 – 2, 2015)

Una segunda parte conllevará una recopilación informativa, de los principales aspectos teóricos y prácticos, de bases de datos científicas que permitan compilar información relevante de los estudios realizados. Las técnicas de recolección de datos le brindan el sentido y camino a seguir a la investigación. Estas técnicas son las responsables de conducir el proceso a la verificación del problema planteado (Behar Rivero, 2008). Con la información recabada se procederá a una tercera y cuarta parte que, tienen como objetivo, la presentación y análisis de datos que contrasten el aumento de las propiedades mecánicas del hormigón, en temas de su resistencia, para su final discusión y presentación de los resultados. Según (Vara Horna, 2010), los datos recolectados por los instrumentos de medición requieren ser procesados, resumidos, graficados, y evaluados, ahí donde entra a tallar el método de análisis.

El objetivo de lo antes mencionado es analizar la influencia que tiene la incorporación de desechos de acero en mezclas de hormigón, mediante ensayos técnicos, de tal manera que permita evaluar su adecuada aplicación en procesos de construcción sustentable, así como generar una base sólida de comparación.

Con los resultados obtenidos se pretende generen un enfoque crítico y apropiado que permitan exponer si la utilización de desechos de acero, en mezclas de hormigón, incrementa su propiedad mecánica en una variación significativa que garantice mejoras en temas de economía, calidad y durabilidad, de tal manera que posibilite su utilización en futuros procesos constructivos empleados dentro del medio ecuatoriano.

2. Materiales y métodos

2.1. Área de estudio

El presente trabajo de investigación se realizará en la ciudad de Azogues, capital de la provincia del Cañar.

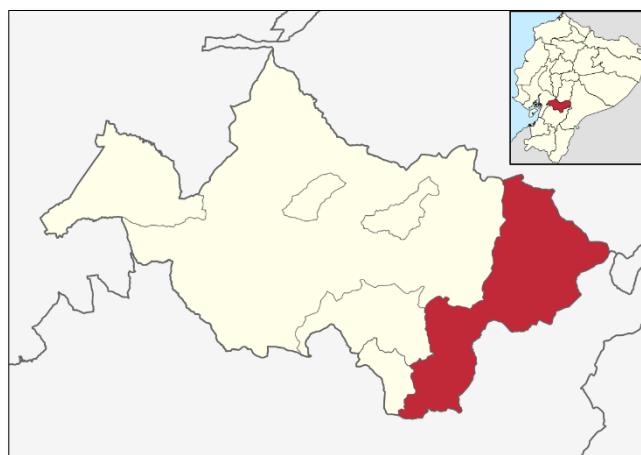


Ilustración 1. Mapa representativo de la zona del estudio investigativo.

2.2. Materiales

Según la norma ecuatoriana de la construcción (NEC – SE – HM, 2014), el hormigón se define como un material de construcción constituida por una base de cemento, agregado fino, agregado grueso, agua y/o aditivos químicos que mejoraran sus características en función de su utilización. En su estado líquido presenta una gran maleabilidad que permite adaptarse a variedad de formas; mientras que en su estado sólido se caracteriza por su gran resistencia a la compresión.

La calidad de los materiales, así como una adecuada dosificación, interviene en una adecuada respuesta de las propiedades mecánicas del hormigón. Una adecuada distribución de estos nos permitirá generar las respuestas necesarias a las diferentes exigencias de la obra. Los componentes básicos que se incorpora en una mezcla de hormigón se definen a continuación:

- **Materiales cementantes**

El cemento es un material aglomerante, derivado de un proceso especial de combinación de arcillas, calizas y yeso, que cumple la función de adherencia y cohesión de los diferentes componentes del hormigón (Romo Proaño, 2010).

Todos los ensayos y tolerancias referentes a los principales requisitos que debe cumplir los materiales cementosos se basan en las normas INEN correspondientes, mismas que se mencionan en la siguiente tabla:

Tipos de Ensayo	Ensayo INEN
Análisis químico	INEN 152
Finura	INEN 196, 197
Tiempo de fraguado	INEN 158, 159
Consistencia normal	INEN 157
Resistencia a la compresión	INEN 488
Resistencia a la flexión	INEN 198
Resistencia a la tracción	AASHTO T – 132

Tabla 1. Ensayos de comprobación del cemento – (Obras Publicas, 2002)

- **Agregados gruesos**

Se conoce como agregado grueso al material formado por grava, roca triturada o una mezcla de estas, y que por su tamaño quede retenido en el tamiz número 4 (4.75 mm). Los requisitos de granulometría y calidad de los agregados gruesos, utilizados en el hormigón, se establece en la norma técnica ecuatoriana NTE INEN 872, equivalente a la norma AASTM C33.

- **Agregados Finos**

Los agregados finos utilizados en el hormigón estarán formados por arena natural, arena de trituración o una mezcla de ambas. El tamaño de las partículas para los agregados finos se encuentra entre 0.07 mm y 5 mm (Romo Proaño, 2010). De igual manera que los agregados gruesos, los requisitos de granulometría y calidad de los agregados finos se establece en la norma técnica ecuatoriana NTE INEN 872, equivalente a la norma AASTM C33.

- **Agua**

El agua en la mezcla de hormigón permite que se produzca la reacción del cemento con los demás componentes y se genera la pasta de cemento. Nunca se debe emplear agua de mar ya que su gran contenido de salinidad afecta las propiedades del hormigón. El agua

para la fabricación de hormigones deberá cumplir los porcentajes máximos de impurezas, presentadas en la siguiente tabla.

Impurezas	%
Acidez y alcalinidad calculadas en términos de carbonato de calcio.	0,05
Sólidos orgánicos total.	0,05
Sólidos inorgánicos totales.	0,05

Tabla 2. Tolerancias máximas para la utilización de agua en la fabricación de hormigón – (*Obras Publicas, 2002*)

- Aditivos

Son compuestos químicos que, empleados como ingrediente en mezclas de hormigón, modifican sus propiedades bien sea en estado fresco o en estado endurecido. Según los objetivos de trabajabilidad que se consideren necesarios para la obra, los aditivos pueden ser del tipo: acelerantes o retardantes del proceso de fraguado, reductores de porcentajes de agua utilizados en la mezcla, inclusores de aire, impermeabilizantes, etc. Antes de la utilización de cualquier tipo de aditivo estos deben ser aceptados conforme con los objetivos y métodos de construcción (*Mccorman & Brown, 2014*).

- Materiales de refuerzo – Fibras de Cero:

Los materiales utilizados como refuerzo en mezclas de hormigón, del tipo fibras de acero, constituyen aquella materia prima de acero estiradas en frío o molidas de bloques de acero, fragmentos rectos de acero estirado en frío y/o aquellas producidas como desechos de acero por procesos mecánicos. Estas se dispersan y distribuyen de manera adecuada dentro de la masa del hormigón de tal manera que se utilización contribuya de manera óptima a las características mecánicas de un elemento de hormigón. (Asociación Española de Normalización y Certificación, 2008).

Según la Norma Ecuatoriana de la construcción, (NEC – SE – HM, 2014), los requisitos básicos para la utilización de fibras de acero como refuerzo de hormigón se presentan a continuación:

- Material: Acero de bajo contenido de carbono trefilado en frío.
- Acabado: pueden ser de acero negro pulido o galvanizadas.
- Resistencia nominal a la tracción: desde 1160 N/mm² hasta 1345 N/mm² con tolerancias de $\pm 7.5\%$ promedio.
- Longitudes: desde 30 mm hasta 60 mm
- Diámetros: desde 0.55 mm hasta 1.05 mm
- Normas de referencia: ASTM A820, ASTM C1609, ACI 544.3r y CE EN 14889-1.

En función de la finalidad estructural que se contemple a la hora de la utilización de fibras de acero en mezclas de hormigón, la (Asociación Española de Normalización y Certificación, 2008), nos indica que, si se considera el aporte de la resistencia de las fibras de acero en los cálculos relativos de los estados límites de servicio o últimos y su empleo puede implicar la sustitución parcial o total de armadura en algunas aplicaciones, se establece que dicha participación tendrá una finalidad estructural. Por otro lado, se establece que el empleo de fibras de acero es no estructural cuando se lo realiza con el objetivo de mejorar el control de fisuras o su resistencia al fuego de elementos de hormigón y su presencia no interviene en los cálculos de sus propiedades.

Como lo presenta (Caballero, 2017), la eficacia a la hora de utilizar fibras de acero como material de refuerzo esta estrechamente relacionada con el tipo y características de dicho material, por ello

que, en la siguiente tabla, se presenta los materiales más utilizados para la fabricación y adición en elementos de hormigón indicando sus principales características.

Tipo de Fibra	Diámetro Equivalente (mm)	Densidad (Kg/m^3)	Resistencia a Tracción (MPa)	Módulo de Young (GPa)	Alargamiento de Rotura (%)
Acrílico	0,02 – 0,35	1100	200 – 400	2	1,1
Vidrio	0,005 – 0,15	2500	1000 – 2600	70 – 80	1,5 – 3,5
Nylon	0,02 – 0,4	1100	760 – 820	4,1	16 – 20
Acero	0,15 – 1	7840	345 – 3000	200	4 – 10

Tabla 3. Tipos de fibras más comunes y sus propiedades – Fuente: (Caballero, 2017)

En base de lo expresado anteriormente y en función de la disponibilidad de los materiales dentro de la zona de investigación, para el presente trabajo se estableció el uso de materiales que se señalan a continuación:

- **Materiales Cementantes:** Este material corresponden al tipo cemento hidráulico GU de alta durabilidad que cumple la norma técnica ecuatoriana INEN 2380, denominado requisitos de desempeño para cementos hidráulicos. El material es producido con Clinker, adiciones de minerales y sulfato de calcio, los cuales son dosificados en la molienda obteniendo un producto de alta calidad.
En cumplimiento de lo dispuesto en la norma señalada, el material cementoso utilizado corresponde al producido por la unión cementera nacional Guapán.
- **Agregado Grueso y Fino:** Los componentes de agregados gruesos y finos utilizados para la mezcla de hormigón, provienen de la minera Rookaazul Cia. Ltda., la cual se desempeña en prácticas de extracción y procesamiento de minerales.
- **Fibras de Acero:** La incorporación de fibras de acero proceden de desechos obtenidos mediante técnicas de torneado del acero. El torneado es un proceso de mecanizado en el que se utiliza un torno para rotar el metal mientras una herramienta de corte se mueve linealmente para retirar el metal a lo largo del diámetro, creando una forma cilíndrica.
Para el manejo y uso del material, se acató los requisitos básicos para la utilización de fibras de acero como refuerzo de hormigón presentado en la norma técnica ecuatoriana INEN 2874, NEC – SE– HM, y demás normas internacionales sujetas al tema de estudio.

2.3. Métodos

La estrategia metodológica proyectada para la presente investigación se basará en los principios de calidad del hormigón presentados por la norma ecuatoriana de construcción en sus guías NTE INEN 1855 – 1 y NTE INEN 1855 – 2, las cuales tienen como finalidad establecer las especificaciones para la producción y requerimientos de calidad del hormigón. Además, se contará con las recomendaciones de documentos normativos vigentes y normas reconocidas internacionalmente.

2.3.1. Método de diseño de mezclas

A la hora de cuantificar los materiales que componen una mezcla de hormigón se requiere establecer de manera clara el uso que tendrá dicha mezcla en términos de resistencia y trabajabilidad, además de considerar las propiedades mecánicas conforme con los objetivos y métodos de construcción. (NTE INEN 1855 – 2, 2015)

Las propiedades del hormigón dependen en gran medida de la calidad y proporciones de los componentes en la mezcla, y de las condiciones de humedad y temperatura, durante los procesos de fabricación y de fraguado.

La norma ecuatoriana de la construcción (NTE INEN 1855 – 2, 2015) nos define las acciones pertinentes de medición y mezclado, mismos que se detallan a continuación:

- Durante los procesos de medición y mezclado, comprobar la homogeneidad de los materiales.
- Cuantificar de manera óptima las cantidades necesarias de cada material en función de las características mecánicas que se espere obtener.
- Comprobar un adecuado proceso de mezclado de todos los materiales, teniendo presente los tiempos mínimos y máximos que requiere dicho proceso.

La cuantificación de materiales puede basarse en diseños de obras similares que permitan obtener las propiedades requeridas de los elementos de hormigón. Para dar cumplimiento a lo mencionado, se deberá presentar una tabla donde se detalle las cantidades de los materiales a ser utilizados.

Cantidad de Materiales empleados para el diseño de mezcla de hormigón		
Material	Cantidad	Unidad
Cemento	----	Kg
Agregado Fino	----	Kg
Agregado Grueso	----	Kg
Agua	----	Kg
Aditivo	----	----
Otros	----	----
Total	-----	

Tabla 4. Tabla tipo de detalle de cantidades de los materiales en mezclas de hormigón. – Fuente: (NEC – SE – HM, 2014)

2.3.2. Método para la determinación de trabajabilidad (Asentamiento) del Hormigón

La trabajabilidad del hormigón será seleccionada por parte del diseñador con la finalidad de generar un hormigón homogéneo y en función del tipo de elemento estructural, tecnología de puesta en obra, uso de aditivos, tipo de compactación, etc. El método utilizado para la cuantificación de trabajabilidad se denomina Asentamiento del Cono de Abrams. Dicho método establece que mientras mayor es el asentamiento, el hormigón es más trabajable y viceversa (Norma cubana nc 250: 2005 requisitos de durabilidad para el diseño y construcción de edificaciones y obras civiles de hormigón estructural, 2005).

El proceso para la determinación de la trabajabilidad consiste en colocar una mezcla de hormigón dentro de un molde con forma de cono truncado, con diámetros internos de 200 mm en la base, 100 mm en la parte superior y altura de 300 mm. La mezcla debe ser colocada en un número máximo de tres capas, cada una de aproximadamente un tercio del volumen del molde, asegurando una distribución uniforme del hormigón. Cada capa debe ser compactada con 25 golpes mediante la utilización de una varilla de compactación. Una vez realizado el proceso de colocación se debe retirar el molde del hormigón levantándolo cuidadosamente en dirección vertical. Levantar el molde en su altura de 300 mm en $5s \pm 2s$ con un movimiento ascendente uniforme y sin movimientos laterales o de torsión. Inmediatamente medir el asentamiento determinando la diferencia vertical entre

la parte superior del molde y el centro original desplazado de la superficie superior del espécimen. Dicha distancia vertical se reporta como el grado de trabajabilidad de la mezcla.

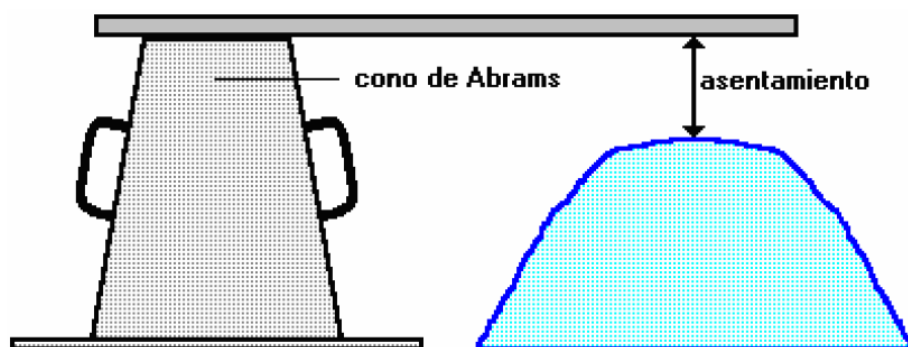


Ilustración 2. Determinación de la trabajabilidad – Método de cono de Abrams – Fuente: (Romo Proaño, 2010).

En la siguiente tabla se define las especificaciones de rango de asentamiento para mezclas de hormigón y su valoración cualitativa o de trabajabilidad:

Tipo	Valoración Cualitativa	Asentamiento en mm
A1	Seca	10 a 40
A2	Plástica	50 a 90
A3	Blanda	100 a 150
A4	Fluida	160 a 210
A5	Muy Fluida	≥ 220

Tabla 5. Tipos de Asentamiento mediante el Cono de Abrams – Fuente: (Autor, 2025).

2.3.3. Método de elaboración de probetas

Los requerimientos de curado y protección para los procedimientos de fabricación de probetas de hormigón necesarias para pruebas de laboratorio se establecen en la norma técnica ecuatoriana la norma INEN 1576 que se fundamenta en la norma ASTM C31.

Los principales puntos que se deben considerar para la elaboración de probetas se detallan a continuación:

- **Moldes:** Una de las principales características de los moldes para la fabricación de probetas de hormigón es que deberá mantener sus dimensiones y forma una vez realizados el pertinente proceso de colocación de la muestra, esto garantiza que el espécimen no se ve afectado a la hora de su curado. Generalmente estos moldes son de acero o hierro fundido. Las condiciones necesarias para una correcta utilización de los moldes se establecen en la norma técnica ASTM C 470.

Antes del proceso de vertido de la mezcla, se recomienda que los moldes se encuentren recubiertos con aceite mineral o un material desmoldante no reactivo que permita un adecuado retiro de este una vez se cumpla los tiempos pertinentes de fraguado.

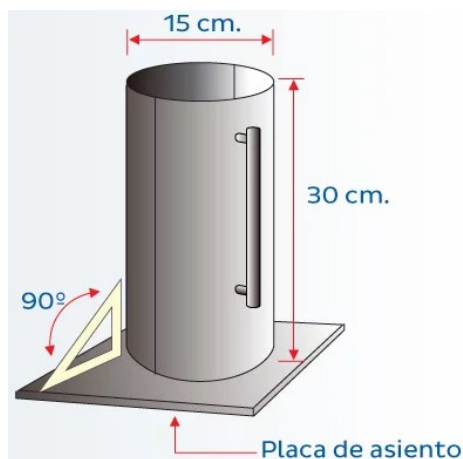


Ilustración 3. Molde tipo para probetas de Hormigón. – Fuente: (Romo Proaño, 2010)

- Colocación de la muestra:
 - Una vez recubierto el molde con aceite mineral o un material desmoldante se procederá a verter la mezcla de hormigón con la utilización de un cucharón, una cuchara de albañil despuntada o una pala. Se deberá asegurar una distribución simétrica a lo largo de todo el molde evitando la segregación del agregado grueso.
 - Compactar la muestra de hormigón con la utilización de una varilla compactadora previo al inicio de la consolidación.
 - El número de capas requeridas, en función del diámetro del molde, para los especímenes se indican en la siguiente tabla:

Tipo y tamaño de espécimen	Modo de Consolidación	Número de capas Igual profundidad
Cilindros		
Diámetro (mm)		
75 a 100	Varillado	2
150	Varillado	3
225	Varillado	4
Hasta 225	Varillado	2

Tabla 6. Número de capas requeridas para los especímenes.

- Las probetas deben sacarse de sus moldes después de 24 horas y antes de 48 horas, y colocarlo en un tanque de agua.
- Identificar las probetas con los datos mínimos que aseguren su adecuada representación. Estos pueden ser: día de elaboración de la muestra, número de espécimen, resistencia. Utilice un procedimiento que no afecte la superficie superior del hormigón.

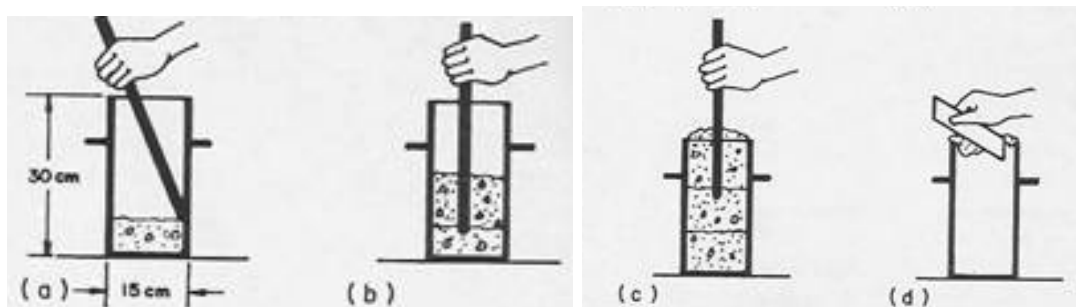


Ilustración 4. Pasos para la elaboración de especímenes de hormigón.

Se recomienda que, para el cálculo de resistencia de especímenes de hormigón, se fabrique como mínimo dos probetas de hormigón que permita relacionar los resultados y validar de mejor manera la resistencia obtenida. Las probetas deberán ser elaboradas al mismo tiempo y de la misma muestra de hormigón siguiendo las recomendaciones establecidas en la norma NTE INEN 1576 o ASTM C31.

- Acta de Muestreo: La norma técnica ecuatoriana INEN 1763, establece que en cualquier procedimiento de muestreo utilizado se debe levantar un acta en donde conste al menos la siguiente información:
 - Lugar, fecha y hora del muestreo.
 - Nombre del proyecto u obra.
 - Nombre del proveedor del hormigón.
 - Número de guía de remisión (premezclado) o número de la parada (hormigón elaborado en obra).
 - Punto de la toma de la muestra.
 - Procedimiento utilizado en el muestreo.
 - Número de identificación de la muestra.
 - Elemento fundido.
 - Condiciones climáticas durante el muestreo.
 - Nombre y firma del técnico calificado que tomó la muestra.
 - Observaciones.

2.3.4. Método de estimación de resistencia del hormigón

Se recomienda que las pruebas de resistencia del hormigón sean llevadas a cabo por un Técnico en Pruebas de Hormigón o su equivalente, de manera que se puede evitar las desviaciones debidas a los métodos de prueba y muestreo (NEC – SE – HM, 2014). Para cada prueba de resistencia se establece una normativa a seguir que será la base del ensayo. La norma AASHTO T 22 o ASTM C 39 regirá para las pruebas de resistencia de compresión. La resistencia a flexión será llevada a cabo en base de lo establecido por las normas AASHTO T 97 (ASTM C 78) o AASHTO 198 (ASTM C 496), tal como se establece en la norma técnica ecuatoriana (NEC – SE – HM, 2014).

El cálculo de la resistencia a la tracción de las probetas de hormigón nos ayudara a controlar y establecer un cálculo para el estudio del tamaño y extensión de las grietas que se presentan cuando los elementos son sometidos a la aplicación de cargas. Estudios han determinado que la resistencia a la tensión del concreto no varía en proporción directa a su resistencia última f'_c a compresión, sin embargo, se ha demostrado que su valor fluctúa entre el resultado de la raíz cuadrada de f'_c . Sin embargo, esa resistencia es muy difícil de corroborar o medir mediante la aplicación de cargas axiales directas de tensión debido a la dificultad de alinear las cargas. Consecuencia de esto, se ha desarrollado una prueba de cálculo indirecta para medir la resistencia a tensión del concreto. Esta se denomina prueba de corte indirecto o prueba radial de cilindro (McCorman & Brown, 2014).

La prueba de corte directo consiste en colocar un cilindro o espécimen de hormigón horizontalmente dentro de la máquina de prueba. Tanto en la parte superior como en la inferior (a lo largo del cilindro) se colocan cartones para la aplicación de carga de compresión uniformemente lineal y transversal. Se le aplica una carga de compresión uniforme a lo largo de la longitud del cilindro, que está apoyado a todo lo largo de la base. El cilindro se fracturará a la mitad de extremo a extremo cuando se alcance su resistencia a la tensión (McCorman & Brown, 2014).

El esfuerzo de tensión en que ocurre la rotura se denomina resistencia radial del cilindro y puede calcularse con la siguiente expresión:

$$f_t = \frac{2P}{\pi LD}$$

Donde:

f_t = Esfuerzo de tensión.

P = Carga de Rotura.

L = Longitud del cilindro.

D = Diámetro del cilindro.

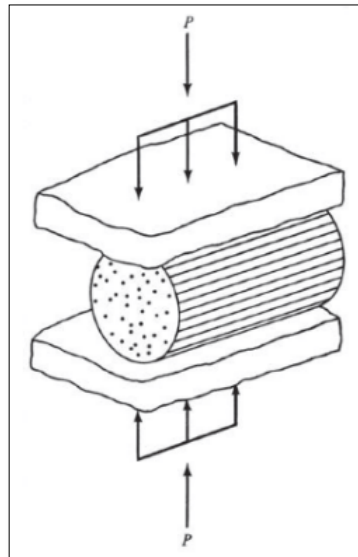


Ilustración 5. Prueba indirecta de tracción – (McCorman & Brown, 2014).

En la norma (Obras Publicas, 2002), se establece que cuando se haya determinado la resistencia a la tracción, por medio de los especímenes ensayados en laboratorio, se consideraran estructuralmente adecuados cuando se cumpla con una de las siguientes disposiciones:

- Se deberá obtener, por lo menos, una resistencia promedio de vigas ensayadas según la Norma ASTM – C78 igual al 85% del módulo de Ruptura. Además, en ningún caso una viga ensayada podrá registrar una resistencia menor que el 75% de dicho módulo.
- La resistencia promedio de los núcleos ensayados según la Norma ASTM – C42, deberá ser por lo menos igual al 60% del módulo de Ruptura y, en ningún caso, un núcleo podrá registrar una resistencia menor del 54% de dicho modulo.

- Control de fisuras

Una de las características del hormigón es que, cuando no están cargados, presentan un número limitado de fisuras de adherencia entre el agregado grueso y el mortero, producto de la retracción de fraguado. Cuando se aplica una carga progresiva, hasta alcanzar un 70 % de su esfuerzo de rotura, las fisuras de adherencia se incrementan tanto en número como en longitud, lo que añadido a la deformabilidad de los materiales permite mantener una relativa linealidad entre los esfuerzos y las deformaciones. Al momento de aproximarse al 90% del esfuerzo de rotura, las fisuras de adherencia crecen exponencialmente y dan paso a las fisuras de mortero, lo que genera rajaduras continuas que terminan produciendo la rotura total del hormigón (Romo Proaño, 2010).

En la actualidad una de las alternativas que se estudia para el control de fisuras en la resistencia a tracción del concreto es la adición de fibras de acero. Al añadir fibras de acero en las mezclas de

hormigón se plantea que dichas fibras actúen como una costura al momento de que se genere el agrietamiento del hormigón incrementando su resistencia a la adherencia y que puedan actuar en parte, como un armado transversal (Caballero, 2017).

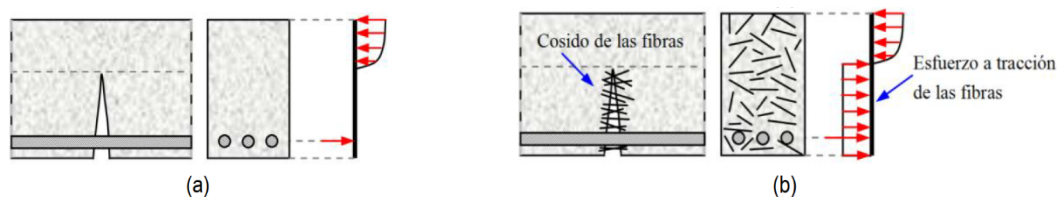


Ilustración 6. Distribución de tensiones: (a) Concreto armado sin fibras de acero, (b) Concreto armado reforzado con fibras de acero.

A fin de controlar los criterios del ancho de grietas que se puedan presentar en hormigones, la NC 250:04, presenta un análisis del ancho permisible de las grietas que garantice una correcta protección y durabilidad. Cabe recalcar que que el ancho de fisura no siempre es un indicador confiable en el control de la corrosión del acero.

Agresividad	Hormigón
Muy Alta	0,15 – 0,2
Alta	0,25
Media	0,3
Baja	0,35

Tabla 7. Máxima abertura de fisura por requerimiento de durabilidad (mm).

3. Resultados

Diseño de mezcla

En consideración que, la dosificación de mezclas de hormigón puede basarse en diseños de obras similares, el cálculo de cantidades para el diseño de la mezcla necesario para el presente trabajo de investigación se corrobora por medio del estudio comparativo del concreto de una resistencia a la compresión de $f'_c = 240 \text{ kg/cm}^2$ efectuado por (Banegas, 2024).

Los materiales empleados corresponden a los disponibles dentro de la zona de estudio del proyecto, los cuales guardan relación con la publicación antes señalada, garantizando de esta manera la calidad y proporciones de los componentes en la mezcla.

La siguiente tabla indica las proporciones de materiales utilizados en la fabricación y elaboración de las probetas de hormigón utilizadas en el presente trabajo de investigación (Volumen de hormigón igual a 28 litros).

Cantidad de Materiales empleados para el diseño de mezcla de hormigón		
Material	Cantidad	Unidad
Cemento	11,45	Kg
Agregado Fino	23,19	Kg
Agregado Grueso	24,11	Kg
Agua	5,78	Kg
Aditivo	0,00	----

Otros	0,00	----
Total	64,52	

Tabla 8. Tabla de detalle de cantidades de los materiales en mezclas de hormigón – Fuente: (Autor, 2025)

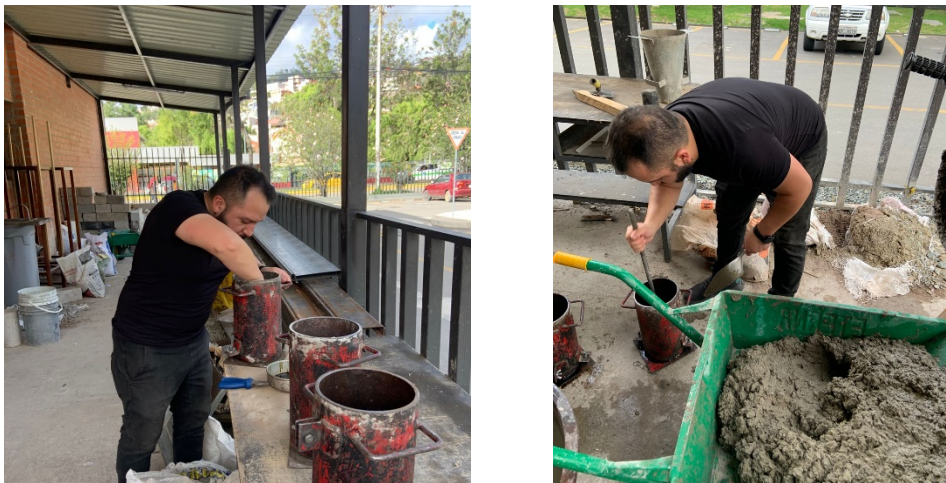


Ilustración 7. Proceso de Tomas de muestra de mezcla de hormigón – Fuente: (El Autor, 2025).

• Fibras de acero

Como lo menciona la (Asociación Española de Normalización y Certificación, 2008), la efectividad de la dosificación de fibras de acero para la utilización en mezclas de hormigón varía en función de sus características y dimensiones. Si bien no se especifica un contenido mínimo de fibras, cuando se utilice fibras de acero con función estructural no es recomendable utilizar dosificaciones inferiores a 20 kg/cm3 de hormigón. El empleo de dosificaciones altas conlleva un descenso de la consistencia y un mayor riesgo de formación de bolas de fibras que se segreguen del hormigón.

Para la presente investigación se utilizó chatarra de acero residual cuyas formas se presentan de forma recta y en espiral, como se puede apreciar en la ilustración 8. Se acató los requisitos básicos para la utilización de fibras de acero como refuerzo de hormigón presentado en la norma técnica ecuatoriana INEN 2874, NEC – SE– HM, y demás normas internacionales sujetas al tema de estudio.

En consideración de estipulado, para la elaboración de probetas y pruebas de ensayo se incorporó un porcentaje de fibras de acero igual al 1,00% del volumen del hormigón.



Ilustración 8. Fibras de acero utilizadas para el presenta trabajo de investigación – Fuente: (Autor, 2025)

Trabajabilidad

En base a la norma técnica ecuatoriana INEN 1578, se llevó a cabo el análisis de trabajabilidad (asentamiento) de las muestras de hormigón que contienen fibras de acero, frente a hormigón de mezcla tradicional. Para ello se utilizó el método de cálculo cuantitativo denominado el Asentamiento del Cono de Abrams.

Efectuado el proceso correspondiente, se puede observar que la trabajabilidad de la mezcla de hormigón se vio afectadas con la utilización de fibras de acero en comparación con la mezcla de hormigón tradicional. El factor principal, para la pérdida de docilidad, se debe al empleo de fibras de acero y cuya magnitud será función del tipo y longitud de las fibras empleadas, así como de la cuantía de fibras dispuestas.

Es importante tener presente una adecuada colocación de las fibras de acero, previniendo de esta manera la mala dispersión de estas dentro de la mezcla. Esto puede generar la formación de pelotas de fibras en la mezcla lo que dificultara su adecuada trabajabilidad y manipulación.

En la siguiente tabla se presenta las medidas de asentamiento obtenidas en función de la aplicación del Cono de Abrams.

Nro. de muestra	Tipo de Concreto	Resistencia	Asentamiento (cm)	Observaciones
1	Hormigón CON fibras de acero	240 Kg/cm ²	6.0	
2	Hormigón SIN fibras de acero	240 Kg/cm ²	8.0	

Tabla 9. Asentamiento de muestras de hormigón – Fuente: (El autor, 2025)

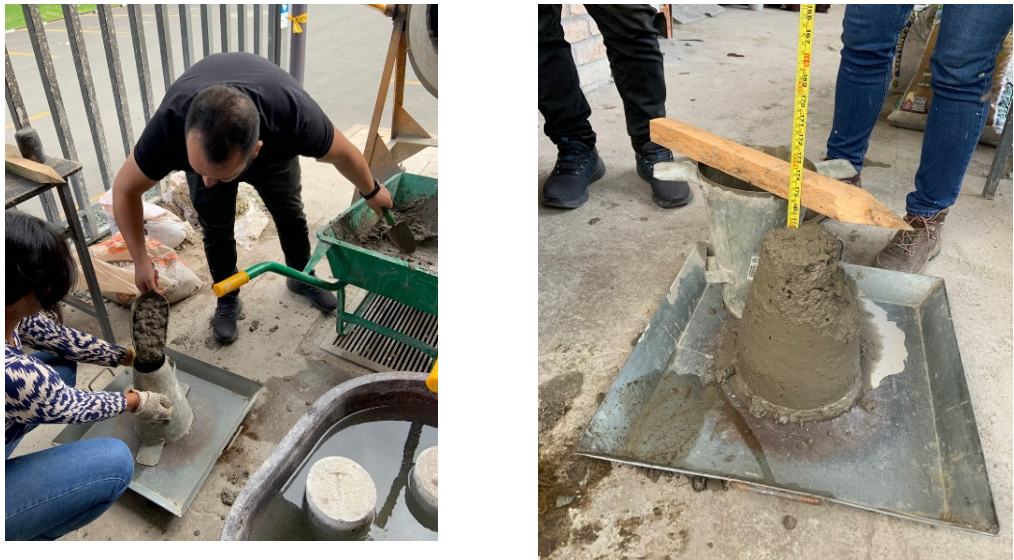


Ilustración 9. Proceso de cálculo de trabajabilidad del hormigón mediante el ensayo de cono de Abrams – Fuente: (El Autor, 2025).

Resistencia del hormigón a tracción directa

Los ensayos de tracción indirecta se realizaron en el laboratorio de construcción de la Universidad Católica de Cuenca sede Azogues bajo la mentoría del personal encargado del laboratorio. Las muestras se cargaron uniaxialmente utilizando la máquina de ensayos de compresión universal.

Las pruebas de tracción indirecta se realizaron sobre probetas estandarizadas por la norma ASTM C 470, en muestras de hormigón con y sin contenido de desechos de acero, con tiempos de curado de veintiocho días. Generalmente a la hora de aplicar cargas a las probetas de hormigón, mediante el ensayo de tracción indirecta, se puede determinar la resistencia a primera fisura, la resistencia a rotura por flexo tracción y la resistencia residual a flexo tracción. Para el presente caso de estudio se analizaron las dos primeras resistencias de carga.

- Resultados de resistencia a la tracción directa para probetas ensayadas a los 28 días.

Tracción Indirecta a los 28 días						
Norma: NTE INEN 2648:2013						
Muestra sin adición de fibras de acero						
Muestra	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Área (<i>cm</i> ²)	Carga Máxima (Kg)	Resistencia a la tracción directa (<i>Kg/cm</i> ²)	Resistencia a la tracción directa promedio
1	15,06	30,01	176,20	17440	24,566	25,028
2	14,98	30,08	178,00	18120	25,601	
3	15,06	30,01	176,20	17690	24,981	
Muestra con adición de fibras de acero						
1'	14,98	30,08	178,00	32630	46,101	46,287
2'	14,94	30,02	176,00	32871	46,659	
3'	15,16	30,09	177,00	33034	46,102	

Tabla 10. Resistencia a la tracción indirecta obtenidas a los veintiocho días – Fuente: (Autor, 2025).



Ilustración 10. Ensayo de probetas para el cálculo de resistencia a la tracción indirecta – Fuente: (El Autor, 2025).

A continuación, se presenta de manera ilustrativa los valores registrados en las pruebas de tracción indirecta cuantificadas para las probetas ensayadas.

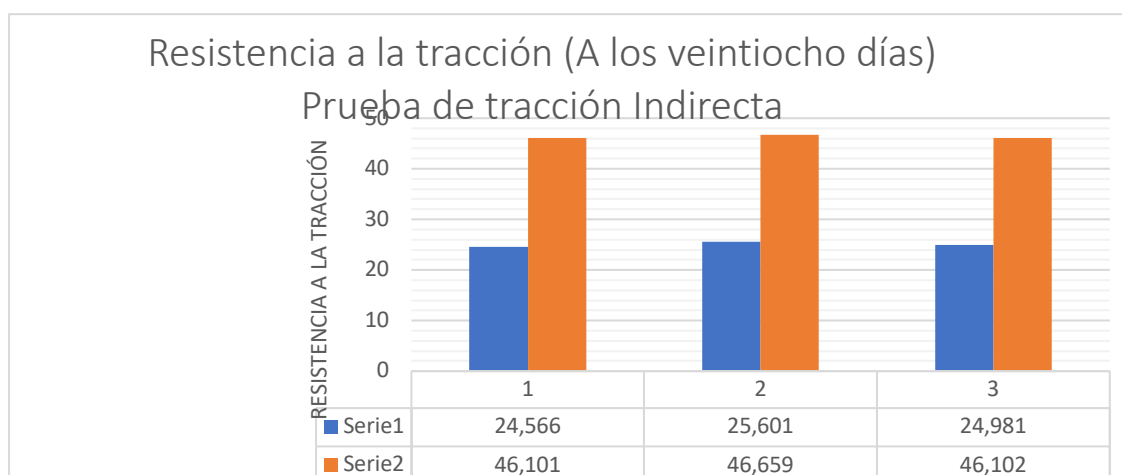


Ilustración 11. Resistencia a tracción indirecta en probetas de hormigón con fibras de acero y sin fibras de acero – Fuente: (Autor, 2025).

- Interpretación de la figura

La resistencia a tracción indirecta efectuada en probetas de $f'_c = 240 \text{ kg/cm}^2$, presentada en la figura, demuestra un incremento en la resistencia a la tracción indirecta relevante. Para una dosificación de fibras de acero igual 1,0% se puede observar un incremento alrededor del 90% en comparación al hormigón simple (sin fibras de acero).

Control de fisuras

Finalizado las pruebas de tracción indirecta, y mediante un análisis comparativo visual, se determinó que los hormigones reforzados con fibras de acero, frente a hormigones de mezcla normal, presentaron una mejor respuesta ante la fisuración generando un aumento de su tenacidad y una falla mucho más dúctil y controlada. La añadidura de fibras de acero confirma el hecho de que su incorporación trabajan como una costura en zonas de fisura generada.

Fisuras generadas en mezclas de hormigón tradicional.



Fisuras generadas en mezclas de hormigón con adición de fibras de acero.



Ilustración 12. Análisis comparativo visual de fisuración para probetas de hormigón ensayadas – Fuente: (Autor, 2025).

4. Discusión

Las propiedades mecánicas del hormigón reforzado con desechos de acero frente al hormigón simple generaron una reacción positiva a la hora de su cuantificación y análisis. La distribución al azar de las fibras de residuos es más efectiva en términos de absorción de la energía de impacto y resistencia a la fisuración además de su capacidad para controlar la formación de fisuras, esto se puede corroborar con los resultados obtenidos de las resistencias a tracción indirecta llevadas a cabo.

En la investigación acerca de las propiedades mecánicas del hormigón con adición de desechos de acero con valores iguales a: 0%; 0,5%; 0,75% y 1,5% de volumen de hormigón, llevadas a cabo en el Laboratorio de Materiales de Construcción del Instituto Tecnológico de Jimma, por (Shewalul, 2021), se encontró que los resultados de la prueba de la resistencia a la compresión aumentó en un 26,8% para un valor de desechos de acero igual a 0,5%, 30,7% para el 0,75% y se redujo en un 5,3% para el 1,5% en volumen de hormigón. Además, la resistencia a la tracción aumentó un 11,2 % con el 0,5 %, un 5,8 % con el 0,75 % y un 2,5 % con el 1,5 % en volumen de hormigón. En comparativa a los resultados mencionados, el estudio titulado evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de un hormigón reforzado con fibras de acero en la ciudad de Azogues, provincia del Cañar, realizado por (Jaime Luciano, 2018), corrobora que la adición de fibras de acero con un valor de adición igual al 1,15% de volumen de hormigón, incremento en la resistencia a la tracción, alrededor de un 82% para la dosificación de $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ en comparación al hormigón de mezclas normales.

Destacando los antecedentes descritos, y en valoración de los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación, se acentúa la importancia de la adición de fibras de acero como una tecnología propositiva para el mejoramiento de las propiedades mecánicas del hormigón. Los incrementos de la resistencia a tracción son esencialmente proporcionales al volumen de fibras de acero añadida en las mezclas de hormigón.

Cabe recalcar que, si bien para un volumen de 1,0% de desechos de acero utilizados en la investigación, la propiedad de resistencia a compresión no se vio afectada; (Shewalul, 2021) indica que para un porcentaje de desechos de acero igual al 1,5 % la resistencia a la compresión se reduce un 5,3 %, por lo tanto, el análisis de dicha propiedad recomienda un análisis más detallado de su relación con la cantidad de material de desecho a utilizar, de manera que no se ponga en riesgo la calidad del hormigón.

Además, la utilización de fibras de acero en mezclas de hormigón genera una disminución de la trabajabilidad ya que, como es de conocimiento, la presencia de grandes cantidades de partículas finas en una mezcla requiere altas dosis de aditivo que permita controlar su flujo de asentamiento. Es por ello que una investigación y discusión adecuada sobre la incorporación de fibras de acero en el hormigón, en temas de dimensiones, tipos de fibras, dosificaciones y demás características necesarias, repercutiría de gran forma en el avance de la tecnología de los materiales de construcción permitiendo incorporar variedades de subproducto en diseños de mezclas.

Como ya se mencionó la adición de desechos de acero mejora las propiedades mecánicas del hormigón, de modo que su reciclaje como material de refuerzo ayuda a reducir la eliminación de residuos sólidos y la contaminación ambiental, garantizando mejoras en temas de economía, calidad y durabilidad para futuros procesos constructivos sustentables.

5. Conclusiones

- Se verificó que la añadidura de fibras de acero influye positivamente a la resistencia a tracción de manera proporcional al volumen de desechos empleados en la mezcla.
- Se constató, con base a los resultados obtenidos y la recopilación informativa de bases de datos científicas, que el aumento de la resistencia a tracción es muy variable al cambio del contenido de desecho de acero, la distribución dentro de mezcla, así como en la geometría de las fibras empleadas.
- Se corrobora que las fibras incorporadas en mezclas confinan el hormigón aumentando la resistencia al inicio y la propagación de las fisuras principales y de las micro fisuras internas de adherencia.
- Se evidencio que la propiedad de resistencia a compresión, para un volumen de mezcla de desechos de acero igual al 1,00%, no se vio reducida.

6. Recomendaciones

- Controlar la forma, longitud y distribución homogénea de las fibras de acero durante el mezclado.
- Se deberá tener presente la evaluación de la propiedad de resistencia de compresión del hormigón en muestras que contengan agregados de desechos de acero de tal manera que no se vea afectada esta capacidad.
- Se recomienda considerar el impacto de las fibras de acero en la trabajabilidad y consistencia del hormigón, adoptando medidas correctivas como ajustar la relación de agregados gruesos/finos, aumentar la pasta de cemento para mejorar la fluidez y, en obras de gran volumen, evaluar el uso de aditivos plastificantes.

Financiamiento: Los autores financiaron a integridad el estudio.

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

Referencias

1. ACI 318. (2005). Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318S-05) y Comentario (ACI 318SR-05) (American Concrete Institute, Ed.).
2. Asociación Española de Normalización y Certificación. (2008). Fibras de Hormigón – Definiciones, especificaciones y conformidad.
3. Behar Rivero, D. (2008). Introducción a la Metodología de la Investigación (A. Rubiera, Ed.; Editorial Shaloom).
4. Caballero, K. E. (2017). Propiedades mecánicas del concreto reforzado con fibras metálicas. In PRISMA Tecnológico | (Vol. 8, Issue 1).
5. Efrén Espinosa-Espinosa, X., Morales-Jadan, D. X., Carlos, J., Romo-Zamudio, E., & Romo-Zamudio, C. E. (2022). Modelo de economía circular aplicada a los residuos de encofrado en la construcción [Fundación KOINONIA]. <https://doi.org/10.35381/i.p.v4i1.2158>
6. Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (1991). Metodología de la

- investigación. McGraw-Hill.
7. Macanás Merola, T., & Loma Ramirez, J. M. (2014). Instrucción de Hormigón Estructural.
 8. Mármol Salazar, P. C. (2015). Hormigones con Fibras de Acero Características Mecánicas. Escuela Técnica Superior de Ingeniero de caminos, canales y puertos. .
 9. McCorman, J. C., & Brown, R. H. (2014). Diseño de Concreto reforzado (S. A. Alfaomega Grupo Editor, Ed.; Octava).
 10. NEC – SE – HM. (2014). ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO.
 11. NTE INEN 1855 – 1. (2015). Hormigones. Hormigón Premezclado. Requisitos.
 12. NTE INEN 1855 – 2. (2015). Hormigones. Hormigones en Obra. Requisitos.
 13. Romo Proaño, M. (2010). TEMAS DE HORMIGÓN ARMADO.
 14. Rosario, M. M., & Danilo, C. (2019). Adición de fibras metálicas y de nylon en vigas de concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ para determinar la capacidad de disipación de energía. Universidad César Vallejo .
 15. Shewalul, Y. W. (2021, June 1). Experimental study of the effect of waste steel scrap as reinforcing material on the mechanical properties of concrete. *Case Studies in Construction Materials*, 14. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2021.e00490>
 16. Sika. (2011). Concreto reforzado con fibras Sika Informaciones Técnicas Concreto reforzado con fibras Contenido.
 17. Jaime Luciano, R. C. (2018). Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de un hormigón reforzado con fibras de acero en la ciudad de Azogues, provincia del Cañar. Universidad Católica de Cuenca Sede Azogues .
 18. Vara Horna, A. A. (2010). 7 PASOS PARA UNA TESIS EXITOSA: Desde la idea inicial hasta la sustentación.
 19. Vega, G. (2016). Revisión del empleo de fibras de acero en hormigones autocompactantes. In *Anales de Edificación* (Vol. 2, Issue 3). Universidad Politécnica de Madrid – University Library. <https://doi.org/10.20868/ade.2016.3471>



© 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

Parámetros séricos bioquímicos de *Pseudocurimata boulengeri* entre diferentes ecosistemas acuáticos de la Provincia de Los Ríos, Ecuador.

Magaly Monserrate Puente Mendoza ¹  Mariuxi Fernanda Cevallos Chevez ¹  Yuniel Méndez-Martínez ¹ 
Eduardo Leonel Palma González ¹  Mercedes Annabel Mendoza Carranza ¹  Gina Verónica Gamarra Jiménez ¹ 
Pedro Daniel Mendoza Carranza ¹  Johana Carolina Guanoquiza Calero ¹ 

¹ Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ), Facultad de Posgrado, Quevedo, Ecuador.

✉ Correspondencia: jossue.naula.07@est.ucacue.edu.ec ☎ + 593 99 974 6196

DOI/URL: <https://doi.org/10.53313/gwj82219>

Resumen: El objetivo de esta investigación fue analizar los parámetros bioquímicos sanguíneos en machos y hembras de *Pseudocurimata boulengeri* (dica) en tres localidades de la provincia de Los Ríos: Quevedo, Mocache y Vines. Se capturaron 180 ejemplares mediante pesca artesanal durante 60 días, utilizando un diseño bifactorial con los factores localidad y sexo. Los análisis revelaron diferencias altamente significativas entre sexos y localidades. En los machos de Mocache se registraron niveles elevados de las enzimas hepáticas alanina aminotransferasa (ALT: 189.67 U/L) y aspartato aminotransferasa (AST: 197.33 U/L). En Quevedo, los machos presentaron un aumento en la fosfatasa alcalina (ALP: 58 U/L), con diferencias significativas por localidad y por la interacción localidad-sexo. En cuanto a los metabolitos, las hembras de Quevedo mostraron altos niveles de glucosa (118.33 mg/dL) y colesterol (265.67 mg/dL), mientras que los machos de esta misma localidad destacaron por sus niveles de triglicéridos (279.33 mg/dL), con diferencias también altamente significativas e influenciadas por la interacción de ambos factores. Respecto a los electrolitos, los machos de Quevedo registraron concentraciones elevadas de cloro (195.00 mmol/L), potasio (7.53 mmol/L) y sodio (185.44 mmol/L), mientras que en las hembras se observaron niveles altos de calcio (Ca 4.60 mmol/L) y fósforo (14.78 mg/dL). En conclusión, se evidenció un incremento de enzimas hepáticas en los machos de Mocache y una elevación específica de ALP en los machos de Quevedo, resaltando la influencia del sexo y la localidad sobre la bioquímica sanguínea de esta especie, información clave para su monitoreo en ambientes naturales.

Palabras claves: Electrolitos, enzimas hepáticas, especie nativa, glucosa, proteína



Check for
updates

Cita: Puente Mendoza, Magaly Monserrate Cevallos Chevez, M. F., Méndez-Martínez, Y., Palma González, Eduardo Leonel Mendoza Carranza, M. A., Gamarra Jiménez, G. V., Mendoza Carranza, P. D., & Guanoquiza Calero, J. C. (2025). Parámetros séricos bioquímicos de *Pseudocurimata boulengeri* entre diferentes ecosistemas acuáticos de la Provincia de Los Ríos, Ecuador. Green World Journal, 08(02), 219. <https://doi.org/10.53313/gwj82219>

Received: 25/May/2025

Accepted: 14/June/2025

Published: 18/June/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.



Biochemical serum parameters of *Pseudocurimata boulengeri* in different aquatic ecosystems of Los Ríos Province, Ecuador.

Abstract: The objective of this research was to analyze the blood biochemical parameters in males and females of *Pseudocurimata boulengeri* (dica) in three localities of the province of Los Ríos: Quevedo, Mocache and Vinces. 180 specimens were captured by artisanal fishing for 60 days, using a two-factor design with the factors locality and sex. The analyses revealed highly significant differences between sexes and localities. In Mocache males, elevated levels of the liver enzymes alanine aminotransferase (ALT: 189.67 U/L) and aspartate aminotransferase (AST: 197.33 U/L) were recorded. In Quevedo, males showed an increase in alkaline phosphatase (ALP: 58 U/L), with significant differences by locality and by locality-sex interaction. As for metabolites, the females of Quevedo showed high levels of glucose (118.33 mg/dL) and cholesterol (265.67 mg/dL), while the males of this same locality stood out for their triglyceride levels (279.33 mg/dL), with also highly significant differences and influenced by the interaction of both factors. Regarding electrolytes, Quevedo's males registered high concentrations of chlorine (195.00 mmol/L), potassium (7.53 mmol/L) and sodium (185.44 mmol/L), while high levels of calcium (4.60 mmol/L) and phosphorus (14.78 mg/dL) were observed in females. In conclusion, an increase in liver enzymes in the Mocache males and a specific elevation of ALP in the Quevedo males were evidenced, highlighting the influence of sex and locality on the blood biochemistry of this species, key information for its monitoring in natural environments.

Keywords: Electrolytes, liver enzymes, native species, glucose, protein

1. Introducción

La acuicultura se posiciona como una solución clave frente a la creciente demanda global de alimentos, al ofrecer una fuente sostenible de proteínas y reducir la presión sobre los recursos pesqueros silvestres (Zheng *et al.*, 2024). En este contexto, el aprovechamiento de especies nativas como la dica (*Pseudocurimata boulengeri*), de valor nutricional y comercial en la provincia de Los Ríos (Loachamin *et al.*, 2020; Jácome *et al.*, 2019), requiere una mayor comprensión de sus características biológicas.

La falta de información sobre su fisiología limita su potencial en cultivo (Ramírez-Espitia *et al.*, 2020). El análisis de parámetros sanguíneos como proteínas séricas, electrolitos e indicadores metabólicos permite evaluar el estado de salud de las poblaciones y orientar estrategias de manejo (Wilfred-Ekprikpo, 2021; Shahjahan *et al.*, 2022). Por ello, esta investigación busca determinar enzimas hepáticas, evaluar proteínas séricas y analizar indicadores metabólicos en machos y hembras silvestres de dica, generando información útil para su conservación y desarrollo acuícola.

2. Materiales y métodos

2.1. Estudio de comunidades ícticas y captura en ecosistemas dulceacuícolas

El estudio se realizó mediante pesca artesanal en los ríos Quevedo, Mocache y Vinces, pertenecientes a la provincia de Los Ríos, durante los meses de junio y julio de 2023, con una duración total de 60 días. Para la captura de los ejemplares de *Pseudocurimata boulengeri* se utilizó una atarraya de 1,50 m de altura con ojo de malla de 2 pulgadas. Con el objetivo de obtener una muestra homogénea, se seleccionaron únicamente organismos en etapa juvenil. En el río Quevedo se capturaron 30 machos y 32 hembras; en Mocache, 30 machos y 38 hembras; y en el río Vinces, 40 machos y 55 hembras.

2.2. Variables

La extracción de sangre se realizó mediante punción de la arteria caudal, localizada a nivel de la base de la aleta anal. Para este procedimiento se utilizó una jeringa de insulina con capacidad de 1 mL, extrayéndose esa cantidad de sangre por cada ejemplar. Las muestras fueron inmediatamente transferidas a tubos capilares y conservadas en refrigeración a una temperatura controlada de 4 °C, con el fin de preservar su integridad y evitar procesos de degradación.

Las variables de estudio determinaron lo siguiente:

- *Determinación de Enzimas hepáticas:* Alanina aminotransferasa, Aspartato aminotransferasa y Fosfatasa
- *Proteínas séricas:* Proteínas, albúmina, globulina, relación albúmina /globulina
- *Indicadores metabólicos:* Glucosa, colesterol, triglicéridos
- *Electrolitos séricos:* Calcio, cloro, potasio, sodio, fósforo

2.3. Análisis estadístico

El análisis estadístico se procesó con el programa software estadístico infostat, inicialmente se realizó la prueba de normalidad y homocedasticidad a través de Kolmogorov – Smirnov ($P < 0.05$) respectivamente, los datos de las variables que cumplieran estos principios se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) y los que no serán trabajados con Kruskal Wallis. Para valores significativos de F entre los tratamientos, se utilizó la prueba de significación de medias Tukey al $p \leq 0.05$.

2.4. Análisis de datos

El análisis estadístico se procesó con el programa software estadístico infostat, inicialmente se realizó la prueba de normalidad y homocedasticidad a través de Kolmogorov – Smirnov ($P < 0.05$) respectivamente, los datos de las variables que cumplieran estos principios se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) y los que no serán trabajados con Kruskal Wallis. Para valores significativos de F entre los tratamientos, se utilizó la prueba de significación de medias Tukey al $p \leq 0.05$.

3. Resultados

3.1. Actividad de las enzimas hepáticas en relación con el sexo y la localidad en poblaciones silvestres de *Pseudocurimata boulengeri*.

Según los resultados presentados en la Tabla 1 sobre las enzimas hepáticas, se detectaron niveles elevados de alanina aminotransferasa (ALT) en la especie *dica* (*Pseudocurimata boulengeri*) capturada en distintas localidades y sexos. En particular, en la localidad de Mocache, las hembras registraron los niveles más altos de ALT, alcanzando un valor de 189.67 U·L⁻¹, mientras que los machos presentaron un nivel de 131.00 U·L⁻¹. En contraste, en Vines, los machos mostraron una marcada disminución en los niveles de ALT, con un valor de 58.67 U·L⁻¹.

El análisis estadístico reveló diferencias significativas tanto entre las localidades ($P = 0.0001$) como en la interacción entre localidad y sexo ($P = 0.0001$), lo que indica que ambos factores influyen de manera conjunta sobre los niveles de ALT. Sin embargo, no se observaron diferencias estadísticamente significativas al considerar únicamente el sexo ($P = 0.7107$).

Tabla 1. Valores de enzimas hepáticas en poblaciones silvestres de dica (*Pseudocurimata boulengeri*) capturadas en la provincia de Los Ríos.

Interacción	Alanina aminotransferasa ALT U·L ⁻¹	Aspartato aminotransferasa AST U·L ⁻¹	Fosfatasa ALP U·L ⁻¹
1A	64.33 ±6.03 ^a	138.00±15.87 ^b	31.33±3.21 ^c
1B	137.00 ± 7.00 ^b	68.33±7.64 ^a	58.00± 7.21 ^d
2A	189.67 ± 9.50 ^c	138.00±17.09 ^b	24.33± 4.04 ^{bc}
2B	131.00 ±18.52 ^b	197.33± 3.06 ^c	28.67 ±1.15 ^c
3A	66.67 ± 10.41 ^a	60.67 ± 11.02 ^a	11.00 ± 1.00 ^a
3B	58.67 ± 11.02 ^a	71.67 ± 10.41 ^a	18.00 ±1.00 ^{ab}
Localidad			
1	100.67 ± 40.23 ^b	103.17 ± 39.75 ^b	44.67 ± 15.44 ^c
2	160.33 ± 34.73 ^c	167.67 ± 34.30 ^c	26.50 ± 3.56 ^b
3	62.67 ± 10.54 ^a	66.17 ± 11.32 ^a	14.50 ± 3.94 ^a
Sexo			
A	108.89 ±39.42 ^a	112.22 ± 40.76 ^a	22.22±9.32 ^a
B	106.89 ± 62.56 ^a	112.44 ± 64.03 ^a	34.89 ± 18.31 ^b
Localidad	0.0001	0.0001	0.0001
Sexo	0.7107	0.9689	0.0001
L*S	0.0001	0.0001	0.0004

Se presentan los valores medios desviación estándar ± (DE), obtenidos para la especie dica (*Pseudocurimata boulengeri*), a partir de ejemplares capturados en tres localidades de la provincia de Los Ríos: Quevedo, Mocache y Vinces. La codificación utilizada evaluada se detalla de la siguiente manera: 1A: Quevedo- hembras ;1B: Quevedo-machos ;2A: Mocache-hembras; 2B: Mocache-machos ;3A: Vinces-hembras; 3B: Vinces-machos
Fuente: Elaboración propia. Puente Mendoza Magaly, (2024)

3.2. Variación de proteínas sanguíneas (totales, albúmina y globulina) en relación con el sexo y la localidad en poblaciones silvestres de *Pseudocurimata boulengeri*

Las proteínas totales constituyen un indicador bioquímico fundamental en peces, ya que sus niveles pueden verse influenciados por diversos factores como el sexo, la edad, la alimentación y las condiciones ambientales. En este estudio, se analizaron las concentraciones de proteínas sanguíneas en machos y hembras de *Pseudocurimata boulengeri* (dica) capturados en diferentes localidades, con el objetivo de identificar posibles variaciones asociadas al sitio de pesca y al sexo. Los resultados, presentados en la Tabla 2, evidencian diferencias en los niveles de proteínas totales (g·dl⁻¹) según la localidad de captura. En Quevedo, las hembras registraron un valor promedio de 6.51 g·dl⁻¹, mientras que en Mocache se observaron las concentraciones más altas, con los machos alcanzando un promedio de 9.47 g·dl⁻¹. Por el contrario, en Vinces se reportaron los niveles más bajos, con las hembras mostrando un promedio de 6.00 g·dl⁻¹. En relación con el sexo, los machos presentaron la mayor concentración promedio de proteínas totales, con 7.00 g·dl⁻¹. El análisis estadístico mostró diferencias significativas tanto para el lugar de captura (P = 0.0001) como para la interacción entre localidad y sexo (P = 0.0168), mientras que no se encontró significancia al considerar únicamente el sexo (P = 0.9809). Estos resultados reflejan que las diferencias en las concentraciones de proteínas totales están más relacionadas con el sitio de pesca y su interacción con el sexo, que con el sexo por sí solo.

En cuanto a los niveles de albúmina, se observó la mayor concentración en la localidad de Mocache, con un promedio de 4.80 g·dl⁻¹ en ejemplares machos. Le siguió Vines, con 2.00 g·dl⁻¹ en hembras, y Quevedo, con 1.77 g·dl⁻¹ también en hembras. Globalmente, los machos presentaron el valor promedio más alto de albúmina, con 2.78 g·dl⁻¹. El análisis estadístico evidenció diferencias significativas para el sitio de pesca (P = 0.0013) y para la interacción lugar/sexo (P = 0.0232), aunque no se encontró significancia en función del sexo (P = 0.8339).

Respecto al contenido de globulina, los valores más elevados se registraron en Mocache (4.90 g·dl⁻¹ en machos), seguidos por Quevedo (4.83 g·dl⁻¹ en machos), mientras que los niveles más bajos se observaron en Vines (4.00 g·dl⁻¹ en hembras). En promedio, los machos también presentaron la concentración más alta de globulina, con 4.32 g·dl⁻¹. No obstante, el análisis estadístico no reveló diferencias significativas en función del sitio de captura (P = 0.0866) ni del sexo (P = 0.8076), y la interacción lugar/sexo tampoco fue significativa (P = 0.3333). Esto sugiere que otros factores podrían estar incidiendo en los niveles de globulina en esta especie.

Tabla 2. Niveles séricos de proteínas totales, albúmina y globulina en *Pseudocurimata boulengeri*, determinados por localidad de captura (Quevedo, Mocache y Vines) y diferenciados por sexo.

Interacción	Proteínas totales g. dl ⁻¹	Albúmina g. dl ⁻¹	Globulina g. dl ⁻¹	Relación albúmina/globulina g. dl ⁻¹
1A	6.51±1.12 ab	1.77±1.05 a	4.74±0.76 ab	0.38±0.10 a
1B	6.43±0.65 ab	1.57±0.49 a	4.83±0.56 ab	0.33±0.12 a
2A	8.47±1.05 bc	4.23±1.01 ab	4.23±0.95 bc	1.04±0.36 ab
2B	9.47±1.15 c	4.8±2.39 b	4.90±1.95 c	1.19±0.91 a
3A	6.00±0.20 a	2.00±0.20 ab	4.00±0.40 a	0.51±0.10 ab
3B	4.88±0.63 a	1.97±0.05 ab	2.89±0.64 a	0.71±0.18 ab
Localidad				
1	6.47±0.82 a	1.67±0.78 a	4.78±0.60 a	0.35±0.10 a
2	9.08±1.20 b	4.52±1.67 b	4.57±1.67 a	1.12±0.62 b
3	5.44±0.74 a	1.99±0.13 a	3.44±0.77 a	0.61±0.17 ab
Sexo				
A	6.99±1.37 a	2.67±1.58 a	4.32±1.58 a	0.64±0.53 a
B	7.00±2.25 a	2.78±1.95 a	4.20±1.87 a	0.74 ±0.56 a
Localidad	0.0001	0.0013	0.0866	0.0222
Sexo	0.9809	0.8339	0.8076	0.6098
L*S	0.0168	0.0232	0.3333	0.0001

Se presentan los valores medios desviación estándar ± (DE), obtenidos para la especie dica (*Pseudocurimata boulengeri*), a partir de ejemplares capturados en tres localidades de la provincia de Los Ríos: Quevedo, Mocache y Vines. La codificación utilizada evaluada se detalla de la siguiente manera: 1A: Quevedo- hembras ;1B: Quevedo-machos ;2A: Mocache-hembras; 2B: Mocache-machos ;3A: Vines-hembras; 3B: Vines-machos

Fuente: Elaboración propia. Puente Mendoza Magaly (2024)

3.3. Evaluación bioquímica de parámetros metabólicos en *Pseudocurimata boulengeri* según localidad y sexo

Los análisis de glucosa realizados en ejemplares de *Pseudocurimata boulengeri* revelaron diferencias marcadas entre las localidades de estudio. En el cantón Quevedo, las hembras presentaron los

niveles más elevados con un promedio de 118.33 mg·dl⁻¹. En Vines, los machos registraron un promedio de 69.67 mg·dl⁻¹, mientras que, en Mocache, las hembras mostraron los valores más bajos con 48.00 mg·dl⁻¹.

El análisis estadístico evidenció diferencias significativas tanto para el factor localidad ($P = 0.0001$) como para la interacción entre localidad y sexo ($P = 0.0001$), además de una significancia moderada para el sexo ($P = 0.0385$). Estos resultados indican que los niveles de glucosa en esta especie están fuertemente influenciados por el sitio de captura y, en menor medida, por el sexo de los individuos.

En cuanto al colesterol (mg·dl⁻¹), se registraron valores elevados en hembras de Quevedo, con un promedio de 265.67 mg·dl⁻¹. En Vines, los machos alcanzaron también un nivel elevado de 245.00 mg·dl⁻¹, mientras que, en Mocache, las hembras presentaron valores intermedios con 160.00 mg·dl⁻¹.

La significancia estadística fue clara para la localidad ($P = 0.0001$) y para la interacción localidad/sexo ($P = 0.0001$), pero no se observaron diferencias significativas al considerar solamente el sexo ($P = 0.2518$). Esto sugiere que las variaciones en los niveles de colesterol se deben principalmente a diferencias geográficas más que a factores sexuales.

Respecto a los triglicéridos (mg·dl⁻¹), los niveles más altos se registraron en machos de Quevedo con un promedio de 279.33 mg·dl⁻¹. Le siguieron los machos de Mocache con 148.00 mg·dl⁻¹ y las hembras de Vines con 177.00 mg·dl⁻¹. En promedio general, los machos presentaron la mayor concentración con 196.00 mg·dl⁻¹.

El análisis estadístico reveló diferencias significativas para la localidad ($P = 0.0003$), el sexo ($P = 0.0290$) y la interacción entre localidad y sexo ($P = 0.0134$), lo que sugiere que tanto el sitio de captura como el sexo influyen en los niveles de triglicéridos.

Tabla 3. Análisis bioquímico de glucosa, colesterol y triglicéridos en peces silvestres de *Pseudocurimata boulengeri* determinados por localidad de captura (Quevedo, Mocache y Vines) y diferenciados por sexo.

Interacción	Glucosa (mg dl ⁻¹)	Colesterol (mg dl ⁻¹)	Trigliceridos (mg dl ⁻¹)
1A	118.33±1.53 ^d	265.67±11.02 ^d	184.67±12.66 ^a
1B	87.67±6.81 ^c	222.00±10.00 ^c	279.33±60.18 ^b
2A	48.00±7.21 ^a	160.00±10.00 ^{ab}	129.33±16.17 ^a
2B	41.00±5.20 ^a	153.67±6.35 ^a	148.00±17.52 ^a
3A	47.67±2.52 ^a	180.0±2.00 ^b	177.00±11.14 ^a
3B	69.67±1.53 ^b	245.00±10.00 ^{cd}	160.67±11.02 ^a
Localidad			
1	103.00±17.37 ^c	243.83±25.70 ^c	232.00±64.82 ^b
2	44.00±6.80 ^a	156.83±8.26 ^a	138.67±18.22 ^a
3	58.67±12.19 ^b	212.50±36.18 ^b	168.83±13.55 ^a
Sexo			
A	71.33±35.46 ^a	201.89±49.19 ^a	163.67±28.47 ^a
B	66.11±20.84 ^b	206.89±41.86 ^a	196.00±70.35 ^b
Localidad	0.0001	0.0001	0.0003
Sexo	0.0385	0.2518	0.0290
L*S	0.0001	0.0001	0.0134

Se presentan los valores medios desviación estándar ± (DE), obtenidos para la especie dica (*Pseudocurimata boulengeri*), a partir de ejemplares capturados en tres localidades de la provincia de Los Ríos: Quevedo, Mocache y Vinces. La codificación utilizada evaluada se detalla de la siguiente manera: 1A: Quevedo- hembras ;1B: Quevedo-machos ;2A: Mocache-hembras; 2B: Mocache-machos ;3A: Vinces-hembras; 3B: Vinces-machos
Fuente: Elaboración propia. Puente Mendoza Magaly (2024)

Tabla 4. Enzimas hepáticas en poblaciones silvestres de dica (*Pseudocurimata boulengeri*) en la provincia de Los Ríos.

Interacciones	Calcio (mmolL ⁻¹)	Cloro (mmolL ⁻¹)	Potasio (mmolL ⁻¹)	Sodio (mmolL ⁻¹)	Fósforo (mg/dL)
1A	4.60±0.85 ^b	140.00±43.59 ^{ab}	5.15±1.00 ^{ab}	138.75±25.12 ^b	4.78±1.54 ^{ab}
1B	4.45±0.55 ^b	195.00±55.38 ^b	7.53±1.51 ^b	185.44±5.77 ^c	7.04±1.85 ^b
2A	1.64±0.76 ^a	100.4±0.69 ^a	2.82±1.18 ^a	107.72±8.43 ^{ab}	3.12±1.72 ^{ab}
2B	1.81±0.63 ^a	91.73±3.82 ^a	3.95±1.34 ^a	109.08±3.66 ^{ab}	2.35±0.39 ^a
3A	1.49±0.63 ^a	99.23±2.52 ^a	3.79±1.55 ^a	100.71±10.10 ^a	3.48±1.42 ^{ab}
3B	1.05±0.04 ^a	104.67±9.29 ^a	2.47±0.64 ^a	114.37±10.63 ^{ab}	2.67±1.25 ^a
Localidades					
1	4.53±0.65 ^b	176.82±60.11 ^b	6.34±1.74 ^b	162.09±30.32 ^b	5.91±1.96 ^b
2	1.72±0.63 ^a	96.05±5.36 ^a	3.39±1.29 ^a	108.40±5.86 ^a	2.73±1.19 ^a
3	1.27±0.47 ^a	102±6.75 ^a	3.13±1.28 ^a	107.54±11.92 ^a	3.08±1.28 ^a
Sexo					
A	2.58±1.65 ^a	113.24±29.66 ^a	3.92±1.49 ^a	115.73±22.55 ^a	3.79±1.55 ^a
B	2.44±1.60 ^a	136.67±64.46 ^a	4.65±2.49 ^a	136.30±37.46 ^b	4.02±2.54 ^a
CV	25,23	23,27	29,06	10.06	36.91
Valor de P					
Interacciones	0.0262	0.0133	0.0442	0.0245	0.0001
Sexo	0.6471	0.1132	0.2360	0.0049	0.7493
Localidad	0.0001	0.0007	0.0012	0.0001	0.0045

4. Discusión

El estudio de peces en ambientes naturales, cómo ríos, aun es limitado especialmente en lo que respecta al análisis de parámetros de bioquímica sanguínea. Esta área del conocimiento ha sido poco explorada, debido en parte a la escasa cultura investigativa enfocada en la evaluación fisiológica de especies ícticas en su entorno natural. Sin embargo, la caracterización de estos parámetros resulta fundamental, ya que permite determinar el estado de salud y las condiciones fisiológicas de los peces, proporcionando herramientas clave para la conservación, el manejo y la toma de decisiones en programas de monitoreo ambiental. Estos parámetros hematológicos se emplean como indicadores del estado fisiológico y nutricional de números especies ícticas y han cobrado protagonismo para interpretar la influencia de factores ambientales adversos o de situaciones de estrés, asi como para apoyar el diagnostico de patologías (1). En el presente estudio,

se registraron concentraciones de proteínas séricas de $9,47 \text{ g.dL}^{-1}$ en juveniles de dicas del sexo macho recolectados en el cantón Mocache, valores que superan significativamente los reportados por (2), quien informo niveles de $6,62 \text{ g.dL}^{-1}$ en híbridos de tilapia roja alimentados con una inclusión dietarias de 30 g.kg^{-1} de quitosano. Esta diferencia podría atribuirse a múltiples factores, entre ellos el origen de los ejemplares (naturales vs. De cultivo), el estado fisiológico y reproductivo de los peces, el manejo nutricional, así como las condiciones ambientales del entorno en que fueron recolectados.

Es importante destacar que, si bien el quitosano ha demostrado propiedades inmunoestimulantes y mejoras en ciertos parámetros fisiológico, su inclusión dietaria no garantiza incrementos proporcionales en las concentraciones de proteínas plasmáticas, ya que su efecto puede estar condicionado por la formulación base del alimento.

El colesterol sérico en peces es un indicador clave del metabolismo lipídico un parámetro bioquímico de relevancia que está asociada la función hepática y el estado fisiológico general del organismo. En estudios realizados bajo condiciones de cultivo controladas, como (3) en *Oreochromis niloticus*, se reportaron niveles de colesterol de $195.33 \text{ mg.dL}^{-1}$ como respuesta a una dieta suplementada con silicio orgánico. Dicho valor fue interpretado como reducción beneficiosa inducida por el suplemento, asociada con una mejor eficiencia metabólica.

Sin embargo, nuestros resultados obtuvimos en ejemplares silvestres de dica capturados de forma artesanal mediante trasmallo mostraron niveles considerablemente más alto de colesterol, alcanzando $265.67 \text{ mg.dL}^{-1}$ en juveniles hembras de la localidad de Quevedo, estas diferencias no pueden ser atribuidas a efectos dietéticos ni a manejo zootécnico ya que los peces no fueron sometidos a ningún tipo de tratamiento alimenticio. Por el contrario estos valores reflejan con mayor fidelidad el estado fisiológico de organismos en libertad, influenciado por una dieta natural, su actividad metabólica espontánea y la exposición directa a factores ambientales propios de sus ecosistemas. Por otro lado, el sexo y el estado de desarrollo deben ser también considerados.

En la investigación desarrollada por Mohammadiarz (4), se evaluaron diversos parámetros fisiológicos en tilapia roja (*Oreochromis mossambicus* x *O.niloticus*) criadas en sistemas de celdas mixtas, obteniéndose concentraciones de triglicéridos de $116.67 \text{ mg.dL}^{-1}$ tras 60 días de alimentación con dieta comercial. Con diferencia de nuestro estudio con juveniles machos de *Pseudocurimata boulengeri* (DICA), recolectados de forma natural en el cantón Mocache, reportando niveles significativamente más elevados, con un promedio de $279.33 \text{ mg.dL}^{-1}$. Las diferencias observadas pueden atribuirse tanto a factores ambientales como biológicos. En primer lugar, la especie estudiada por Mohammadiarz es un híbrido cultivado en condiciones controladas, donde la dieta, la temperatura, y la calidad del agua están reguladas. Lo que tiende a generar perfiles bioquímicos más estables. Por otro lado, nuestros individuos analizados en nuestro trabajo se desarrollaron en ambientes naturales, donde la disponibilidad de alimento, el nivel de actividad y el estrés ambiental pueden influir directamente en la movilización y almacenamiento de lípidos, reflejándose en un mayor contenido de triglicéridos.

En el estudio realizado por Ekprkpo (5) con ejemplares de *Heterobranchus longifilis* expuestos a niveles subletales de sustancias químicas bajo condiciones de laboratorio, se reportaron concentraciones de sodio de $118,99 \text{ g.L}^{-1}$ y de calcio de 42.88 g.L^{-1} parámetros asociados al equilibrio electrolítico esencial para la osmorregulación en peces. En contraste, nuestro estudio con ejemplares silvestres de *Pseudocurimata boulengeri* (Dica) provenientes del cantón Quevedo reveló concentraciones considerablemente diferentes, con valores de sodio de $185,44 \text{ g.L}^{-1}$ en machos y de calcio de 4.60 g.L^{-1} en hembras. Estas diferencias pueden explicarse por múltiples factores,

como la variabilidad interespecífica en la fisiología iónica, las condiciones ambientales naturales frente al ambiente controlado de laboratorio, y el posible efecto del sexo y el estado reproductivo en los perfiles iónicos. Mientras *H. Longifilis* fue sometido a estrés químico en condiciones experimentales que probablemente estimularon un aumento en la retención iónica, los individuos del presente estudio se desarrollan en un entorno natural, lo que influye directamente en los mecanismos de homeostasis osmótica. Además, la menor concentración de calcio en las hembras podría estar relacionada con la movilización de este mineral hacia procesos reproductivos como la vitelogénesis, mientras que el mayor sodio en machos podría asociarse a un metabolismo más activo y a una mayor exigencia energética. En conjunto, estos resultados subrayan la necesidad de establecer valores de referencia específicos por especie y entorno, así como considerar variables como el sexo, la dieta y el ciclo reproductivo para interpretar adecuadamente los indicadores bioquímicos en peces nativos.

5. Conclusión

El presente estudio permitió establecer diferencias significativas en los parámetros bioquímicos de la dica *Pseudocurimta boulengeri* en etapa juvenil, capturada en tres localidades de la provincia de Los Ríos: Quevedo, Mocache y Vines. Se evidencio un incremento específico de las enzimas hepáticas en función del sexo y la localidad, destacándose la alanina aminotransferasa (ALT) en hembras de Mocache, el aspartato aminotransferasa (AST) en machos de la misma localidad, y la fosfatasa alcalina en machos de Quevedo.

En cuanto a las proteínas séricas, los machos de Mocache presentaron los niveles más elevados de proteínas totales, albúmina, globulina y la relación albúmina/globulina, lo que podría estar relacionado con una mayor actividad metabólica o una respuesta inmunitaria más eficiente en dicha población. Por otro lado, se detectaron mayores concentraciones de glucosa y colesterol en hembras provenientes de Quevedo, mientras que los triglicéridos alcanzaron su valor máximo en los machos de esa misma localidad, lo cual podría estar vinculado a diferencias en la dieta natural, la actividad fisiológica o el estado reproductivo entre sexos y zonas.

Estos hallazgos confirman la importancia de considerar variables geográficas y sexuales en la evaluación fisiológica de especies nativas como *P. boulengeri*, así como la necesidad de establecer valores de referencia locales que contribuyan al monitoreo de la salud de poblaciones silvestres y al desarrollo de estrategias de manejo acuícola y conservación más precisas en ecosistemas fluviales de la región.

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. Benito Juárez. Aspectos biológicos para maricultura de Lutjánidos Molina ASMJPA, editor. Ciudad de México ;2023

2. Yuniel Méndez-Martínez; Melanie A. Casanova-erazo et.al. Citometría hemática, ionogramas y proteínas séricas en híbridos de tilapia roja alimentados con quitosano en dieta. Revista MVZ Córdoba.2025 enero;p.11.
3. Méndez-Martínez et.al. Efecto de la suplementación dietética con silicio orgánico sobre el crecimiento, bioquímica sanguínea, enzimas digestivas, morfohistología, microbiota intestinal y resistencia al estrés en tilapia híbrida juvenil (*Oreochromis mossambicus* x *Oreochromis niloticus*.) Biología. 2024julio 17; p.20.
4. Mohammadiarm et.al. Crecimiento, composición corporal, actividad de enzimas digestivas, parámetros bioquímicos sanguíneos e índices antioxidantes inmunitarios de peces tilapia roja (*Oreochromis mossambicus* x *Oreochromis niloticus*.) criados en celdas mixtas y raceways retang .El Sevier 2023.
5. Ekprikp.Cmbios en los electrolitos en Heteronbranchus longilifis expuestos a niveles subletales de diferentes sustancias químicas en el laboratorio. 2021 mayo 24; p.5.
6. Ibarra-Montoya, J.L.; Rangel-Peraza, G.; Fernando, ; González-Farías, A.; De Anda, J.; Martínez-Meyer, E.;
7. Macías-Cuellar, H. Uso del modelado de nicho ecológico como una herramienta para predecir la distribución potencial de *Microcystis* sp (cianobacteria) en la Presa Hidroeléctrica de Aguamilpa, Nayarit, México. *Rev. Ambient. Agua* **2012**, 7, 218–234, doi:10.4136/AMBI-AGUA.607.
8. Barriga, R. Lista de peces de agua dulce e intermareales del ecuador *. *Rev. Politécnica* 2012 **2011**, 3, 83–119.
9. FAO FAO Fisheries & Aquaculture – Programa de información de especies acuáticas – *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792) Disponible en: https://firms.fao.org/fi/website/FIRetrieveAction.do?dom=culturespecies&xml=Oncorhynchus_mykiss.xml&lang=es (accedido 30 mayo 2024).
10. Jácome, J; Abad, CQ; Romero, OS; Pérez, JE; Nirchio, M. 2019. Tilapia in Ecuador: Paradox between aquaculture production and the protection of Ecuadorian biodiversity. *Revista Peruana de Biología* 26(4):543–550. DOI: <https://doi.org/10.15381/rpb.v26i4.16343>.
11. Loachamin JPQ, Bermeo MDU, Rodríguez LTC, Cervantes LP. 2020. *Alimentos alternativos a formular para Trucha Arcoiris (Oncorhynchus mykiss) según sus necesidades nutritivas y procesos eficientes de residuos de mataderos* [en línea]. *Revista Ecuatoriana de Ciencia Animal* 4(3):31–53. Disponible en: <http://www.revistaecuadorianadecienciaanimal.com/index.php/RECA/article/view/230>
12. Rahel, F.J.; Olden, J.D. Assessing the effects of climate change on aquatic invasive species. *Conserv. Biol.* **2008**, 22, 521–533.
13. Ramírez-Espitia, E-J; Hurtado-Giraldo, H; Gómez-Ramírez, E. 2020. Anatomía general, histología y morfometría del sistema digestivo del pez *Pterophyllum scalare* (Perciformes: Cichlidae). *Revista de Biología Tropical* 68(4):1371–1383.

14. Wilfred–Ekprikpo, PC. 2021. Changes in Electrolytes in *Heterobranchus Longifilis* Exposed to Sub Lethal Levels of Different Chemicals in the Laboratory. *J. Agric. Res. Pestic. Biofertil* 1:1–5. Zheng, J-L; Wan, F-G; Chen, Y-L; Jiang, L-H; Zhan, Q-H; Chen, T-H; Chen, S; Zhu, Q-L; Li, W-Y; Liu, Y-F. 2024. Comparative study on the morphological characteristics, nutritional quality, and tastes of large yellow croaker from five cage culture areas: Relay farming improved fish quality. *Aquaculture* :741030.



© 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

Efectos Físicos, Químicos y Actividad Antioxidante de la Cerveza Tipo Ale Enriquecida con Pulpa de Guayaba (*Psidium guajava* L.)

José Miguel Fernández Arias ^{1,2*}  Hellen Valeria Torres Ruiz ² 

¹ Departamento de Química, Universidad Técnica Particular de Loja, Loja EC110150, Ecuador

² Carrera de Alimentos, Universidad Técnica Particular de Loja, Loja EC110150, Ecuador

✉ Correspondencia: jmfernandez@utpl.edu.ec  + 593 980453369

DOI/URL: <https://doi.org/10.53313/gwj82220>

Resumen: El incremento en el consumo de cerveza artesanal ha impulsado a los productores a buscar nuevas alternativas que satisfagan las expectativas de los consumidores, como la incorporación de frutas. La guayaba (*Psidium guajava* L.) representa una fuente valiosa de nutrientes, compuestos biológicamente activos, propiedades antioxidantes y beneficios para la salud, sin embargo, su potencial no ha sido estudiado en el contexto de la producción cervecera. La presente investigación evaluó los efectos de la adición de pulpa de guayaba sobre las principales características físicas, químicas y propiedades antioxidantes de la cerveza tipo Ale. Se elaboraron tratamientos con diferentes niveles de adición de pulpa de guayaba: 25 g/L, 50 g/L, 75 g/L y 100 g/L. Los resultados indicaron que la incorporación de pulpa de guayaba mejoró significativamente ($p < 0.05$) atributos clave como los °Brix, densidad, turbidez, viscosidad, color, acidez, contenido de alcohol y amargor. También generó una alta concentración de compuestos bioactivos, con un notable contenido fenólico de 414.98 mg EAG/L y aumento significativo en la capacidad antioxidante, alcanzando hasta 1.73 mM ET/L. Estos resultados permiten concluir que la pulpa de guayaba no solo mejora los principales atributos de la cerveza, sino que constituye una fuente importante de compuestos bioactivos y representa una alternativa prometedora para las cervecerías artesanales.

Palabras claves: Cerveza, *Psidium guajava* L., Fenoles, Antioxidante.

Physical, Chemical Effects and Antioxidant Activity of Ale Beer Enriched with Guava Pulp (*Psidium guajava* L.)

Abstract: The increase in craft beer consumption has driven producers to seek new alternatives that meet consumer expectations, such as the addition of fruit. Guava (*Psidium guajava* L.) represents a valuable source of nutrients, biologically active compounds, antioxidant properties, and health benefits; however, its potential has not



Cita: Fernández Arias, J. M., & Torres Ruiz, H. V. (2025). Efectos Físicos, Químicos y Actividad Antioxidante de la Cerveza Tipo Ale Enriquecida con Pulpa de Guayaba (*Psidium guajava* L.). Green World Journal, 08(02), 220.
<https://doi.org/10.53313/gwj82220>

Received: 25/May/2025

Accepted: 21/June/2025

Published: 25/June/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).

been studied in the context of beer production. This research evaluated the effects of guava pulp addition on the main physical, chemical, and antioxidant properties of Ale type beer. Treatments were prepared with different levels of guava pulp addition: 25 g/L, 50 g/L, 75 g/L, and 100 g/L. The results indicated that the incorporation of guava pulp significantly improved ($p < 0.05$) key attributes such as °Brix, density, turbidity, viscosity, color, acidity, alcohol content, and bitterness. It also led to a high concentration of bioactive compounds, with a notable phenolic content of 414.98 mg EAG/L and a significant increase in antioxidant capacity, reaching up to 1.73 mM ET/L. These findings allow us to conclude that guava pulp not only improves the main attributes of beer but also constitutes an important source of bioactive compounds and represents a promising alternative for craft breweries.

Keywords: Beer, *Psidium guajava* L., Phenols, Antioxidant.

1. Introducción

La cerveza es la bebida alcohólica de mayor consumo a nivel mundial, su proceso de elaboración es practicado desde hace miles de años [1]. Los ingredientes básicos de la cerveza son malta, levadura, lúpulo y agua, estos elementos imparten características sensoriales particulares y complejidad al sabor de la cerveza [2]. El consumo de cerveza no solamente está relacionado por su contenido de alcohol, ciertos compuestos bioactivos como los polifenoles presentes en la malta y en el lúpulo están relacionados con actividades antioxidantes, por lo que el consumo moderado de la cerveza podría prevenir enfermedades degenerativas asociadas al estrés oxidativo [3,4]. Se ha reportado en la flor del lúpulo la presencia de compuestos bioactivos como alfa ácidos, beta ácidos, iso alfa ácidos, xanthohumol, isoxanthohumol, elementos asociados a múltiples beneficios en el tratamiento y prevención del cáncer [5].

Las cervezas artesanales tienen una creciente demanda desde el inicio de su comercialización en los años 70, de manera especial los consumidores de 21–30 años (generación Millennials) que generan un crecimiento de consumo en el mercado de cerveza artesanal [6]. Su preferencia en Europa y América está generando un incremento de la demanda por parte de cierto grupo de consumidores que prefieren probar cervezas artesanales con nuevos sabores y aromas, lo cual no puede ser otorgado por las cervezas de marcas comerciales habituales o de grandes industrias cerveceras [7].

Aunque el precio es más elevado, los consumidores prefieren explorar nuevos sabores y experiencias sensoriales únicas otorgadas por las cervezas artesanales [6], su versatilidad permite adaptar nuevas formulaciones generando alternativas atractivas para los consumidores de todo el mundo, esto ha permitido a los maestros cerveceros la innovación de cervezas con perfiles de sabores particulares, únicos y especiales que satisfacen las exigencias de los consumidores [8].

Entre las alternativas en la elaboración de cervezas artesanales está el uso de frutas o su pulpa, entre ellas la Lambic, en este tipo de cerveza se usa tradicionalmente cerezas o frambuesas, pero se puede incluir una mayor variedad de frutas [9], lo cual permite desarrollar perfiles sensoriales equilibrados entre el sabor de la fruta y la cerveza [10]. La incorporación de frutas en la cerveza es una tendencia creciente cuya popularidad se ha incrementado entre consumidores que buscan nuevas experiencias sensoriales y sabores frutales [11].

Las frutas tropicales mejoran la elaboración de la cerveza, por su composición en azúcares fermentables incrementan el nivel de alcohol y contribuyen con compuestos orgánicos volátiles modificando el sabor, amargor y color de la cerveza, por sus componentes bioactivos como carotenoides y polifenoles le otorgan a la bebida propiedades antioxidantes con los consecuentes beneficios a la salud [12–14].

La guayaba (*Psidium guajava* L.), cultivada en zonas tropicales es muy apreciada por su sabor y su contenido nutricional [15,16]. Investigaciones y estudios farmacológicos han reportado en esta fruta abundantes compuestos bioactivos como los carotenoides, flavonoides, vitamina C, con

actividad anti mutagénica y efectos antidiabéticos, es una fuente muy importante de sustancias biológicamente activas como los polifenoles, reconocidos por su capacidad antioxidante ya que pueden neutralizar los radicales libres [17,18].

Para cubrir la demanda de opciones innovadoras, la incorporación de pulpa de guayaba podría satisfacer las preferencias de los aficionados a nuevas alternativas de cerveza, sin embargo, se necesita investigar la optimización de su incorporación y sus métodos de elaboración, aunque existen investigaciones desarrolladas para cerveza con fruta adicionada, son limitadas respecto a los efectos de la pulpa de guayaba en las principales características de la cerveza. El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de la adición de pulpa de guayaba en los parámetros físicos, químicos y capacidad antioxidante, con la finalidad de aprovechar las propiedades nutricionales y compuestos bioactivos de la guayaba como una alternativa innovadora para los consumidores de cerveza artesanal.

2. Materiales y métodos

2.1 Preparación de la Materia Prima

La guayaba se adquirió en un mercado local y se trasladó al laboratorio de alimentos de la Universidad Técnica Particular de Loja (UTPL), se clasificó según el grado de madurez, se lavó y desinfectó con solución de hipoclorito de sodio en concentración de 100 ppm. Luego se escaldó sumergiendo la fruta en agua a 70°C durante 3 minutos [19].

Luego del proceso de despulpado (Proingal, DTO-A, Ecuador) de la guayaba, se separó la pulpa y se pasteurizó a 80 °C por 5 min, se realizó un control microbiológico de la pulpa para verificar la efectividad de la pasteurización y se almacenó en congelación hasta su uso.

2.2 Elaboración de Cerveza

Para elaborar la cerveza con pulpa de guayaba (CPG) se utilizó una formulación tipo Ale, las maltas comerciales utilizadas (Castle Malting, Beloeil, Bélgica) fueron: Pale Ale (82 %), Wheat Blanc (7.5 %), Cara Blond (7.5 %) y Cara Clair (2 %), las maltas se molieron previo a la maceración utilizando un molino de discos (Corona Landers y Cia, S.A.S. 0118, Colombia), se requirió lúpulos Nugget (0.20 %) para amargor, Cascade (0.60 %) para sabor y Columbus (0.20 %) para el aroma, la fermentación se realizó con levadura *Saccharomyces cerevisiae* (Fermentis, SafAle US-05).

La maceración se realizó por el método de infusión, la malta previamente triturada (4 kg) se mezcló con agua en una proporción de 1:4 (p/v), la maceración se realizó a 67 °C durante 90 min. Luego el mosto se recirculó y filtró hasta obtener una solución clara, el mosto se separó y se adicionó 12 L de agua a la malta para una segunda maceración a 65 °C durante 30 minutos con el fin de extraer la mayoría de los azúcares fermentables, el segundo mosto se mezcló con el primer mosto y se reguló la densidad (1.045 g/mL), se filtró nuevamente y se realizó el hervor durante 90 min.

Durante el hervor se adicionó el lúpulo Nugget (9 g) al inicio del proceso, Cascade (27 g) a los 40 minutos y Columbus (9 g) a los 50 minutos. Luego del tiempo de hervor, el mosto se enfrió a 20 °C mediante un serpentín de acero inoxidable, el mosto frío se transfirió a un fermentador con capacidad de 20 L, se inoculó con la levadura previamente rehidratada, la fermentación se realizó durante un periodo de tiempo de 14 días.

Luego de un control microbiológico de la pulpa de guayaba, se adicionó para cada tanque de fermentación en diferentes concentraciones: 0 g/L (cerveza control, CPG 0), 25 g/L (CPG 25), 50 g/L (CPG 50), 75 g/L (CPG 75), 100 g/L (CPG 100), realizando tres repeticiones para cada tratamiento. Dos semanas después de la adición de la pulpa, las cervezas se envasaron en botellas ámbar de vidrio con capacidad de 330 mL previamente lavadas y esterilizadas con vapor, se adicionó sacarosa (7 g/L) y se taparon para promover la carbonatación natural durante 14 días, las

botellas se almacenaron en refrigeración a 4 °C durante 2 semanas para su maduración y dar inicio al análisis experimental.

2.3 Propiedades Físicas y Químicas de la Cerveza

2.3. 1 Azúcares Solubles

Se determinó mediante un refractómetro digital portátil (Mettler-Toledo, Refracto 30 GS, EE. UU.), los datos se expresaron en grados Brix (°Brix) [20].

2.3.2 Densidad

La densidad del mosto y la cerveza se analizó utilizando un densímetro (Mettler-Toledo, Densito 30PX, EE. UU.) con corrección de temperatura a 20 °C [21], los resultados se expresaron de gramos por mililitro (g/mL)

2.3.3 Turbidez

Se aplicó la técnica realizada por Lorencová et al. [22], las muestras previamente desgasificadas se analizaron en turbidímetro (Hach, 2100N, EE. UU.), los resultados se reportaron mediante unidades de nefelometría de turbidez (NTU).

2.3.4 Viscosidad

Para determinar la viscosidad se aplicó la metodología realizada por Michiels et al. [23], las muestras se mantuvieron a temperatura constante 25 °C en baño de agua, la viscosidad se determinó mediante un viscosímetro rotacional (Brookfield, LVDV-I Prime, EE. UU.) y los resultados se reportaron en centipoise (cP).

2.3. 5 Acidez Titulable

La acidez titulable (AT) de la cerveza se estableció mediante valoración con hidróxido de sodio, se utilizó una alícuota de 25 mL de muestra de cerveza descarbonatada, se adicionó 0.50 mL de fenolftaleína al 1 % y se estandarizó con una solución de hidróxido de sodio, la acidez se expresó en mL de NaOH 1M/100 mL de cerveza [24].

2.2.6 Potencial de Hidrógeno

Para obtener los valores del potencial de Hidrógeno (pH) se utilizó un medidor digital (Mettler-Toledo, AG, Suiza) equipado con sonda de vidrio de penetración, previamente calibrado con soluciones tampón estándar de pH 4.00 – 7.00, su magnitud es adimensional [25].

2.2.7 Color

El color de la cerveza se expresó en unidades de medición de referencia estándar (SRM) según la metodología realizada por Pratap-Singh et al. [26], las muestras se diluyeron con agua destilada, luego se midió la absorbancia a 430 nm en un espectrofotómetro UV-VIS (Thermo Fisher Scientific, genesis 50, EE. UU), para la determinación del valor de los SRM se aplicó la ecuación (1).

$$SRM = Abs_{430} * df * 12.70 \quad (1)$$

Donde Abs_{430} representa el valor de la absorbancia a 430 nm en cubeta de 10 mm, df corresponde al factor de dilución de la muestra y 12.70 es un factor técnico aplicado en la ecuación.

2.3.6 Amargor

El amargor se expresó en Unidades Internacionales de Amargor (IBU), el cual se sustenta en la cantidad de alfa-ácidos de la cerveza, se aplicó la metodología realizada por da Silva et al. [27], se mezcló 10 mL de cerveza previamente descarbonatada con 0.50 ml de una solución de ácido clorhídrico 6 molar y 20 mL de 2,2,4-trimetilpentano, se agitó la mezcla durante 30 min, luego se midió la absorbancia a 275 nm, para el cálculo del IBU se utilizó la ecuación (2).

$$IBU = Abs_{275} * 50 \quad (2)$$

Donde Abs_{275} es el valor de la medida de absorbancia a 275 nm realizado en una cubeta de 10 mm.

2.3.5 Contenido de Alcohol

El contenido de alcohol (OH) se determinó mediante el proceso de destilación de 100 mL de cerveza, el destilado se ajustó a 100 mL, se reguló la temperatura antes de realizar la medición en un medidor portátil de alcohol (Mettler-Toledo, Densito 30 PX, EE. UU.), el contenido de alcohol se expresó en porcentaje (% v/v) [28].

2.4 Contenido de Fenoles Totales y Capacidad Antioxidante

En la determinación del contenido fenólico total (CFT) se utilizó el método Folin-Ciocalteu descrito por Silva et al. [27] con algunas modificaciones, se mezcló 0.50 mL de cerveza diluida con 2.50 mL de una solución de Folin-Ciocalteu al 10 % (v/v), luego de 10 min se adicionó 2 mL de una solución de carbonato de sodio al 20 % (p/v), la mezcla se agitó ocasionalmente mientras se mantenía en oscuridad por 60 min.

La absorbancia se midió a 760 nm utilizando un espectrofotómetro de microplacas UV-VIS (Epoch2, Bio Tek, EE. UU), se utilizó una curva de calibración de ácido gálico, los resultados se expresaron como miligramos equivalentes de ácido gálico por litro (mg EAG/L), los análisis se realizaron por triplicado.

Para la determinación de la capacidad antioxidante se utilizó el ensayo de poder antioxidante reductor férrico (FRAP) siguiendo la metodología aplicada por Pastoriza & Rufián-Henares [29] con algunas modificaciones. Se mezcló 2.50 mL de una solución 10 mM de 2,4,6-tripiridil-s-triazina (TPTZ) diluida en ácido clorhídrico (HCl) 40 mM, con 25 mL de solución buffer ácido acetato 0.30 M a pH 3.60 y 2.50 mL de solución de cloruro férrico (FeCl) 20 mM para obtener el reactivo FRAP.

Se tomó una alícuota de 10 µL de la muestra de cerveza y se adicionó con 200 µL de reactivo FRAP, se agitó durante 10 min y se incubó durante 15 min, las disoluciones se mantuvieron cubiertas de la luz durante el ensayo. Se midió la absorbancia a 594 nm en el lector de microplacas (Epoch2, Bio Tek, EE. UU), en base a una curva estándar de 6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylcromo-2-acido carboxílico (Trolox) se reportó la capacidad antioxidante como micromol equivalentes de Trolox (µM ET/L).

2.6 Análisis estadístico

La evaluación de los datos se realizó mediante un análisis de varianza (ANOVA), las diferencias significativas entre tratamientos se determinaron mediante prueba Tukey con un nivel de significancia de $p < 0.05$. Los resultados se expresaron como la media aritmética $\pm$ desviación estándar (DE) de tres repeticiones, el análisis estadístico se realizó utilizando el software Minitab 19.0 (Minitab LCC, State College, EE. UU.).

3. Resultados y discusión

3.1 Propiedades Físicas y Químicas de la Cerveza

Previo a la adición de la pulpa de guayaba se realizó su caracterización, los resultados de los análisis se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Propiedades físicas y químicas de la pulpa de guayaba

Parámetro	Resultado
Acidez (% ácido cítrico)	0.78 ± 0.04
Sólidos solubles (°Brix)	10.30 ± 0.46
Índice de madurez (°Brix/Acidez)	13.31 ± 1.33
Fenoles totales (mg EAG/L)	2.77 ± 0.55
FRAP (µM ET/L)	63.91 ± 2.78
pH (adimensional)	4.38 ± 0.15

Los resultados corresponden a la media aritmética ± desviación estándar (DE), las mediciones se realizaron por triplicado

Conocer las principales propiedades de la pulpa de guayaba es importante ya que pueden influir en las características tecnológicas de la cerveza, los resultados obtenidos en el presente estudio están en el intervalo de los reportados en estudios anteriores [15,30]. Las variaciones de la composición química y propiedades físicas de la pulpa se deben al estado de maduración, sistema de cultivo, época del año, procesos postcosecha, el contenido de fenoles totales [30,31].

Los resultados de los análisis físicos y químicos realizados a la cerveza con adición de pulpa de guayaba se resumen en la Tabla 2.

Tabla 2. Características físicas y químicas de la cerveza enriquecida con pulpa de guayaba

Parámetro	Tratamientos				
	CPG 0	CPG 25	CPG 50	CPG 75	CPG 100
°Brix (%)	4.77 ± 0.06 d	5.70 ± 0.10 c	6.05 ± 0.05 c	8.47 ± 0.15 b	9.33 ± 0.306 a
Densidad (g/mL)	1.007 ± 0.001 c	1.007 ± 0.001 c	1.010 ± 0.001 b	1.023 ± 0.001 a	1.024 ± 0.001 a
Turbidez (NTU)	66.93 ± 4.65 d	82.97 ± 6.11 d	128.33 ± 7.09 c	176.67 ± 8.62 b	234.67 ± 10.5 0 a
Viscosidad (cP)	1.83 ± 0.06 d	2.07 ± 0.06 c	2.67 ± 0.06 b	2.81 ± 0.18 b	3.27 ± 0.06 a
Color (SRM)	10.03 ± 0.25 c	12.53 ± 0.06 bc	16.00 ± 3.68 ab	16.67 ± 1.65 ab	18.13 ± 2.14 a
AT (mL NaOH 1M/100 mL)	3.45 ± 0.13 c	3.59 ± 0.09 bc	3.69 ± 0.05 ab	3.74 ± 0.02 ab	3.80 ± 0.04 a
pH (adimensional)	3.89 ± 0.002 a	3.87 ± 0.006 ab	3.86 ± 0.009 bc	3.85 ± 0.009 c	3.85 ± 0.006 c
Alcohol (% v/v)	5.07 ± 0.15 b	5.30 ± 0.17 b	5.90 ± 0.20 a	5.93 ± 0.25 a	6.17 ± 0.2 a
Amargor (IBU)	24.33 ± 0.90 d	27.96 ± 1.06 c	29.96 ± 0.97 bc	32.95 ± 1.41 a	34.22 ± 1.82 b

Los resultados de los tratamientos corresponden a la media aritmética ± DE, las mediciones se realizaron por triplicado, letras diferentes en cada fila indican diferencia significativa entre tratamientos ($p < 0.05$).

Los °Brix presentaron diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0.05$), el °Brix de las muestras se incrementó de acuerdo con la cantidad de pulpa adicionada. El valor más alto se registró en el tratamiento CPG 100 con 9.33 °Brix y el menor en el tratamiento CPG 0 con un contenido de 4.77 °Brix. Estos resultados se encuentran en el rango de investigaciones previas con

valores hasta 10 °Brix en cervezas con adiciones de frutas [10,32]. El aumento de los °Brix en la cerveza podría deberse al aporte de sólidos solubles de la pulpa de guayaba como sacarosa y fructosa [15].

Respecto a la densidad, la adición de pulpa de guayaba también generó diferencias significativas ($p < 0.05$), los valores de densidad se registraron entre 1.007 g/mL para CPG 0 y 1.024 g/mL para CPG 100, estos resultados son similares al intervalo registrado en la investigación de Francesca et al. [33] con valores desde 1.007 g/mL. El aumento en la densidad podría atribuirse a la composición y elementos de la pulpa de guayaba como son los polisacáridos, pectina, lignina, celulosa, hemicelulosa, proteína y azúcares [34–36].

Los resultados de turbidez que se presentan en la Tabla 2, son acordes a los reportados por Castellari et al. [37], la turbidez se incrementó desde 66.93 NTU en el tratamiento CPG 0 hasta 234.67 NTU en CPG 100 registrado como el tratamiento con mayor valor para el atributo de turbidez, se evidenció diferencias significativas ($p < 0.05$) en los tratamientos CPG 50, CPG 75 y CPG 100 respecto al tratamiento CPG 0, se registró un aumento de 350 % en el tratamiento CPG 100 con la adición de la pulpa de guayaba. El aumento de turbidez puede atribuirse a la presencia de iones metálicos, polisacáridos, resinas, melanoidinas, sustancias coloidales generadas por la unión entre proteínas y polifenoles, la aportación de polifenoles de la pulpa de guayaba puede permitir la generación de enlaces entre polipéptidos y polifenoles para formar compuestos insolubles [22,38].

Se determinó cambios significativos ($p < 0.05$) en la viscosidad por la adición de la pulpa de guayaba, el valor más bajo se estableció en CPG 0 con 1.83 cP y CPG 100 con 3.27 cP registró el valor más alto comparado con el resto de los tratamientos. La adición de pulpa de guayaba generó diferencias significativas respecto al tratamiento control CPG 0, el efecto registrado guarda relación con estudios anteriores en los cuales se verifica la correlación entre los valores de viscosidad y la adición de otros ingredientes a la cerveza [35,39]. Un incremento de viscosidad permite otorgar mayor cuerpo, consistencia y plenitud en el paladar, propiedades esenciales de las cervezas artesanales[23]. El aumento de viscosidad tendría relación con los polisacáridos y proteínas de la pulpa de guayaba, lo cual favorece la suspensión de componentes coloidales [35,39].

La variación de color en la cerveza fue de 10.03 SRM en CPG 0 hasta 18.13 SRM en CPG 100, los valores del presente estudio se encuentran en el rango de color determinado por Jahn et al. [40] con valores desde 6.77 SRM. La adición de pulpa generó un incremento significativo ($p < 0.05$) en los valores SRM del color, el aumento de los SRM podría ser consecuencia de los polifenoles, licopeno, antocianinas y otros carotenoides presentes en la pulpa de guayaba [41–43].

Respecto a la acidez total (AT), los resultados permiten comprobar que las muestras de cerveza con pulpa adicionada incrementan significativamente ($p < 0.05$) en CPG 50 (3.69 mL), CPG 75 (3.74 mL) y CPG 100 (3.80 mL), comparados con el tratamiento control CPG 0 con 3.45 mL (NaOH 1M/100 mL). Los valores se encuentran en el rango de los resultados obtenidos por Dziędziński et al. [24] con valores de AT desde 2.46 mL. Se registró una diferencia notable al comparar la AT con las cervezas convencionales o industriales, generalmente con menor acidez cercanas a 3.20 mL NaOH 1M/100 mL [44], también se evidenció diferencias con cervezas elaboradas con otro tipo de adjuntos o insumos adicionados, como es el caso del *Chlorella vulgaris* o *Triticum dicoccum* que pueden tomar valores de 2.4 hasta 3.2 mL NaOH 1M/100 mL [45,46]. La pulpa de guayaba en las cantidades de estudio incrementó la acidez de la cerveza, el efecto podría atribuirse a la composición de la pulpa de guayaba y al aporte de ácidos orgánicos [47].

El pH se registró entre 3.89 a 3.85, dichos valores se encuentran en el rango de estudios para cervezas con adición de fruta y otros adjuntos [45,48]. Sin embargo, se pudo constatar que el pH de las cervezas con adición de pulpa de guayaba fue considerablemente más bajo que el de la mayoría de las cervezas de diferentes marcas comerciales, las cuales pueden tomar valores de pH alrededor de 5 [13,49]. La adición de pulpa de guayaba generó disminución del pH de la

cerveza, registrándose valores significativamente menores ($p < 0.05$) en CPG 75 y CPG 100 (ambos con 3.85) comparados con CPG 0 (3.89) el tratamiento con mayor valor de pH. Similar efecto se evidencia en investigaciones de cervezas elaboradas con adición de frutas, este resultado podría ser ocasionado por el aporte de ácidos orgánicos y de compuestos bioactivos de la pulpa de guayaba [10,50,51], además la síntesis de ácidos orgánicos generados por las levaduras durante la fermentación alcohólica como el succinato, malato, citrato, acético y láctico, generan disminución de pH, situación posiblemente favorecida al incorporar mayor cantidad de nutrientes al proceso con la adición de pulpa [32,52,53].

Un pH bajo en las cervezas es relevante con el objetivo de controlar el envejecimiento, la estabilidad de las propiedades físicas y el sabor además es de mucha importancia en el control del crecimiento microbiológico ya que inhibe el desarrollo de microorganismos como bacterias lácticas, la falta de crecimiento microbiano en las cervezas es atribuido al bajo valor del pH, convirtiendo a la cerveza en un producto microbiológicamente seguro [54–56].

El contenido de alcohol se incrementó al adicionar la pulpa de guayaba, CPG 0 junto a CPG 25 fueron los tratamientos con menor contenido de alcohol con 5.07 % y 5.30 % respectivamente, el contenido de alcohol fue significativamente mayor ($p < 0.05$) en los tratamientos CPG 50 con 5.90 %, CPG 75 con 5.93 % y CPG 100 con 6.17 % respecto a CPG 0 y CPG 25. Los valores se encuentran en los rangos de estudios de cervezas con adición de frutas con resultados entre 3.85 % a 6.45 % de alcohol [4,41,57]. El incremento de alcohol podría ser ocasionado por la presencia de azúcares fermentables de la pulpa de guayaba, el aporte de azúcares en el proceso de fermentación podría generar mayor contenido de alcohol y dióxido de carbono [10,33,58], este efecto puede ser comprobado al verificar los °Brix como potencial de generación de alcohol, al adicionar la pulpa los °Brix o azúcares fermentables aumentan y por lo cual el contenido de alcohol, la pulpa de guayaba probablemente incrementaría el contenido de glucosa y fructosa, azúcares que son utilizadas en el proceso fermentativo realizado por la *Saccharomyces cerevisiae* [10,33,58].

Los niveles de amargor de la cerveza se registraron entre 24.33 IBU para CPG 0 y 34.22 IBU en CPG 100, este rango es acorde a lo establecido por el programa de certificación de jueces de cerveza (BJCP) para una cerveza tipo Ale [59]. La adición de pulpa generó incrementos de IBU, generando diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) entre las cervezas con adición de pulpa y el tratamiento control CPG 0. El nivel de amargor fue superior a lo reportado por Pastore et al. [56] con 23.25 IBU en cervezas con bajo contenido alcohol y a lo indicado por Ciocan et al. [60] con 25.80 IBU en cervezas de trigo, cada estilo de cerveza se caracteriza por su nivel de amargor [61]. El amargor de la cerveza depende de la cantidad de lúpulo y el nivel de isomerización de los α -ácidos transformándose a iso- α -ácidos en el proceso de ebullición, luego de este proceso puede permanecer una fracción de este tipo de resinas y compuestos solubles en soluciones de etanol generando amargor [62]. La estimación del nivel de amargor se realiza con iso-octano acidificado y absorbancia a 275 nm determinando los niveles de iso- α -ácidos, existen otros compuestos también solubles en etanol como los polifenoles que podrían presentar absorbancia al nivel de longitud de onda aplicado [54]. El mayor contenido de alcohol y fenoles en la cerveza causado por la adición de la pulpa de guayaba podría haber incrementado el amargor al comparar con el tratamiento control CPG 0 sin adición de pulpa de guayaba.

4.2 Fenoles Totales y Capacidad Antioxidante

El contenido de fenoles totales (CFT) y capacidad antioxidante (CA) mediante FRAP se presentan en la Tabla 3.

Tabla 3. Contenido de fenoles totales y capacidad antioxidante de la cerveza enriquecida con pulpa de guayaba

Parámetro	Tratamientos				
	CPG 0	CPG 25	CPG 50	CPG 75	CPG 100
CFT (mg EAG/L)	332.62 ± 9.7 5 c	350.12 ± 4.95 c	381.77 ± 10.03 b	405.47 ± 9.93 ab	414.98 ± 12.33 a
FRAP (mM ET/L)	1.51 ± 0.01 c	1.55 ± 0.03 c	1.59 ± 0.02 bc	1.71 ± 0.02 ab	1.73 ± 0.09 a

Los resultados de los tratamientos corresponden a la media aritmética ± DE, las mediciones se realizaron por triplicado, letras diferentes en cada fila indican diferencia significativa entre tratamientos ($p < 0.05$).

El CFT fue superior al reportado por Nardini & Garaguso [13] en cerveza comercial con valor de 321 mg EAG/L, los valores están en el rango de las cervezas elaboradas con frutas como cereza, fresa y mora [63] y superan los valores registrados por Jahn et al. [40] en cervezas con adición de *Aronia melanocarpa* (280 mg EAG/L). El incremento de CFT es significativamente mayor ($p < 0.05$) en los tratamientos CPG 50, CPG 75 y CPG 100 en comparación al control (CPG 0), los aumentos del CFT se registraron entre 5 % y 24 % para las cervezas con adición de pulpa de guayaba, los valores oscilaron entre 332.62 mg EAG/L en CPG 0 hasta 414.95 mg EAG/L en el tratamiento CPG 100. Los compuestos fenólicos en la cerveza provienen principalmente de la malta y son liberados en el proceso de maceración por efecto de la temperatura [64]. Según lo reportado en estudios previos, el aumento del CFT se podría atribuir a la adición de fruta [13,57], el contenido de fenoles totales puede cambiar según el tipo de cerveza formulada y tipo de fruta adicionada, existe efecto de la adición de fruta en el incremento de los niveles del CFT en la cerveza [1,10,65]. En general las cervezas con adición de frutas presentan mayor contenido de polifenoles que las cervezas comerciales, debido al tratamiento de la fruta que ocasiona la ruptura de la pared celular generando mayor contacto entre la fruta y la cerveza para una mayor liberación de los polifenoles de la fruta [65,66]. Los incrementos del CFT es probable que se asocien con el aporte de compuestos fenólicos resultantes de la adición de pulpa de guayaba, la liberación de los compuestos y la correspondiente solubilidad.

La capacidad antioxidante (CA) evaluada por FRAP varió entre 1.51 mM ET/L en CPG 0 hasta 1.73 mM ET/L para el tratamiento CPG 100 con la mayor adición de pulpa, los resultados son similares a lo reportado por Gasinski et al [67] en la cerveza con adición de mango con valores de 1.04 mM ET/L a 1.69 mM ET/L, también se encuentran en el rango de cervezas elaboradas con jugo de cereza con valores entre 1.4 a 2.1 mM ET/L [57]. Los resultados obtenidos permiten determinar que la adición de pulpa de guayaba incrementó los niveles de FRAP en un 3 % en el tratamiento CPG 25 con la menor adición de pulpa, obteniendo un incremento del 15 % en el tratamiento CPG 100 con la mayor adición de pulpa de guayaba.

La concentración de fenoles totales está directamente relacionada con la capacidad antioxidante [68], el aumento del contenido de fenoles totales y capacidad antioxidante es relevante en los atributos sensoriales, proporciona mayor estabilidad y vida útil en comparación con la cerveza que contenga una menor cantidad de compuestos antioxidantes [69]. El aumento de la CA podría atribuirse a la interacción entre los fenoles y otros compuestos como las proteínas [70], además en las cervezas de fruta se ha determinado el incremento de los niveles de flavonoides y biocompuestos como el resveratrol, lo cual podría explicar la mayor actividad antioxidante que se registra de manera mayoritaria en las cervezas de frutas, comparadas con las cervezas sin adición de frutas o las comerciales [13]. El incremento significativo de la CA estaría directamente relacionado con la cantidad de pulpa adicionada, mayores concentraciones de pulpa de guayaba en la cerveza podrían incrementar el contenido de fenoles totales y con lo cual la capacidad antioxidante.

4. Conclusión

La adición de pulpa de guayaba demostró potencial para mejorar la calidad nutricional y propiedades funcionales, ofreciendo mayores beneficios para la salud en comparación con las cervezas comerciales. La pulpa influyó significativamente en las características físicas y químicas de la cerveza, incrementando parámetros claves como el contenido de alcohol, acidez, amargor, densidad, color, turbidez. Los datos registrados han permitido detectar tendencias claras en los tratamientos, mayores niveles de adición de pulpa aumentaron los efectos en las características de la cerveza. El contenido de fenoles totales y capacidad antioxidante aumento de manera significativa con la adición de pulpa, lo que destaca a la guayaba como una excelente fuente de compuestos bioactivos. Los resultados confirman que la adición de pulpa de guayaba es una valiosa alternativa para las cervecerías que buscan innovación, diferenciación y valor agregado, para satisfacer la creciente demanda de los consumidores de cerveza artesanal. En vista de las importantes cualidades otorgadas por la pulpa de guayaba en la elaboración de cerveza, es importante profundizar la investigación con otras características primordiales del producto como vida útil, estabilidad y evaluación sensorial.

Contribución de autores: Los autores participaron en todos los apartados de la investigación

Financiamiento: Los autores financiaron el estudio

Agradecimiento: Los autores manifestamos nuestro sincero agradecimiento al Departamento de Química de la UTPL por las facilidades prestadas en el uso de los laboratorios.

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

Referencias

1. Anderson, H.E.; Santos, I.C.; Hildenbrand, Z.L.; Schug, K.A. A Review of the Analytical Methods Used for Beer Ingredient and Finished Product Analysis and Quality Control. *Anal Chim Acta* **2019**, *1085*, 1–20, doi:10.1016/j.aca.2019.07.061.
2. da Silva, M.M.; de Souza, A.C.; Faria, E.R.; Molina, G.; de Andrade Neves, N.; Morais, H.A.; Dias, D.R.; Schwan, R.F.; Ramos, C.L. Use of Kombucha SCOBY and Commercial Yeast as Inoculum for the Elaboration of Novel Beer. *Fermentation* **2022**, *8*, doi:10.3390/fermentation8120748.
3. Dabija, A.; Ciocan, M.E.; Chetrariu, A.; Codină, G.G. Buckwheat and Amaranth as Raw Materials for Brewing, a Review. *Plants* **2022**, *11*, doi:10.3390/plants11060756.
4. de Brito, M.R.; Ugalde, F.Z.; Gonzaga, L.V.; Schulz, M.; Fett, R.; Costa, A.C.O.; Tribuzi, G. Physicochemical Characteristics and Antioxidant Potential of a Fruit Beer Produced with Juçara (*Euterpe edulis martius*) Fruit Pulp. *Brazilian Archives of Biology and Technology* **2023**, *66*, doi:10.1590/1678-4324-2023220324.
5. Saugspier, M.; Dorn, C.; Czech, B.; Gehrig, M.; Heilmann, J.; Hellerbrand, C. Hop Bitter Acids Inhibit Tumorigenicity of Hepatocellular Carcinoma Cells in Vitro. *Oncol Rep* **2012**, *28*, 1423–1428, doi:10.3892/or.2012.1925.
6. Aquilani, B.; Laureti, T.; Poponi, S.; Secondi, L. Beer Choice and Consumption Determinants When Craft Beers Are Tasted: An Exploratory Study of Consumer Preferences. *Food Qual Prefer* **2015**, *41*, 214–224, doi:10.1016/j.foodqual.2014.12.005.
7. Ascher, B. Global Beer: The Road to Monopoly, The American Antitrust Institute Available online: https://www.antitrustinstitute.org/wp-content/uploads/2018/08/Global-Beer-Road-to-Monopoly_0.pdf (accessed on 12 June 2025).

8. Canonico, L.; Agarbati, A.; Comitini, F.; Ciani, M. Unravelling the Potential of Non-Conventional Yeasts and Recycled Brewers Spent Grains (BSG) for Non-Alcoholic and Low Alcohol Beer (NABLAB). *LWT* **2023**, *190*, doi:10.1016/j.lwt.2023.115528.
9. Croonenberghs, A.P.; Bongaerts, D.; Bouchez, A.; De Roos, J.; De Vuyst, L. Fruit Beers, Beers with or without a Co-Fermentation Step with Fruits. *Curr Opin Biotechnol* **2024**, *86*, doi:10.1016/j.copbio.2024.103081.
10. Castro Marin, A.; Baris, F.; Romanini, E.; Lambri, M.; Montevecchi, G.; Chinnici, F. Physico-Chemical and Sensory Characterization of a Fruit Beer Obtained with the Addition of Cv. Lambrusco Grapes Must. *Beverages* **2021**, *7*, doi:10.3390/beverages7020034.
11. Francesca, N.; Pirrone, A.; Gugino, I.; Prestianni, R.; Naselli, V.; Settanni, L.; Todaro, A.; Guzzon, R.; Maggio, A.; Porrello, A.; et al. A Novel Microbiological Approach to Impact the Aromatic Composition of Sour Loquat Beer. *Food Biosci* **2023**, *55*, doi:10.1016/j.fbio.2023.103011.
12. Zapata, P.J.; Martínez-Esplá, A.; Gironés-Vilaplana, A.; Santos-Lax, D.; Noguera-Artiaga, L.; Carbonell-Barrachina, Á.A. Phenolic, Volatile, and Sensory Profiles of Beer Enriched by Macerating Quince Fruits. *LWT* **2019**, *103*, 139–146, doi:10.1016/j.lwt.2019.01.002.
13. Nardini, M.; Garaguso, I. Characterization of Bioactive Compounds and Antioxidant Activity of Fruit Beers. *Food Chem* **2020**, *305*, doi:10.1016/j.foodchem.2019.125437.
14. Moreno, S.R.; Curtis, S.J.; Sarkhosh, A.; Sarnoski, P.J.; Sims, C.A.; Dreyer, E.; Rudolph, A.B.; Thompson-Witrick, K.A.; MacIntosh, A.J. Considerations When Brewing with Fruit Juices: A Review and Case Study Using Peaches. *Fermentation* **2022**, *8*, doi:10.3390/fermentation8100567.
15. Moon, P.; Fu, Y.; Bai, J.; Plotto, A.; Crane, J.; Chambers, A. Assessment of Fruit Aroma for Twenty-Seven Guava (*Psidium guajava*) Accessions through Three Fruit Developmental Stages. *Sci Hortic* **2018**, *238*, 375–383, doi:10.1016/j.scienta.2018.04.067.
16. Shu, C.; Kim-Lee, B.; Sun, X. Chitosan Coating Incorporated with Carvacrol Improves Postharvest Guava (*Psidium guajava*) Quality. *Horticulturae* **2024**, *10*, doi:10.3390/horticulturae10010080.
17. Huang; Yin, M.C.; Chiu, L.C. Antihyperglycemic and Antioxidative Potential of *Psidium Guajava* Fruit in Streptozotocin-Induced Diabetic Rats. *Food and Chemical Toxicology* **2011**, *49*, 2189–2195, doi:10.1016/j.fct.2011.05.032.
18. Shao, X.; Lai, D.; Xiao, W.; Liu, C.; He, H.; Zhuang, Q.; Kuang, S.; Qin, J. Eurycolactone F Extends Shelf Life and Improves Postharvest Quality Characteristics of Guava (*Psidium guajava* L.) Fruit. *South African Journal of Botany* **2023**, *159*, 571–579, doi:10.1016/j.sajb.2023.06.051.
19. Hawa, L.C.; Ubaidillah, U.; Mardiyani, S.A.; Laily, A.N.; Yosika, N.I.W.; Afifah, F.N. Drying Kinetics of Cabya (*Piper retrofractum vahl*) Fruit as Affected by Hot Water Blanching under Indirect Forced Convection Solar Dryer. *Solar Energy* **2021**, *214*, 588–598, doi:10.1016/j.solener.2020.12.004.
20. Bayoï, J.R.; Etoa, F.X. Changes in Physicochemical Properties, Microbiological Quality and Safety Status of Pasteurized Traditional Sorghum “Mpedli” Beer Supplemented with Bitter Leaf (*Vernonia amygdalina*) Aqueous Extract during a Month-Storage at Room Temperature. *Applied Food Research* **2023**, *3*, doi:10.1016/j.afres.2023.100278.
21. da Silva Santos, M.A.; Ribeiro, P.V.L.; Andrade, C.P.; Machado, A.R.G.; de Souza, P.G.; de Souza Kirsch, L. Physicochemical and Sensory Analysis of Craft Beer Made with Soursop (*Annona muricata* L.). *Acta Sci Pol Technol Aliment* **2021**, *20*, 103–112, doi:10.17306/J.AFS.2021.0845.

22. Lorencová, E.; Salek, R.N.; Černošková, I.; Buňka, F. Evaluation of Force-Carbonated Czech-Type Lager Beer Quality during Storage in Relation to the Applied Type of Packaging. *Food Control* **2019**, *106*, doi:10.1016/j.foodcont.2019.106706.
23. Michiels, P.; Debyser, W.; De Sutter, W.; Langenaeken, N.A.; De Rouck, G.; Courtin, C.M. Enhancing the Mouthfeel of Non-Alcoholic Beers: The Influence of Dextrin and Arabinoxylan on Perceived Viscosity and Body. *Food Hydrocoll* **2025**, *159*, doi:10.1016/j.foodhyd.2024.110642.
24. Dziedziński, M.; Stachowiak, B.; Kobus-Cisowska, J.; Kozłowski, R.; Stuper-Szablewska, K.; Szambelan, K.; Górna, B. Supplementation of Beer with *Pinus sylvestris* L. Shoots Extracts and Its Effect on Fermentation, Phenolic Content, Antioxidant Activity and Sensory Profiles. *Electronic Journal of Biotechnology* **2023**, *63*, 10–17, doi:10.1016/j.ejbt.2023.01.001.
25. Cho, J.H.; Kim, I.D.; Dhungana, S.K.; Do, H.M.; Shin, D.H. Persimmon Fruit Enhanced Quality Characteristics and Antioxidant Potential of Beer. *Food Sci Biotechnol* **2018**, *27*, 1067–1073, doi:10.1007/s10068-018-0340-2.
26. Pratap-Singh, A.; Suwardi, A.; Mandal, R.; Pico, J.; Castellarin, S.D.; Kitts, D.D.; Singh, A. Effect of UV Filters during the Application of Pulsed Light to Reduce *Lactobacillus brevis* Contamination and 3-Methylbut-2-Ene-1-Thiol Formation While Preserving the Physicochemical Attributes of Blonde Ale and Centennial Red Ale Beers. *Foods* **2023**, *12*, doi:10.3390/foods12040684.
27. da Silva, S.P.; Fernandes, J.A.L.; Santos, A.S.; Ferreira, N.R. Jambu Flower Extract (*Acmella oleracea*) Increases the Antioxidant Potential of Beer with a Reduced Alcohol Content. *Plants* **2023**, *12*, doi:10.3390/plants12081581.
28. Li, Z.; Zhou, M.; Cui, M.; Wang, Y.; Li, H. Improvement of Whole Wheat Dough Fermentation for Steamed Bread Making Using Selected Phytate-Degrading *Wickerhamomyces Anomalus* P4. *J Cereal Sci* **2021**, *100*, 103261, doi:10.1016/j.jcs.2021.103261.
29. Pastoriza, S.; Rufián-Henares, J.A. Contribution of Melanoidins to the Antioxidant Capacity of the Spanish Diet. *Food Chem* **2014**, *164*, 438–445, doi:10.1016/j.foodchem.2014.04.118.
30. Medina M. L., P.F. Caracterización de La Pulpa de Guayaba (*Psidium guajava* L.) Tipo Criolla Roja. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)* **2003**, *20*, 72–86.
31. Marquina V; Araujo L; Ruíz J; Rodríguez-Malaver A; Vit P Composición Química y Capacidad Antioxidante En Fruta, Pulpa y Mermelada de Guayaba (*Psidium guajava* L.). *Organo Oficial de la Sociedad Latinoamericana de Nutrición* **2008**, *58*, 98–102.
32. Viana, A.C.; Pimentel, T.C.; Borges do Vale, R.; Clementino, L.S.; Januario Ferreira, E.T.; Magnani, M.; dos Santos Lima, M. American Pale Ale Craft Beer: Influence of Brewer's Yeast Strains on the Chemical Composition and Antioxidant Capacity. *LWT* **2021**, *152*, doi:10.1016/j.lwt.2021.112317.
33. Francesca, N.; Pirrone, A.; Gugino, I.; Prestianni, R.; Naselli, V.; Settanni, L.; Todaro, A.; Guzzon, R.; Maggio, A.; Porrello, A.; et al. A Novel Microbiological Approach to Impact the Aromatic Composition of Sour Loquat Beer. *Food Biosci* **2023**, *55*, 103011, doi:10.1016/J.FBIO.2023.103011.
34. Chacín, J.; Marín, M.; D'addosio, R. Evaluación Del Contenido de Pectina En Diferentes Genotipos de Guayaba de La Zona Sur Del Lago de Maracaibo. *Multiciencias* **2010**, *10*, 7–12.
35. Sahal, A.; Choudhary, S.; Hussain, A.; Arora, S.; Dobhal, A.; Ahmad, W.; Kumar, V.; Kumar, S. "A Comprehensive Review on the Nutritional Composition, Bioactive Potential, Encapsulation Techniques, and Food System Applications of Guava (*Psidium guajava* L.) Leaves." *Grain & Oil Science and Technology* **2024**, doi:10.1016/j.gaost.2024.12.003.

36. Zastrow, C.R.; Mattos, M.A.; Hollatz, C.; Stambuk, B.U. Maltotriose Metabolism by *Saccharomyces cerevisiae*. *Biotechnol Lett* **2000**, *22*, 455–459, doi:10.1023/A:1005691031880.
37. Castellari, M.; Arfelli, G.; Riponi, C.; Carpi, G.; Amati, A. High Hydrostatic Pressure Treatments for Beer Stabilization. *J Food Sci* **2006**, *65*, 974–977, doi:10.1111/j.1365-2621.2000.tb09402.x.
38. Salek, R.N.; Lorencová, E.; Gál, R.; Kůrová, V.; Opustilová, K.; Buňka, F. Physicochemical and Sensory Properties of Czech Lager Beers with Increasing Original Wort Extract Values during Cold Storage. *Foods* **2022**, *11*, doi:10.3390/foods11213389.
39. Gómez Pamies, L.C.; Lataza Rovaletti, M.M.; Martínez Amezaga, N.M.J.; Benítez, E.I. The Impact of Pirodextrin Addition to Improve Physicochemical Parameters of Sorghum Beer. *LWT* **2021**, *149*, doi:10.1016/j.lwt.2021.112040.
40. Jahn, A.; Kim, J.; Bashir, K.M.I.; Cho, M.G. Antioxidant Content of Aronia Infused Beer. *Fermentation* **2020**, *6*, doi:10.3390/FERMENTATION6030071.
41. Deng, Y.; Lim, J.; Nguyen, T.T.H.; Mok, I.K.; Piao, M.; Kim, D. Composition and Biochemical Properties of Ale Beer Enriched with Lignans from *Schisandra chinensis baillon* (Omija) Fruits. *Food Sci Biotechnol* **2020**, *29*, 609–617, doi:10.1007/s10068-019-00714-5.
42. Mahavy, C.E.; Razanatseheno, A.J.; Mol, A.; Ngezahayo, J.; Duez, P.; El Jaziri, M.; Baucher, M.; Rasamiravaka, T. Edible Medicinal Guava Fruit (*Psidium guajava* L.) Are a Source of Anti-Biofilm Compounds against *Pseudomonas Aeruginosa*. *Plants* **2024**, *13*, doi:10.3390/plants13081122.
43. Huang; Lian, Q.; Wang, L.; Shan, Y.; Li, F.; Chang, S.K.; Jiang, Y. Chemical Composition of the Cuticular Membrane in Guava Fruit (*Psidium guajava* L.) Affects Barrier Property to Transpiration. *Plant Physiology and Biochemistry* **2020**, *155*, 589–595, doi:10.1016/j.plaphy.2020.08.023.
44. Medina, K.; Giannone, N.; Dellacassa, E.; Schinca, C.; Carrau, F.; Boido, E. Commercial Craft Beers Produced in Uruguay: Volatile Profile and Physicochemical Composition. *Food Research International* **2023**, *164*, doi:10.1016/j.foodres.2022.112349.
45. Okechukwu, Q.N.; Adadi, P.; Kovaleva, E.G. Production and Analysis of Beer Supplemented with *Chlorella vulgaris* Powder. *Fermentation* **2022**, *8*, doi:10.3390/fermentation8110581.
46. Tufariello, M.; Grieco, F.; Fiore, A.; Gerardi, C.; Capozzi, V.; Baiano, A. Effects of Brewing Procedures and Oenological Yeasts on Chemical Composition, Antioxidant Activity, and Sensory Properties of Emmer-Based Craft Beers. *LWT* **2024**, *199*, doi:10.1016/j.lwt.2024.116044.
47. Blancas-Benitez, F.J.; Pérez-Jiménez, J.; Montalvo-González, E.; González-Aguilar, G.A.; Sáyago-Ayerdi, S.G. In Vitro Evaluation of the Kinetics of the Release of Phenolic Compounds from Guava (*Psidium guajava* L.) Fruit. *J Funct Foods* **2018**, *43*, 139–145, doi:10.1016/j.jff.2018.02.011.
48. Hlangwani, E.; du Plessis, H.W.; Dlamini, B.C. The Effect of Selected Non-Saccharomyces Yeasts and Cold-Contact Fermentation on the Production of Low-Alcohol Marula Fruit Beer. *Heliyon* **2024**, *10*, doi:10.1016/j.heliyon.2024.e24505.
49. Wagner, M.; Zaldarriaga Heredia, J.; Montemerlo, A.; Camiña, J.M.; Garrido, M.; Azcarate, S.M. Digital Images-Based Chemometrics-Assisted Methodology as a Sustainable Strategy for Blond Beers Quality Control. *Food Control* **2025**, *168*, doi:10.1016/j.foodcont.2024.110911.
50. Marcillo-Parra, V.; Tupuna-Yerovi, D.S.; González, Z.; Ruales, J. Encapsulation of Bioactive Compounds from Fruit and Vegetable By-Products for Food Application – A Review. *Trends Food Sci Technol* **2021**, *116*, 11–23, doi:10.1016/j.tifs.2021.07.009.

51. Khan, F.I.; Akhtar, S.; Qamar, M.; Ismail, T.; Saeed, W.; Esatbeyoglu, T.; Jafari, S.M. A Comprehensive Review on Guava: Nutritional Profile, Bioactive Potential, and Health-Promoting Properties of Its Pulp, Peel, Seeds, Pomace and Leaves. *Trends Food Sci Technol* **2025**, *156*, doi:10.1016/j.tifs.2024.104822.
52. Adadi, P.; Kovaleva, E.G.; Glukhareva, T. V.; Shatunova, S.A.; Petrov, A.S. Production and Analysis of Non-Traditional Beer Supplemented with Sea Buckthorn. *Agronomy Research* **2017**, *15*, 1831–1845, doi:10.15159/AR.17.060.
53. Mulero-Cerezo, J.; Briz-Redón, Á.; Serrano-Aroca, Á. *Saccharomyces cerevisiae* Var. *boulardii*: Valuable Probiotic Starter for Craft Beer Production. *Applied Sciences (Switzerland)* **2019**, *9*, doi:10.3390/app9163250.
54. Klimczak, K.; Cioch-Skoneczny, M. Changes in Beer Bitterness Level during the Beer Production Process. *European Food Research and Technology* **2023**, *249*, 13–22, doi:10.1007/s00217-022-04154-0.
55. Nimubona, D.; Blanco, C.A.; Caballero, I.; Rojas, A.; Andrés-Iglesias, C. An Approximate Shelf Life Prediction of Elaborated Lager Beer in Terms of Degradation of Its Iso- α -Acids. *J Food Eng* **2013**, *116*, 138–143, doi:10.1016/j.jfoodeng.2012.11.019.
56. Pastore, A.; Badocco, D.; Cappellin, L.; Tubiana, M.; Pastore, P. Real-Time Monitoring of the PH of White Wine and Beer with Colorimetric Sensor Arrays (CSAs). *Food Chem* **2024**, *452*, doi:10.1016/j.foodchem.2024.139513.
57. Nedyalkov, P.; Bakardzhiyski, I.; Shikov, V.; Kaneva, M.; Shopska, V. Possibilities for Utilization of Cherry Products (Juice and Pomace) in Beer Production. *Beverages* **2023**, *9*, doi:10.3390/beverages9040095.
58. Pirrone, A.; Prestianni, R.; Naselli, V.; Todaro, A.; Farina, V.; Tinebra, I.; Raffaele, G.; Badalamenti, N.; Maggio, A.; Gaglio, R.; et al. Influence of Indigenous *Hanseniaspora Uvarum* and *Saccharomyces Cerevisiae* from Sugar-Rich Substrates on the Aromatic Composition of Loquat Beer. *Int J Food Microbiol* **2022**, *379*, doi:10.1016/j.ijfoodmicro.2022.109868.
59. Mitchell, D.; Haven, J.; Pixley, D.; Pupo, T.; Pattinson, R.; Svitankova, L.; Beechum, D.; Belanger, C.; Harting, D.; Hayes, A.; et al. Beer Judge Certification Program 2021 Style Guidelines Available online: <https://www.bjcp.org/bjcp-style-guidelines/> (accessed on 12 June 2025).
60. Ciocan, M.E.; Salamon, R.V.; Ambrus, Á.; Codină, G.G.; Chetrariu, A.; Dabija, A. Use of Unmalted and Malted Buckwheat in Brewing. *Applied Sciences (Switzerland)* **2023**, *13*, doi:10.3390/app13042199.
61. Villacreces, S.; Blanco, C.A.; Caballero, I. Developments and Characteristics of Craft Beer Production Processes. *Food Biosci* **2022**, *45*, doi:10.1016/j.fbio.2021.101495.
62. Oladokun, O.; James, S.; Cowley, T.; Dehrmann, F.; Smart, K.; Hort, J.; Cook, D. Perceived Bitterness Character of Beer in Relation to Hop Variety and the Impact of Hop Aroma. *Food Chem* **2017**, *230*, 215–224, doi:10.1016/j.foodchem.2017.03.031.
63. Durán-Castañeda, A.C.; Cardenas-Castro, A.P.; Pérez-Jiménez, J.; Pérez-Carvajal, A.M.; Sánchez-Burgos, J.A.; Mateos, R.; Sáyo-Ayerdi, S.G. Bioaccessibility of Phenolic Compounds in *Psidium guajava* L. Varieties and *P. Friedrichsthalianum* Nied. after Gastrointestinal Digestion. *Food Chem* **2023**, *400*, doi:10.1016/j.foodchem.2022.134046.
64. Kumar, M.; Anisha, A.; Kaushik, D.; Kaur, J.; Shubham, S.; Rusu, A.V.; Rocha, J.M.; Trif, M. Combinations of Spent Grains as Sources of Valuable Compounds with Highly Valuable Functional and Microbial Properties. *Sustainability (Switzerland)* **2023**, *15*, doi:10.3390/su152015184.
65. Zhao, Y.; Guo, G.; Xu, B.; Liu, H.; Tian, H.; Li, J.; Ouyang, Y.; Xiang, A.; Kumar, R. Electrospun Natural Polypeptides Based Nanofabrics Enriched with Antioxidant Polyphenols for Active Food Preservation. *Food Chem* **2023**, *405*, doi:10.1016/j.foodchem.2022.134991.

66. Yang, N.; Wu, C.; Yang, H.; Guo, Z.; Jian, H.; Jiang, T.; Lei, H. Bioactive Compounds, Antioxidant Activities and Flavor Volatiles of Lager Beer Produced by Supplementing Six Jujube Cultivars as Adjuncts. *Food Biosci* **2022**, *50*, doi:10.1016/j.fbio.2022.102008.
67. Gasinski, A.; Kawa-Rygielska, J.; Szumny, A.; Czubaszek, A.; Gasior, J.; Pietrzak, W. Volatile Compounds Content, Physicochemical Parameters, and Antioxidant Activity of Beers with Addition of Mango Fruit (*Mangifera indica*). *Molecules* **2020**, *25*, doi:10.3390/molecules25133033.
68. Thaipong, K.; Boonprakob, U.; Crosby, K.; Cisneros-Zevallos, L.; Hawkins Byrne, D. Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC Assays for Estimating Antioxidant Activity from Guava Fruit Extracts. *Journal of Food Composition and Analysis* **2006**, *19*, 669–675, doi:10.1016/j.jfca.2006.01.003.
69. Piazzon, A.; Forte, M.; Nardini, M. Characterization of Phenolics Content and Antioxidant Activity of Different Beer Types. *J Agric Food Chem* **2010**, *58*, 10677–10683, doi:10.1021/jf101975q.
70. Apea-Bah, F.B.; Minnaar, A.; Bester, M.J.; Duodu, K.G. Does a Sorghum–Cowpea Composite Porridge Hold Promise for Contributing to Alleviating Oxidative Stress? *Food Chem* **2014**, *157*, 157–166, doi:10.1016/j.foodchem.2014.02.029.



© 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

Evaluación ergonómica de la manipulación manual de explosivos y su incidencia en las lesiones músculo esqueléticas del personal de voladura de la mina Mirador, año 2024.

Verdezoto Leon Guillermo David ¹  Bejarano Naula Carlos Mesias ¹ ¹ Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba, ECD 060118, Ecuador Correspondencia: verdezotoguillermo@gmail.com  + 593 98 974 2277DOI/URL: <https://doi.org/10.53313/gwj82221>

Resumen: Este estudio analiza cómo la manipulación manual de explosivos en minería a cielo abierto representa un riesgo significativo para la salud y seguridad de los trabajadores, principalmente por la alta incidencia de trastornos musculoesqueléticos (TME) asociados a posturas forzadas, movimientos repetitivos y manipulación de cargas pesadas en ambientes adversos. El objetivo de esta investigación fue identificar y cuantificar los riesgos ergonómicos presentes en las actividades de voladura, así como evaluar la sintomatología musculoesquelética del personal, con el fin de proponer medidas preventivas eficaces. Se empleó una metodología mixta que incluyó la aplicación del Cuestionario Nórdico de Kuorinka para detectar síntomas musculoesqueléticos, y los métodos ergonómicos REBA y GINSHT para evaluar posturas y manipulación manual de cargas. Se realizó observación directa de las tareas de carguío y retacado de explosivos, recolección de datos sobre posturas, pesos manipulados y frecuencia, además de la aplicación de cuestionarios para identificar molestias en diferentes regiones corporales. El análisis se basó en puntuaciones estandarizadas que permitieron clasificar el nivel de riesgo ergonómico y la gravedad de los síntomas reportados. Los resultados mostraron que el 85% de los trabajadores presentó molestias musculoesqueléticas, principalmente en la región lumbar (60%), hombros (45%) y cuello (40%). La evaluación REBA indicó un riesgo ergonómico muy alto en las actividades analizadas, mientras que GINSHT clasificó el riesgo por manipulación de cargas como no tolerable, ya que el peso real excedía el aceptable. En conclusión, la elevada prevalencia de TME y los altos niveles de riesgo ergonómico evidencian la necesidad urgente de implementar medidas preventivas, como ayudas mecánicas, capacitación ergonómica, rotación de tareas y pausas activas, junto con la mejora del diseño de los puestos de trabajo y programas de vigilancia médica. Esta investigación aporta evidencia clave para optimizar la seguridad y salud ocupacional en minería a cielo abierto.

Palabras claves: Riesgos ergonómicos; trastornos musculoesqueléticos; Kuorinka; REBA; GINSHT.

Cita: Guillermo David, V. L., & Bejarano Naul, C. M. (2025). Evaluación ergonómica de la manipulación manual de explosivos y su incidencia en las lesiones músculo esqueléticas del personal de voladura de la mina Mirador, año 2024. Green World Journal, 8(2), 221. <https://doi.org/10.53313/gwj82221>

Received: 25/May/2025
Accepted: 23/June/2025
Published: 29/June/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.

Ergonomic Evaluation of Manual Handling of Explosives and Its Impact on Musculoskeletal Injuries among Blasting Personnel at the Mirador Mine, Year 2024

Abstract: This study analyzes how the manual handling of explosives in open-pit mining represents a significant risk to the health and safety of workers, mainly due to the high incidence of musculoskeletal disorders (MSDs) associated with awkward postures, repetitive movements, and handling of heavy loads in adverse environments. The objective of this research was to identify and quantify ergonomic risks present in blasting activities, as well as to evaluate the musculoskeletal symptoms among personnel, in order to propose effective preventive measures. A mixed methodology was employed, including the application of the Nordic Musculoskeletal Questionnaire to detect musculoskeletal symptoms, and the ergonomic assessment methods REBA and GINSHT to evaluate postures and manual handling of loads. Direct observation was conducted of explosive loading and stemming tasks, data were collected on postures, weights handled, and frequency, and questionnaires were administered to identify discomfort in different body regions. The analysis was based on standardized scores that allowed classification of ergonomic risk levels and the severity of reported symptoms. Results showed that 85% of workers reported musculoskeletal discomfort, mainly in the lower back (60%), shoulders (45%), and neck (40%). The REBA assessment indicated a very high ergonomic risk in the analyzed activities, while GINSHT classified the risk from load handling as unacceptable, since the actual weight exceeded the acceptable limit. In conclusion, the high prevalence of MSDs and elevated ergonomic risk levels highlight the urgent need to implement preventive measures such as mechanical aids, ergonomic training, task rotation, and active breaks, along with improved workstation design and medical surveillance programs. This research provides key evidence to optimize occupational health and safety in open-pit mining..

Keywords: Ergonomic risks; musculoskeletal disorders; Kuorinka; REBA; GINSHT.

1. Introducción

La Asociación Internacional de Ergonomía IEA, por sus siglas en inglés, define a la Ergonomía como la disciplina científica relacionada con la comprensión de las interacciones entre los seres humanos y otros elementos de un sistema, y la profesión que aplica teoría, principios, datos y métodos para diseñar a fin de optimizar el bienestar humano y el sistema en su rendimiento. Bajo este contexto, el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSST) define a la Ergonomía como el conjunto de conocimientos de carácter multidisciplinar aplicados para la adecuación de los productos, sistemas y entornos artificiales a las necesidades, limitaciones y características de sus usuarios, optimizando la eficacia, seguridad y bienestar. En conclusión, el objetivo fundamental de la Ergonomía es mejorar el bienestar laboral.

La Norma Técnica Ecuatoriana en Seguridad e Higiene en el Trabajo del Decreto Ejecutivo 255 menciona que los riesgos ergonómicos son causados por un esfuerzo físico excesivo, movimientos repetitivos o posturas poco naturales durante el desempeño de un trabajo que pueden provocar cansancio, errores, accidentes, enfermedades profesionales o trastornos musculoesqueléticos (TME) como consecuencia de un diseño inadecuado de las instalaciones, las máquinas, los equipos, las herramientas o los puestos de trabajo.

Los TME son aquellos problemas de salud relacionados al aparato locomotor (de los músculos, tendones, esqueleto óseo, cartílagos, ligamentos y nervios). Estos trastornos se convierten en la principal causa de discapacidad en todo el mundo, provocando jubilaciones anticipadas y limitaciones de la movilidad y la destreza, afectando la calidad de vida e influyendo negativamente en la participación social de los trabajadores [1] (Ávila Angulo et al., 2023a)

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), en el año 2021 los TME afectaron aproximadamente a 1710 millones de personas a nivel global, siendo el más frecuente el dolor lumbar, con una prevalencia de 568 millones de personas y ocasionando discapacidad en 160

países. Los TME engloban más de 150 trastornos que afectan el sistema locomotor, mismos que pueden ser esporádicos, repetitivos, crónicos y permanentes.

A nivel nacional, el Comité de Valuación de Incapacidades y de Responsabilidad Patronal CVIRP calificó a 254 patologías como enfermedades profesionales, la prevalencia del 52% correspondió al sexo masculino y 48% al sexo femenino. Las enfermedades profesionales con mayor número fueron los TME en general, con el 88%, frente al 12% del resto de patologías de origen laboral, en el sexo femenino, hay un predominio de TME de extremidad superior frente al sexo masculino donde la enfermedad profesional dominante es la hernia discal lumbar. [2] (Villacrés et al., 2024)

La minería es clave para la economía ecuatoriana, según el Ministerio de Energía y Minas, hasta el tercer trimestre de 2022 se generaron más de 185 mil empleos entre directos e indirectos, lo cual beneficia a cerca de 722 mil personas a escala nacional. Siendo la Mina Mirador localizada en la provincia de Zamora Chinchipe la principal exportadora de minerales con un 44.82% de las exportaciones totales. En contraste al beneficio económico que genera la minería, desde el punto de vista de la Seguridad y Salud y acorde a lo establecido por el Comité Interinstitucional de Seguridad e Higiene del Trabajo, la minería es categorizada como una actividad laboral de Alto Riesgo por las consecuencias graves que puede generar a la salud de los trabajadores.

En ambientes laborales de alto riesgo, como la minería, donde el trabajador es expuesto a condiciones físicamente exigentes resulta esencial prevenir trastornos musculo esqueléticos (TME) o enfermedades profesionales mediante la aplicación de principios ergonómicos que garanticen un ambiente de trabajo seguro y saludable. Actividades como la manipulación manual de cargas, posturas forzadas y movimientos repetitivos incrementan el riesgo de desarrollar daños a la salud. Por lo cual, es de vital importancia identificar, evaluar y controlar los factores de riesgo ergonómicos de manera oportuna a fin de proteger la salud e integridad de los trabajadores. [3] (Nuñez & Aderlin, 2024)

La manipulación manual de cargas en el manejo de explosivos en minas a cielo abierto implica riesgos ergonómicos específicos que requieren medidas técnicas y organizativas. La manipulación manual de explosivos, en este contexto incluye los siguientes factores: Transporte manual de explosivos y accesorios (como detonadores) con pesos superiores a 25 kg. Operaciones de levantamiento, colocación o desplazamiento en terrenos irregulares, con riesgos de caídas o deslizamientos. Los explosivos comerciales suelen presentarse en cajas o contenedores que superan los 25 kg, lo que exige esfuerzo lumbar y de extremidades superiores. En minas a cielo abierto, el transporte manual debe realizarse por el centro del banco para evitar desprendimientos de rocas, lo que incrementa la exigencia postural. Flexiones o torsiones del tronco al cargar/descargar explosivos en vehículos o barrenos de perforación. Caminar en pendientes pronunciadas o superficies inestables mientras se transportan cargas. Falta de formación en técnicas seguras de manipulación. Ausencia de ayudas mecánicas para desplazar cargas voluminosas.

Bajo este contexto, la presente investigación tiene como objetivo, realizar una evaluación ergonómica en la manipulación manual de explosivos de la mina Mirador donde se ha evidenciado la presencia de TME en el personal de voladura. Para lo cual, se analiza la sintomatología musculoesquelética de los artilleros mediante la aplicación del cuestionario Nórdico de Kuorinka. Asimismo, se determina el nivel de riesgo ergonómico asociado con la actividad aplicando los métodos REBA para evaluar posturas forzadas y GINSHT para el manejo de cargas, todo con el propósito de establecer estrategias de prevención para TME en el personal de voladura.

2. Materiales y métodos

Área de estudio

El Estado Ecuatoriano, el 5 de marzo del 2012, a través del Ministerio de Recursos Naturales No Renovables suscribe en la ciudad de Quito, el primer contrato de explotación minera a gran escala con la empresa Ecuacorriente S.A. (ECSA), que permite la explotación y extracción de cobre, principalmente, a través de la técnica a cielo abierto. La mina "Mirador" está ubicada al sur de Ecuador en la Cordillera del Cóndor, específicamente en la provincia de Zamora Chinchipe, en el cantón El Panguí, parroquia de Tundayme.

Métodos

2.1 Análisis de la sintomatología musculoesquelética

En la primera etapa de investigación se analizó la sintomatología musculoesquelética de los artilleros de la mina Mirador, con relación a la manipulación manual de explosivos. Para lo cual se aplicó el cuestionario Nórdico de Kuorinka a 70 personas del área de voladura, quienes cuentan con una experiencia mayor a 1 año en su labor. Las jornadas de trabajo son de 22/8, entendiendo que trabajan 22 días consecutivos (laboran en promedio 10 horas al día) y descansan 8 días consecutivos.

Cuestionario Nórdico de Kuorinka

El Cuestionario Nórdico de Kuorinka es una herramienta estandarizada utilizada para detectar y analizar síntomas musculoesqueléticos, especialmente útil en estudios ergonómicos y de salud ocupacional, como en la manipulación manual de explosivos en minas a cielo abierto. Su estructura está diseñada para identificar la presencia, localización, duración e impacto funcional de los TME en distintas regiones del cuerpo. El cuestionario consta de tres partes principales, en la primera sección se evalúa la presencia de síntomas musculoesqueléticos por regiones anatómicas. El instrumento analiza nueve regiones corporales, incluyendo cuello, hombros, codos, muñecas/manos, parte dorsal, parte lumbar, caderas/muslos, rodillas y tobillos/pies. Para cada región, se pregunta de forma dicotómica (sí/no) si el trabajador ha tenido molestias (dolor, fatiga o discomfort) en los últimos 12 meses y en los últimos 7 días. Incluye un mapa corporal ilustrado en la Figura 1 para facilitar la identificación de las zonas afectadas. [8]

En la segunda sección del cuestionario, se lleva a cabo la valoración de la severidad de los síntomas. Si un artillero indica que ha sufrido algún dolor o incomodidad en alguna región corporal, se le solicita que evalúe la gravedad de esos síntomas en una escala del 0 al 5, donde 0 significa "sin molestia" y 5 indica "molestias muy fuertes".

La tercera sección del cuestionario recoge información sobre la causa principal a la que atribuye la severidad de los síntomas identificados. Para ello, se consideran las siguientes opciones: Posturas forzadas (Trabajar en posiciones incómodas o mantener la misma postura durante largos períodos). Esfuerzo físico (Realizar tareas que requieren fuerza o levantar objetos pesados sin la adecuada técnica puede provocar lesiones en la espalda, cuello y otras áreas.) Manipulación de cargas (Levantar, mover o transportar objetos pesados). Movimientos repetitivos (Realizar los mismos movimientos de forma repetitiva). Y otras causas.

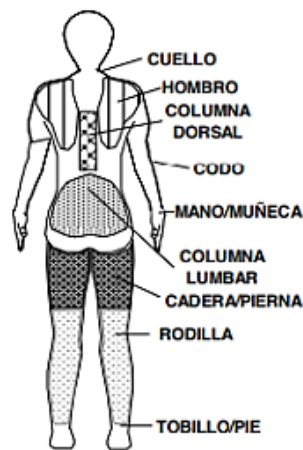


Figura 1. Regiones corporales contempladas en el cuestionario Nórdico de Kuorinka.(8).

2.2 Evaluación ergonómica

En la segunda etapa de la investigación se realizó la evaluación ergonómica mediante los métodos REBA y GINSHT con la finalidad de identificar, cuantificar y controlar los riesgos de lesiones musculoesqueléticas derivados de posturas inadecuadas y esfuerzos físicos excesivos.

El método REBA (Rapid Entire Body Assessment) permite analizar las posturas adoptadas por los trabajadores al manipular cargas, valorando el grado de exposición al riesgo de sufrir accidentes o enfermedades laborales por posturas inadecuadas y esfuerzos repetitivos. Esto es especialmente relevante en la minería, donde las condiciones del terreno y la naturaleza de los explosivos pueden obligar a posturas forzadas y manipulación de cargas en situaciones no ideales.

El método GINSHT, basado en la Guía Técnica del INSST, evalúa si las condiciones de manipulación cumplen con la legislación vigente y los estándares internacionales, estableciendo si el nivel de riesgo es tolerable o no tolerable. Esto facilita la toma de decisiones para implementar medidas preventivas y correctivas.

Ambos métodos ayudan a determinar el nivel de riesgo de aparición de trastornos musculoesqueléticos, especialmente en la espalda, cuello y extremidades, que son frecuentes en tareas de manipulación manual de explosivos.

Método REBA

El método REBA (Rapid Entire Body Assessment) se aplica para evaluar de forma rápida y sistemática el riesgo ergonómico asociado a posturas forzadas o mantenidas durante la realización de una tarea, considerando todo el cuerpo. Su objetivo es identificar la probabilidad de aparición de trastornos musculoesqueléticos (TME) y determinar la urgencia de intervención para corregir dichas posturas. Para la aplicación del método REBA se observa al artillero durante la manipulación manual de explosivos para identificar las posturas que implican mayor carga postural, ya sea por su duración, frecuencia o desviación respecto a la posición neutra. En minería a cielo abierto, esto puede incluir posturas al levantar, transportar o colocar explosivos en terrenos irregulares o en condiciones ambientales adversas. Se seleccionan las posturas más representativas y de mayor riesgo para ser evaluadas individualmente, ya que REBA analiza posturas individuales y no secuencias completas. El cuerpo se divide en segmentos: muñecas, antebrazos, codos, hombros, cuello, tronco y piernas. Cada segmento se codifica según el ángulo de flexión, extensión o rotación observado durante la tarea. También se considera el tipo de agarre de la carga (explosivos o

accesorios). Se añaden puntuaciones por la fuerza ejercida, la repetitividad del movimiento, la duración de posturas estáticas (por ejemplo, mantener una postura más de un minuto) y cambios bruscos o inestables en la postura. Se combinan las puntuaciones de los segmentos corporales y los factores adicionales mediante tablas específicas para obtener un valor final entre 1 y 15, que indica el nivel de riesgo ergonómico. [9]

En la Figura 3 se ilustra el proceso de obtención del Nivel de Actuación en el método REBA.

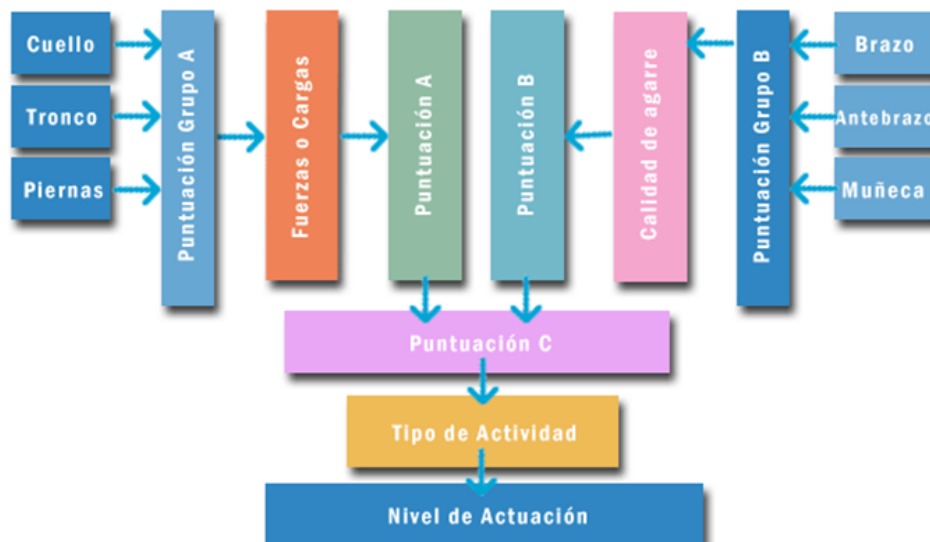


Figura 2. Método REBA. (9)

La puntuación del Grupo A se obtiene a partir de las puntuaciones de cada uno de los miembros que lo componen (tronco, cuello y piernas). Por ello, como paso previo a la obtención de la puntuación del grupo hay que obtener las puntuaciones de cada miembro. La puntuación del Grupo B se obtiene a partir de las puntuaciones de cada uno de los miembros que lo componen (brazo, antebrazo y muñeca). Así pues, como paso previo a la obtención de la puntuación del grupo hay que obtener las puntuaciones de cada miembro. Las puntuaciones globales de los Grupos A y B consideran la postura del trabajador. A continuación se valorarán las fuerzas ejercidas durante su adopción para modificar la puntuación del Grupo A, y el tipo de agarre de objetos para modificar la puntuación del Grupo B. Obtenida la puntuación final, se proponen diferentes niveles de actuación sobre el puesto. El valor de la puntuación obtenida será mayor cuanto mayor sea el riesgo para el trabajador; el valor 1 indica un riesgo inapreciable mientras que el valor máximo, 15, indica riesgo muy elevado por lo que se debería actuar de inmediato. [9]

Tabla 1. Niveles de actuación, Método REBA (9)

Puntuación	Nivel	Riesgo	Actuación
1	0	Inapreciable	No es necesaria actuación
2 o 3	1	Bajo	Puede ser necesaria la actuación.
4 a 7	2	Medio	Es necesaria la actuación.
8 a 10	3	Alto	Es necesaria la actuación cuanto antes.
11 a 15	4	Muy alto	Es necesaria la actuación de inmediato

Método GINSHT

El método GINSHT es una herramienta desarrollada por el Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST, España) para evaluar y prevenir los riesgos ergonómicos derivados de

la manipulación manual de cargas, especialmente enfocado en prevenir trastornos musculoesqueléticos en la zona dorso-lumbar. En resumen el método consiste en:

- Recopilar datos sobre la tarea y el trabajador.
- Calcular el Peso Teórico Recomendado.
- Ajustar a Peso Aceptable según condiciones reales.
- Comparar con el peso real de la carga.
- Analizar factores adicionales de riesgo.
- Proponer y aplicar medidas correctivas.
- Reevaluar tras las mejoras.

Peso teórico

El peso teórico en el método GINSHT es el peso máximo recomendado que se puede manipular en condiciones ideales, considerando exclusivamente la posición de la carga respecto al cuerpo del trabajador. Este valor es el punto de partida para calcular el peso aceptable, que luego se ajusta según las condiciones reales de la tarea. El Peso Teórico depende de dos valores:

- La Altura o Distancia Vertical a la que se maneja la carga: distancia desde el suelo al punto en que las manos sujetan el objeto.
- La Separación con respecto al cuerpo o Distancia Horizontal de la carga al cuerpo.

La Figura 3 permite determinar el valor del Peso Teórico conocida la zona de manipulación de la carga.



Figura 3. Peso Teórico en función de la zona de manipulación. (9)

Peso aceptable

Una vez calculado el Peso Teórico éste debe corregirse en función de la desviación de las condiciones de la manipulación de carga evaluada respecto a una en condiciones ideales. Para ello se calculará el Peso Aceptable mediante la siguiente fórmula.

$$\text{PESO ACEPTABLE} = \text{PESO TEÓRICO} * \text{FP} * \text{FD} * \text{FG} * \text{FA} * \text{FF}$$

Cada factor identifica una característica propia de la manipulación manual de cargas que puede afectar al riesgo ergonómico. FP es el Factor de Población Protegida, FD es el Factor de Distancia Vertical, FG es el Factor de Giro, FA el Factor de Agarre y FF el Factor de Frecuencia. Los valores que toman los factores varían entre 0 y 1 en función del grado de desviación

respecto a las condiciones optimas. Así pues, en condiciones de manipulación óptimas todos los factores toman el valor 1 y el Peso Aceptable es igual al Peso Teórico. En las siguientes tablas se muestra cómo calcular cada uno de los factores de corrección [9].

Tabla 2. Factor de Corrección de Población Protegida. (9)

Nivel de Protección	% de población protegida	Factor de corrección
General	85%	1
Mayor Protección	95%	0.6
Trabajadores entrenados	Sólo trabajadores con capacidades especiales	1.6

Tabla 3. Factor de Corrección de Desplazamiento Vertical de la Carga. (9)

Desplazamiento vertical de la carga	Factor de corrección
Hasta 25 cm.	1
Hasta 50 cm.	0.91
Hasta 100 cm.	0.87
Hasta 175 cm.	0.84
Más de 175 cm.	0

Tabla 4. Factor de Giro (9)

Giro del Tronco	Factor de corrección
Sin giro	1
Poco girado (hasta 30°)	0.9
Girado (hasta 60°)	0.8
Muy girado (90°)	0.7

Tabla 5. Factor de Agarre (9)

Tipo de agarre	Factor de corrección
Agarre bueno	1
Agarre regular	0.95
Agarre malo	0.9

Tabla 6. Factor de frecuencia (9)

Frecuencia de manipulación	Menos de 1 hora al día	Entre 1 y 2 horas al día	Entre 2 y 8 horas al día
1 vez cada 5 minutos	1	0.95	0.85
1 vez por minuto	0.94	0.88	0.75
4 veces por minuto	0.84	0.72	0.45
9 veces por minuto	0.52	0.30	0.00
12 veces por minuto	0.37	0.00	0.00
Más de 15 veces por minuto	0.00	0.00	0.00

Para determinar el nivel de riesgo se compara el Peso Real de la carga manipulada por el trabajador con el Peso Aceptable obtenido. Empleando la Tabla 7 se determinará el nivel de riesgo:

Tabla 7. Riesgos en función del Peso Real de la carga y del Peso Aceptable (9)

Peso Real vs. Peso Aceptable	Riesgo	Medidas Correctivas
Peso Real $\leq$ Peso Aceptable	Tolerable	No son necesarias *
Peso Real $>$ Peso Aceptable	No tolerable	Son necesarias

Además del peso de la carga desplazada en cada manipulación, debe considerarse el peso total de la carga manipulada diariamente y la distancia recorrida con la carga. Aunque el peso real de la carga no supere al Peso aceptable (Riesgo tolerable), el transporte excesivo puede modificar dicho resultado si se incumplen los límites recomendados.

El Peso Total Transportado Diariamente (PTTD) se define como los kilos totales que transporta el trabajador diariamente, o lo que es lo mismo, durante la duración total de la manipulación manual de cargas (descontados los descansos).

$$\text{PTTD} = \text{Peso Real} * \text{Frecuencia de manipulación} * \text{Duración total de la tarea}$$

Comparando el Peso Total Transportado Diariamente con los valores de la Tabla 8 es posible que se den las cuatro situaciones definidas en la Tabla 9:

Tabla 8. Límites de carga transportada diariamente en un turno de 8 horas en función de la distancia de transporte. (9)

Distancia de transporte	Kilos/día transportados (máximos recomendados)
Hasta 10 metros	10.000 Kg.
Más de 10 metros	6.000 Kg.

Tabla 9. Límites de carga transportada diariamente en un turno de 8 horas en función de la distancia de transporte. (9)

Distancia de transporte	Kilos/día transportados (máximos recomendados)	Riesgo
Hasta 10 metros	PTTD $\leq$ 10.000 Kg.	Tolerable
	PTTD $>$ 10.000 Kg.	No Tolerable
Más de 10 metros	PTTD $\leq$ 6.000 Kg.	Tolerable
	PTTD $>$ 6.000 Kg.	No Tolerable

3. Resultados

3.1 Resultados Cuestionario Nórdico de Kuorinka

La figura 4 muestra los resultados de 70 artilleros sobre la presencia de molestias musculoesqueléticas en el área de voladura.

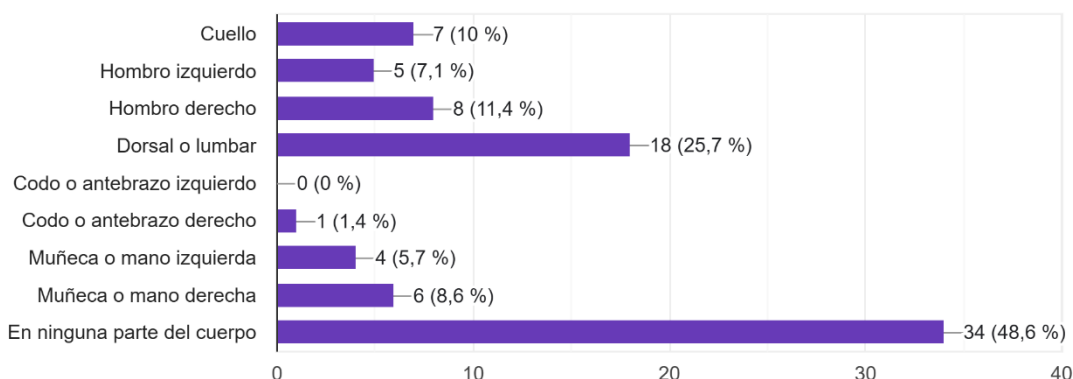


Figura 4. Resultados del Cuestionario de Kuorinka en el personal de voladura, Mina Mirador.

El 51,4% de los trabajadores (36 personas) reportó haber sentido molestias en alguna parte de su cuerpo, mientras que el 48,6% (34 personas) indicó no haber tenido molestias, lo que evidencia que más de la mitad de la muestra presenta síntomas musculoesqueléticos. La región dorsal o lumbar es la más afectada, con un 25,7% de los encuestados (18 personas) reportando molestias en esta zona. Esto es consistente con la literatura, ya que la manipulación manual de cargas, común en el área de voladura, suele generar sobrecarga en la zona lumbar. Las siguientes zonas con mayor frecuencia de molestias son el hombro derecho (11,4%), el cuello (10%), la muñeca o mano derecha (8,6%) y el hombro izquierdo (7,1%). Las molestias en extremidades superiores pueden estar asociadas a posturas forzadas y movimientos repetitivos durante el manejo de explosivos y accesorios. Las molestias en codo o antebrazo son mínimas o inexistentes (1,4% en el derecho y 0% en el izquierdo), lo que indica que estas áreas no son las más comprometidas en este tipo de actividad.

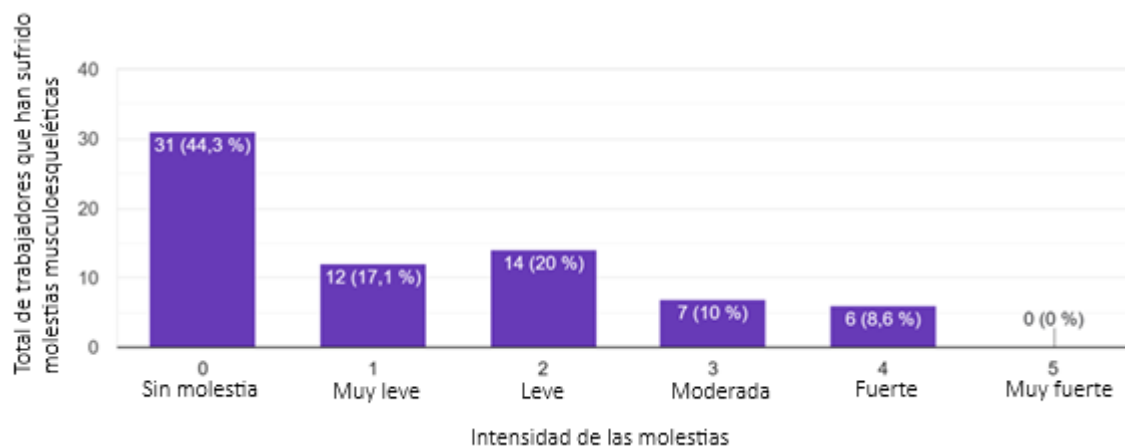


Figura 5. Intensidad de las molestias musculoesqueléticas en el personal de voladura, Mina Mirador.

El análisis sobre la intensidad de molestias musculoesqueléticas en el área de voladura revela que: El 44,3% de los trabajadores (31 personas) no ha experimentado molestias (calificación 0), lo que indica que casi la mitad de la muestra no presenta síntomas. En síntesis, el 55,7% del personal evaluado manifestó algún grado de molestia musculoesquelética, siendo las categorías “leve” y “muy leve” las más frecuentes dentro de este grupo. Un 18,6% de los trabajadores (sumando las categorías “moderada” y “fuerte”) experimentaron molestias de mayor intensidad, lo que indica la presencia de riesgos ergonómicos significativos que requieren atención y medidas preventivas.

específicas para mejorar la salud y el bienestar del personal de voladura. Ningún artillero reportó molestias muy fuertes (nivel 5).

Esto significa que, aunque una parte significativa de los trabajadores no presenta molestias, más de la mitad sí experimenta algún grado de síntoma musculoesquelético, predominando las molestias leves y moderadas. Es relevante que no se reportan casos de molestias muy fuertes, lo que sugiere que, si bien existen síntomas, estos no alcanzan niveles críticos en la mayoría de los casos.

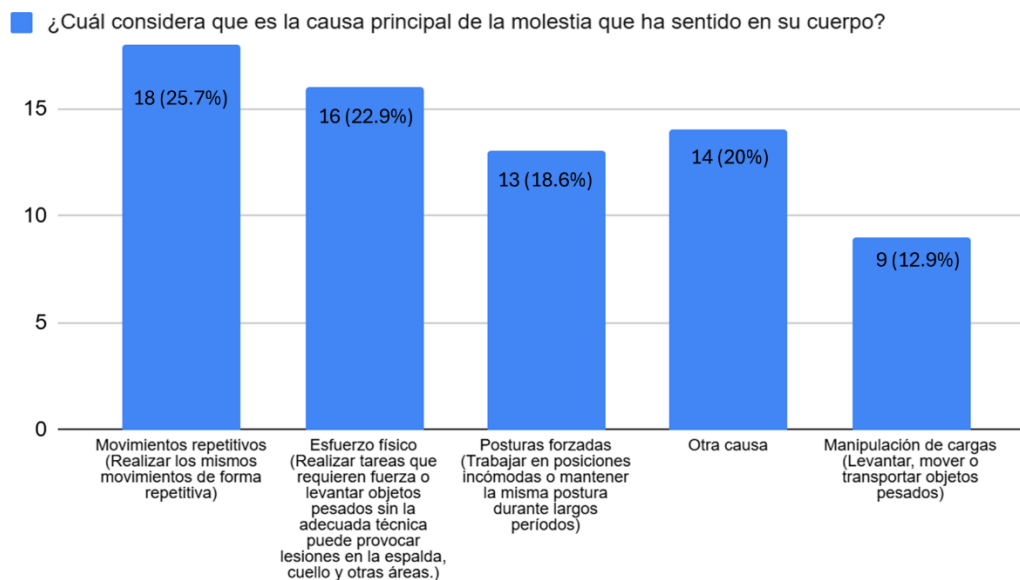


Figura 6. Causas de los TME en el personal de voladura, Mina Mirador

En base a la figura 6, se determina que las causas de los síntomas musculoesqueléticos en la manipulación manual de explosivos son multifactoriales, pero predominan los movimientos repetitivos (25,7%) y el esfuerzo físico (22,9%) como los principales factores identificados por los trabajadores. Les siguen otras causas (20%), posturas forzadas (18,6%) y, en menor medida, la manipulación de cargas (12,9%). Esto indica que, aunque la manipulación de cargas es relevante, la mayor parte de las molestias se relaciona con la repetición de movimientos y la exigencia física de las tareas, lo que resalta la importancia de intervenciones ergonómicas enfocadas en la reducción de movimientos repetitivos y el control de la carga física general. Además, la presencia significativa de "otras causas" sugiere que existen factores adicionales que deben ser investigados para un abordaje integral de la prevención de trastornos musculoesqueléticos en el área de voladura.

En las figuras 7, 8 y 9 se registraron las posturas que los artilleros adoptan al realizar actividades como manipulación de cargas, carguío del explosivo en el interior del barreno y retacado. Lo que permitió evaluar el nivel de riesgo ergonómico presente en las mismas.



Figura 7. Postura del trabajador durante la manipulación manual de cargas en mina a cielo abierto.



Figura 8. Postura del trabajador durante el carguío de explosivos en el interior del barreno.

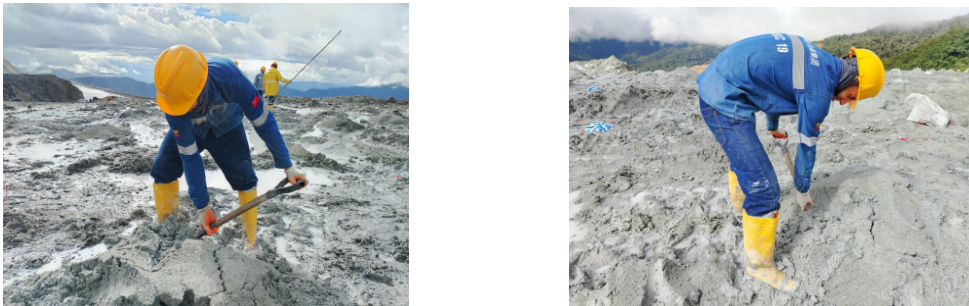


Figura 9. Postura del trabajador durante el retacado de barrenos.

3.2 Evaluación de la carga postural por el método REBA

En las figuras 10 y 11 se detallan los resultados obtenidos en la evaluación ergonómica por el método REBA en las actividades de carguío de explosivos y retacado de barrenos. Ambas tareas presentan un riesgo ergonómico muy alto, lo que sugiere la necesidad de intervención inmediata.

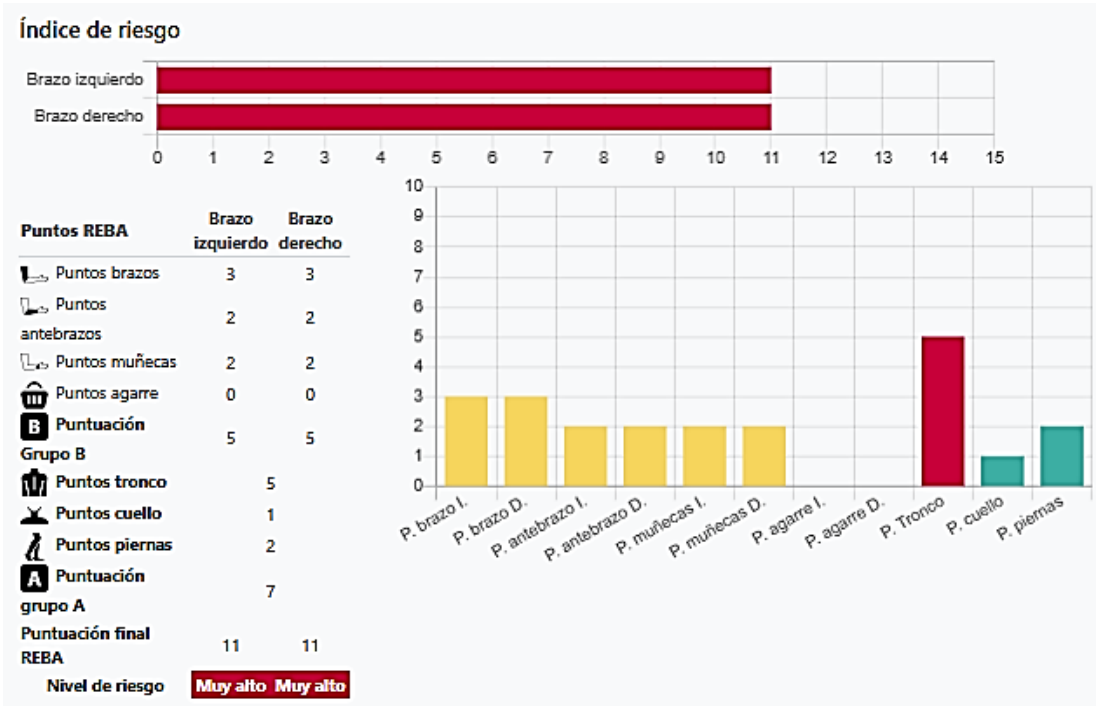


Figura 10. Resultado evaluación REBA. Carguío de explosivos

La evaluación REBA evidencia que la actividad de carguío de explosivos en la mina Mirador implica un nivel de riesgo muy alto, principalmente por la sobrecarga y posturas forzadas. Según la figura 10, la zona del cuerpo que presenta mayor nivel de afectación es el tronco, con la puntuación más elevada, seguido por los brazos y antebrazos. Esto indica que la postura y los movimientos del tronco durante la actividad de carguío de explosivos representan el mayor riesgo ergonómico para los trabajadores. Es fundamental implementar medidas correctivas inmediatas para reducir la exposición a estos riesgos y proteger la salud musculoesquelética del personal.

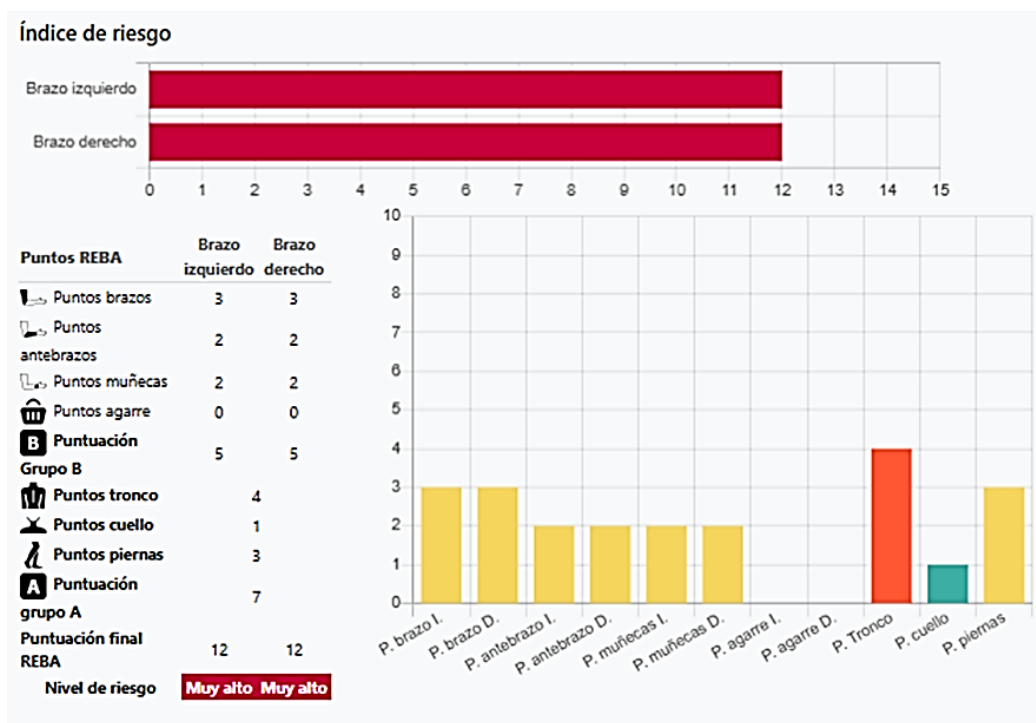


Figura 11. Resultado evaluación REBA. Retacado de barrenos

El retacado de explosivos obtiene una puntuación REBA ligeramente superior (12) respecto al carguío (11), indicando que esta actividad representa un riesgo aún mayor para los trabajadores. Las puntuaciones de brazos, antebrazos y muñecas son iguales en ambas tareas, lo que indica una postura repetitiva y sostenida del tren superior durante ambas fases. En el retacado, se observa un incremento en la puntuación de piernas (3) comparado con el carguío (2), lo cual sugiere una postura más forzada o menos estable. La puntuación del tronco en el carguío es más alta (5) que en el retacado (4), posiblemente por flexiones más pronunciadas o prolongadas. En ambos casos, el cuello y el agarre tienen valores similares, lo que podría indicar movimientos moderados del cuello y una actividad que no requiere fuerza significativa de agarre.

3.3 Evaluación de la manipulación de cargas por el método GINSHT

Datos de las mediciones:

	Peso teórico	13 kg
	Peso del objeto manipulado	27 kg
	Población	General (85%)

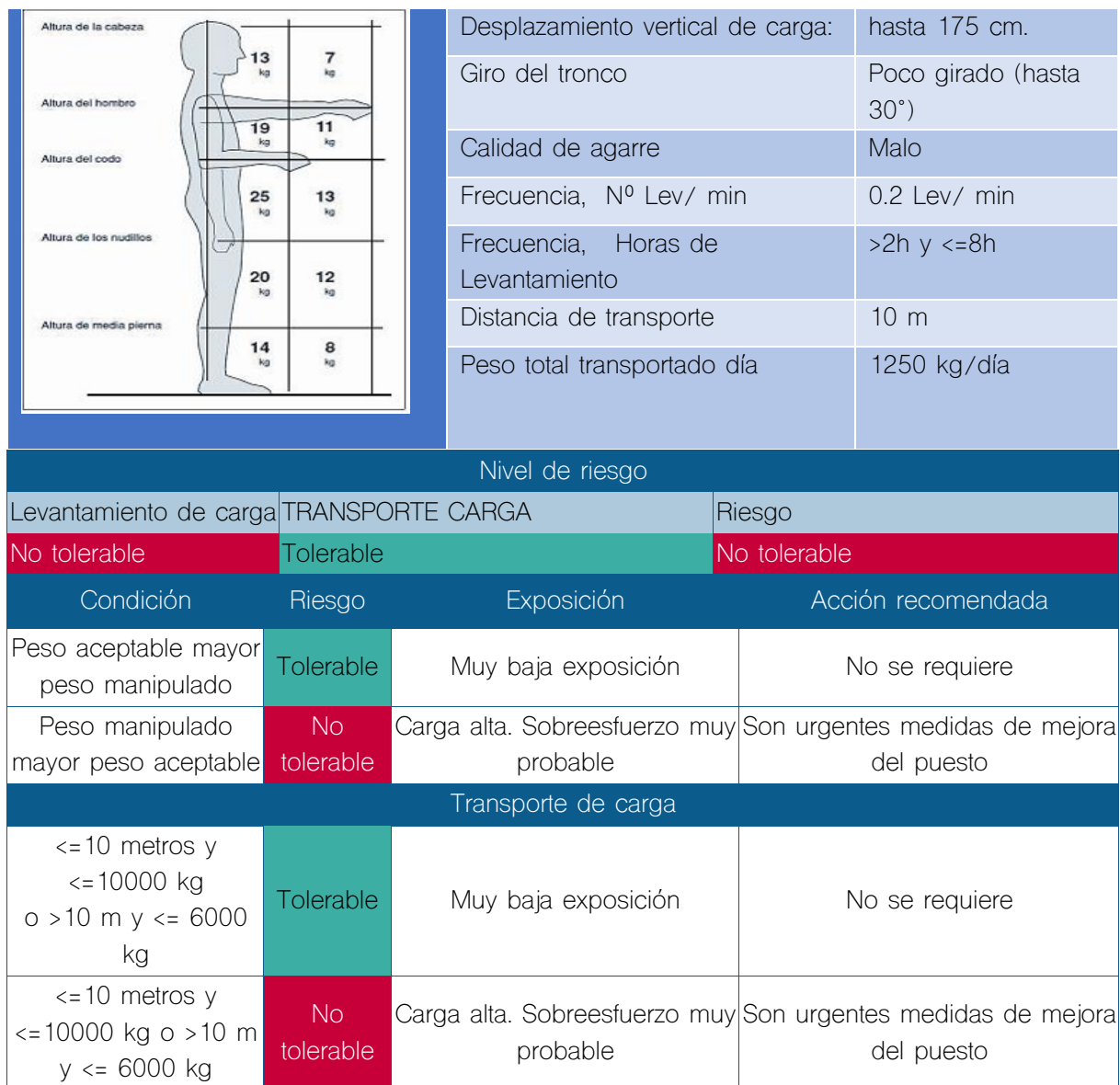


Figura 12. Resultado evaluación método GINSHT.

Según la figura 12, la evaluación ergonómica mediante el método GINSHT para la actividad de manipulación manual de explosivos arrojó los siguientes resultados: Peso teórico aceptable: 13 kg. Peso real del objeto manipulado: 27 kg. Peso aceptable mayor: 13 kg (según la tabla y factores de corrección). El peso real manipulado (27 kg) es más del doble del peso teórico aceptable (13 kg), lo que automáticamente clasifica la tarea como de riesgo no tolerable.

Los factores de corrección muestran valores por debajo de 1.0 en todas las categorías evaluadas, siendo el desplazamiento vertical el factor más crítico (0.84), seguido por la frecuencia de manipulación (0.85). Esto sugiere que las posturas adoptadas durante el manejo de explosivos y la repetitividad de las tareas están generando sobrecarga ergonómica. Los factores de corrección que afectan el peso aceptable incluyen. Desplazamiento vertical de carga: Hasta 175 cm (afecta la biomecánica y el esfuerzo requerido). Giro del tronco: Poco girado (hasta 30°), lo que minimiza pero no elimina el riesgo. Calidad de agarre: Malo, lo que incrementa el riesgo de lesiones. Frecuencia de levantamiento: 0.2 levantamientos/minuto, durante más de 2 horas y menos de 8 horas diarias. Distancia de transporte: 10 metros. Peso total transportado por día: 1250 kg. Estos factores

disminuyen el peso aceptable y aumentan el nivel de riesgo debido a la exposición prolongada, la mala calidad del agarre y el peso excesivo.

El riesgo no tolerable significa que la exposición a la carga y las condiciones actuales de trabajo superan ampliamente los límites aceptables para la salud y seguridad del trabajador. En este caso, existe una alta probabilidad de sobreesfuerzo y lesiones musculoesqueléticas, por lo que es imprescindible intervenir de inmediato.

4. Discusión

Los resultados muestran una alta prevalencia de molestias musculoesqueléticas, especialmente en la región dorsal o lumbar, así como en hombros, cuello y extremidades superiores. Esto coincide con estudios previos en minería, como el realizado en Lloclapampa (Jauja, 2021), donde se identificaron niveles críticos de riesgo ergonómico derivados de posturas forzadas del tronco, particularmente en áreas de perforación y voladura. La prevalencia de síntomas en la zona lumbar se explica por la exigencia física de manipular cargas pesadas (explosivos) en terrenos irregulares y condiciones ambientales adversas, factores que incrementan la carga biomecánica sobre la columna vertebral.

Además, la identificación de movimientos repetitivos y esfuerzos físicos como causas principales de los síntomas musculoesqueléticos en el área de voladura concuerda con investigaciones que señalan que la repetitividad y las posturas forzadas son factores determinantes en el desarrollo de trastornos musculoesqueléticos (TME). La manipulación manual de explosivos implica no solo carga física sino también posturas estáticas prolongadas y torsiones del tronco, lo que aumenta el riesgo de lesiones.

Desde la hipótesis de trabajo planteada, que establece que la manipulación manual de cargas y condiciones ergonómicas deficientes contribuyen a la aparición de síntomas musculoesqueléticos, los resultados confirman esta relación. La alta incidencia de molestias en zonas críticas sugiere que las condiciones laborales actuales no están adecuadamente diseñadas para minimizar los riesgos ergonómicos.

En un contexto más amplio, estos hallazgos resaltan la importancia de implementar evaluaciones ergonómicas sistemáticas, como las realizadas con métodos REBA y GINSHT, para identificar y cuantificar riesgos y orientar intervenciones específicas.

Las tareas asociadas a la voladura en minería a cielo abierto involucran posturas exigentes que comprometen el bienestar físico del trabajador. El REBA permite identificar de manera sistemática las zonas del cuerpo que están sometidas a mayor carga postural y esfuerzo. En este caso, tanto el carguío como el retacado se desarrollan en espacios reducidos y en posiciones que no permiten una ergonomía adecuada. La falta de apoyo para el tronco, el uso constante del tren superior y las posturas mantenidas de cuclillas o inclinación son factores de riesgo clave.

La evaluación GINSHT proporciona evidencia objetiva para justificar inversiones en mejoras ergonómicas y cambios en los procedimientos operativos, contribuyendo a la prevención de trastornos musculoesqueléticos en una actividad crítica para la seguridad minera. Los hallazgos coinciden con estudios previos en minería que han identificado la manipulación manual de explosivos como una actividad de alto riesgo ergonómico. La reducción del peso aceptable a 7.52

kg refleja las condiciones adversas típicas de las minas a cielo abierto, donde los trabajadores deben manipular cargas en terrenos irregulares, con posturas forzadas y movimientos repetitivos. El factor de desplazamiento vertical (0.84) sugiere que la manipulación ocurre a alturas no óptimas, probablemente relacionada con la colocación de explosivos en pozos de perforación o en diferentes niveles del banco. El factor de frecuencia (0.85) indica que la repetitividad de las tareas está contribuyendo significativamente al riesgo ergonómico. Estos resultados refuerzan la necesidad de implementar ayudas mecánicas y capacitar al personal en técnicas seguras de manipulación. Las medidas correctivas deben enfocarse en reducir el peso de las cargas individuales, mejorar las posturas de trabajo y disminuir la frecuencia de manipulación mediante la introducción de equipos auxiliares como carros transportadores o sistemas de elevación.

Para futuras investigaciones, es recomendable profundizar en la evaluación de factores psicosociales y organizacionales que puedan influir en la percepción y desarrollo de síntomas musculoesqueléticos, así como explorar la eficacia de intervenciones ergonómicas específicas en el área de voladura. También sería valioso realizar estudios longitudinales para evaluar la evolución de los síntomas y la efectividad de las medidas preventivas implementadas.

5. Conclusión

El análisis de la sintomatología musculoesquelética en trabajadores del área de voladura de la mina Mirador, revela una prevalencia significativa de molestias en regiones clave como la zona dorsal o lumbar, hombros, cuello y extremidades superiores. Las preguntas relacionadas con la presencia de dolor o incomodidad en los últimos 12 meses y en la última semana evidencian que más de la mitad de los trabajadores experimentan síntomas musculoesqueléticos, principalmente en la zona lumbar, que es la más afectada. Además, se detecta que estas molestias impactan en la capacidad funcional, limitando la realización de tareas habituales y requiriendo en algunos casos atención médica o cambios en el puesto de trabajo. La sintomatología está estrechamente vinculada a las condiciones laborales propias del manejo manual de explosivos, que implica posturas forzadas, movimientos repetitivos y manipulación de cargas en terrenos irregulares, factores que incrementan la sobrecarga biomecánica y favorecen la aparición de trastornos musculoesqueléticos.

La evaluación ergonómica realizada mediante los métodos REBA y GINSHT en las actividades de voladura permite identificar niveles críticos de riesgo ergonómico, especialmente en la tarea de carguío de explosivos y retacado de barrenos. El método REBA señala puntuaciones elevadas que indican posturas forzadas extremas y riesgo muy alto. Por su parte, el método GINSHT calcula un peso aceptable de manipulación considerablemente inferior al peso teórico, con factores de corrección que reflejan condiciones adversas como desplazamiento vertical, giro y frecuencia elevada. La clasificación de riesgo no tolerable confirma que las condiciones reales de trabajo superan los límites ergonómicos seguros, exponiendo a los trabajadores a un alto riesgo de lesiones musculoesqueléticas, especialmente en la zona dorsolumbar.

En base a los resultados obtenidos, se recomienda implementar un conjunto integral de medidas preventivas para mitigar los riesgos ergonómicos en el área de voladura. Para la actividad de carguío de explosivos, se sugiere la introducción de ayudas mecánicas, como sistemas de transporte que reduzcan la necesidad de posturas forzadas y la manipulación manual de cargas pesadas. La capacitación continua en técnicas ergonómicas y de manipulación segura es fundamental para disminuir la incidencia de movimientos repetitivos y posturas inadecuadas. Además, la rotación de tareas y pausas activas contribuirán a reducir la fatiga muscular y prevenir trastornos acumulativos. En el retacado, aunque el riesgo es menor, se recomienda mejorar las técnicas de trabajo y

proporcionar herramientas ergonómicas para minimizar esfuerzos. Finalmente, se debe establecer un programa de vigilancia de la salud musculoesquelética y promover un ambiente organizacional que priorice la ergonomía como parte integral de la seguridad laboral en minería a cielo abierto.

Contribución de autores: Los autores participaron en todos los apartados del documento.

Financiamiento: Los autores financiaron a integridad el estudio.

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

Referencias

- 1 Avila Angulo, E., Peppla Marquez, J. G., Rivera Taboada, J. A., Avila Angulo, E., Peppla Marquez, J. G., & Rivera Taboada, J. A. (2023a). Prevalencia de los trastornos musculoesqueléticos asociados con el trabajo de cargos administrativos: un estudio transversal. *Revista Investigación y Negocios*, 16(28), 5–13. <https://doi.org/10.38147/INVNEG.V16I28.230>
- 2 Condori Condori, R. R. (2024). Riesgo ergonómico y la percepción de los trabajadores para mitigar los incidentes de la Empresa Minera Jharis Arequipa 2023. Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez. <https://repositorio.uancv.edu.pe/handle/UANCV/2072>
- 3 Evaluación de los riesgo ergonómicos aplicando el método REBA en los puestos de trabajo de la empresa especializada GMI en la Unidad Minera Americana – 2024. (2024). <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/12076>
- 4 Nieto, D. (2023). Evaluación ergonómica de los trabajadores mineros aplicando el método de Owas en el distrito de Llocllapampa, Jauja 2021. https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/14152/2/IV_FIN_107_TE_Nieto_Munoz_2023.pdf
- 5 Norma Técnica en Seguridad e Higiene del Trabajo (2024). https://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/2024/11/Anexo-3_Norma-Tecnica-de-Seguridad-e-Higiene-del-Trabajo-signed-signed-signed-signed.pdf
- 6 Nuñez, R., & Aderlin, B. (2024). Evaluación de los riesgo ergonómicos aplicando el método REBA en los puestos de trabajo de la empresa especializada GMI en la Unidad Minera Americana – 2024. <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/12076>
- 7 Villacrés, M., Noroña, D., & Leiton, A. (2024). Prevalencia de enfermedades profesionales en Ecuador durante el periodo 2017–2023. https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S3020-11602024000300006
- 8 Kuorinka I, Jonsson B, Kilbom A, Vinterberg H, Biering-Sorensen F, Andersson G, et al. Standardised Nordic questionnaires for the analysis of musculoskeletal symptoms [Internet]. 1987. Disponible en: <http://www.ergonomia.cl/CuestionarioNórdico>
- 9 Diego-Mas, Jose Antonio. Evaluación postural mediante el método REBA. Ergonautas, Universidad Politécnica de Valencia, 2015. [consulta21-06-2025]. Disponible online: <https://www.ergonautas.upv.es/metodos/reba/reba-ayuda.php>



© 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

Análisis de sustentabilidad del cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) en la parroquia Colonche y mapeo de las fincas cacaoteras en Santa Elena, Ecuador.

Jimmy Borbor Méndez ^{1*}  Lenni Rmirez Flores ¹  Andrés Drouet-Candell ²  Verónica Cristina Andrade Yucailla ¹ 

¹ Instituto de Postgrado, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Estatal Península de Santa Elena, EC240350, Ecuador

² Instituto de Postgrado, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Estatal Península de Santa Elena, EC240350, Ecuador.

✉ Correspondencia: murdocjimmyborbor@live.com  +593 98 275 2416

DOI/URL: <https://doi.org/10.53313/gwj82222>

Resumen: El presente estudio se centró en evaluar la sostenibilidad de las fincas productoras de cacao (*Theobroma cacao* L.) en la parroquia Colonche, provincia de Santa Elena, Ecuador, mediante una metodología mixta que incluyó encuestas a 139 productores. Los resultados revelaron una marcada predominancia masculina y una concentración de productores en rangos de edad avanzada, lo que sugiere un posible desafío para el relevo generacional. La actividad cacaotera se concentra principalmente en las comunidades de Dos Mangas y Cerezal Bellavista corroborando con el mapeo hecho en la aplicación Argis. El nivel educativo predominante es la primaria, lo que implica la necesidad de adaptar las estrategias de capacitación. Se identificó una heterogeneidad en el tamaño de las fincas, con una mayoría de pequeñas unidades productivas, y una diversidad de clones cultivados, siendo CCN51 y Nacional los más comunes. El estado de las vías de acceso representa una limitación para un número significativo de productores. Si bien la mayoría recibe capacitación agropecuaria, existe una baja participación en asociaciones y una ausencia de un mercado de concentración para la venta, lo que dificulta la comercialización. Las prácticas de manejo de plagas y riego son variadas, reflejando diferentes enfoques hacia la sostenibilidad. La distribución de siembras a lo largo de los años muestra picos de actividad en 2014 y 2016.

Palabras clave: Sustentabilidad; Cacao; Colonche; Prácticas Agroecológicas; Mapeo

Sustainability analysis of cacao (*Theobroma cacao* L.) cultivation in the colonche parish and mapping of cacao farms in Santa Elena, Ecuador

Abstract: The present study focused on evaluating the sustainability of cacao (*Theobroma cacao* L.) producing farms in the Colonche Parish, Santa Elena Province, Ecuador, through a mixed methodology that



Cita: Borbor Méndez, J., Rmirez Flores, L., & Drouet-Candell, A. (2025). Análisis de sustentabilidad del cultivo de cacao (*theobroma cacao* L.) en la parroquia Colonche y mapeo de las fincas cacaoteras en Santa Elena, Ecuador. *Green World Journal*, 08(02), 222. <https://doi.org/10.53313/gwj82222>

Received: 25/May/2025

Accepted: 23/June/2025

Published: 24/June/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>

included surveys of 139 producers. The results revealed a marked male predominance and a concentration of producers in older age ranges, suggesting a potential challenge for generational renewal. Cacao activity is mainly concentrated in the communities of Dos Mangas and Cereza Bellavista corroborating with the mapping done in the Argis application.. The predominant educational level is primary school, implying the need to adapt training strategies. Heterogeneity in farm size was identified, with a majority of small production units, and a diversity of cultivated clones, with CCN51 and Nacional being the most common. The condition of access roads represents a limitation for a significant number of producers. While the majority receive agricultural training, there is low participation in associations and an absence of a concentration market for sales, which hinders commercialization. Pest and irrigation management practices are varied, reflecting different approaches to sustainability. The distribution of plantings over the years shows peaks of activity in 2014 and 2016.

Keywords: Sustainability; Cacao; Colonche; Agroecological Practices; Mapping

1. Introducción

La El cacao (*Theobroma cacao* L.) se define como un cultivo tradicional de profunda significancia socioeconómica para las regiones de América Latina y el Caribe (Viteri, 2013) Desde la época colonial, su producción se ha orientado hacia la exportación, tanto como materia prima como en productos elaborados (Guerrero, 2019). En la actualidad, un nicho de mercado especializado valora el cacao por su excepcional calidad organoléptica, abriendo así prometedoras oportunidades comerciales para países latinoamericanos Estas naciones albergan condiciones ambientales y una biodiversidad única, que confieren al cacao características distintivas (Neira, 2020). Ecuador ejemplifica esta situación siendo reconocido a nivel mundial como el principal exportador de cacao fino de aroma (Fuente: ProEcuador, datos actualizados). Con una trayectoria de más de 240 años en la comercialización de cacao en grano (Arvelo, 2017) Ecuador mantiene una posición relevante entre los productores globales, contribuyendo significativamente a su economía nacional (Iñiguez, 2022)

Históricamente, las zonas de mayor productividad de Cacao Nacional se han identificado como “cacao arriba”, abarcando la cuenca del río Guayas y sus tributarios Daule y Babahoyo, donde el eje Palenque–Baba–Vinces–Mocache, centrado en la ciudad de Vinces, concentró notablemente la producción (CFN., 2018). De manera similar, el territorio conocido como “cacao abajo” tuvo en Machala, Balao y Naranjal sus principales centros (Bautista, 2020)

Dentro del cantón Santa Elena se encuentra la extensa parroquia Colonche, caracterizada por un clima semiárido con vegetación desértica tropical, una altitud de 44 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.), una temperatura promedio de 22.9 °C y una humedad relativa del 82% (Quirumbay, 2020)

Las comunidades rurales de la parroquia Colonche se dedican a diversas actividades agrícolas y pecuarias), donde aproximadamente el 60% de los agricultores practica monocultivos, con una limitada implementación de prácticas agroecológicas y un bajo nivel de aplicación en el manejo y conservación del suelo, así como en el control integral de plagas (Viteri, 2013)

La agroecología, como disciplina que analiza los agroecosistemas desde la complejidad de la realidad rural y como movimiento en la búsqueda de la soberanía alimentaria (Suarez, 2022), ofrece un amplio espectro de opciones para los agricultores, promoviendo la sostenibilidad ecológica y la sustentabilidad familiar. Esto se logra mediante agroecosistemas con enfoques ecológicos, menor dependencia de insumos y tecnologías externas, y una gestión adaptada a los tipos de cultivos a producir (Bautista, 2020) basados en mano de obra familiar, equidad de género y mínima dependencia de créditos y subsidios.

Desde una perspectiva agroecológica, el cacao posee un alto valor como proveedor de servicios ecosistémicos aún no plenamente reconocidos; sus plantaciones fomentan la biodiversidad y contribuyen a la conservación de las cuencas hídricas. Adicionalmente, desempeñan un papel crucial en la mitigación de los efectos del calentamiento global y el cambio climático, con una capacidad de almacenamiento de carbono en la biomasa aérea estimada entre 60 y 100 toneladas por hectárea (Baque, 2024)

El presente estudio tiene como objetivo principal evaluar la sostenibilidad de las fincas productoras de cacao (*Theobroma cacao* L.) en la parroquia Colonche de la provincia de Santa Elena, Ecuador. y como objetivo específico realizar un mapeo exhaustivo de las fincas cacaoteras en la parroquia y de la provincia en general. La información recopilada permitirá caracterizar estas unidades productivas, determinar su nivel de sostenibilidad y evaluar la implementación de prácticas adecuadas de manejo de plagas, lo que a su vez facilitará la formulación de estrategias para mejorar los agroecosistemas e incrementar su productividad. Entonces analizando el objetivo surge la siguiente pregunta ¿Cuál es el nivel de sustentabilidad de las fincas productoras de cacao en la parroquia Colonche, provincia de Santa Elena?

El problema central de esta investigación radica en la necesidad de determinar el estado actual de sostenibilidad de las fincas dedicadas al cultivo de cacao en la parroquia Colonche de la provincia de Santa Elena, Ecuador. A pesar de la relevancia del cacao en la agricultura ecuatoriana, incluyendo la provincia de Santa Elena, existe un vacío de conocimiento específico sobre las prácticas de sostenibilidad adoptadas por los productores de esta parroquia. Esto abarca las dimensiones ecológicas, económicas y socioculturales. La prevalencia de monocultivos, la limitada adopción de prácticas agroecológicas y las posibles deficiencias en el manejo del suelo y el control de plagas en la región generan interrogantes sobre la viabilidad y sostenibilidad a largo plazo de estos sistemas productivos. El mapeo de las fincas emerge como una herramienta esencial para comprender su distribución espacial y las características relevantes que influyen en su sostenibilidad.

2. Materiales y métodos

El presente estudio se realizó en la parroquia Colonche la cual tiene una extensión de 1.149,33 km² y una población estimada de 41.050 habitantes para el 2020 (INEC, 2010; SIN-STPE, 2017), la parroquia Colonche se destaca por su influencia en el ecosistema natural de la cordillera Chongón-Colonche. Dividida en 18 comunas y 44 recintos (GAD, 2024) Colonche posee un alto potencial agrícola excepcional, favorecida por la cuenca del río Javita y la presencia de la presa San Vicente, Colonche cuenta con recursos hídricos abundantes que permiten el desarrollo de una amplia variedad de cultivos. Desde ciclos cortos hasta perennes y forestales, la zona también es propicia para la cría de ganado vacuno, porcino, caprino y aves de corral (Plaza, 2023)

La combinación de factores como su clima favorable, recursos hídricos, tierras fértiles y una población dedicada al trabajo agrícola posiciona a Colonche como un sector estratégico para la producción agropecuaria en la provincia de Santa Elena. Con el desarrollo de estrategias sostenibles y el aprovechamiento eficiente de sus recursos, la parroquia tiene el potencial de convertirse en un referente de la agricultura en la región.

El presente trabajo de investigación se fundamentó en un enfoque metodológico mixto, que integró la recolección y análisis de datos cualitativos y cuantitativos para alcanzar los objetivos propuestos. En una primera etapa, se aplicó una encuesta adaptada de (Arvelo, 2017), la cual fue cuidadosamente estructurada con preguntas dirigidas a los productores cacaoteros de la parroquia Colonche. Este instrumento permitió obtener información detallada sobre aspectos socioculturales, productivos, económicos y ecológicos de sus fincas, información que constituyó la base para el

análisis de la sustentabilidad. El cuestionario empleado fue previamente ajustado a partir de un diagnóstico preliminar de la zona de estudio.

Finalmente, para el análisis de los datos de caracterización recopilados en la primera etapa, se registró la información en hojas de cálculo de Microsoft Excel para tomar los resultados y convertirlos en tablas y pasteles para su mejor visualización, el mapeo se lo realizó en una aplicación llamada Argis ubicando así las coordenadas con GPS registradas en las encuestas hechas a los diferentes productores de cacao de la zona.

4. Resultados

En este apartado, se presentan los resultados de las encuestas hechas a 139 productores de cacao de la parroquia colonche encontrados.

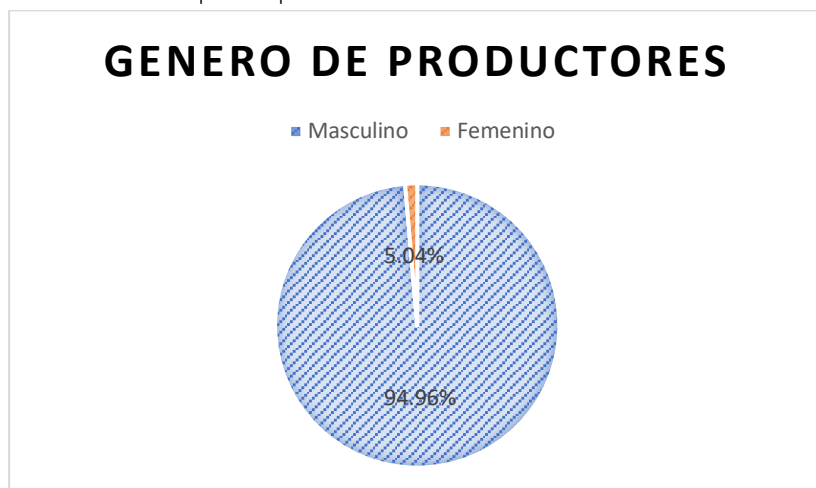


Figura 1. Genero de productores de la parroquia colonche

La investigación nos dio como resultado que la mayoría de productores son del genero masculino,

Lo que indica una marcada predominancia masculina en la actividad. De los encuestados, 132 se identificaron como masculinos, representando el 94.96% de la muestra, mientras que solo 7 productoras fueron femeninas, constituyendo el 5.04% del total.

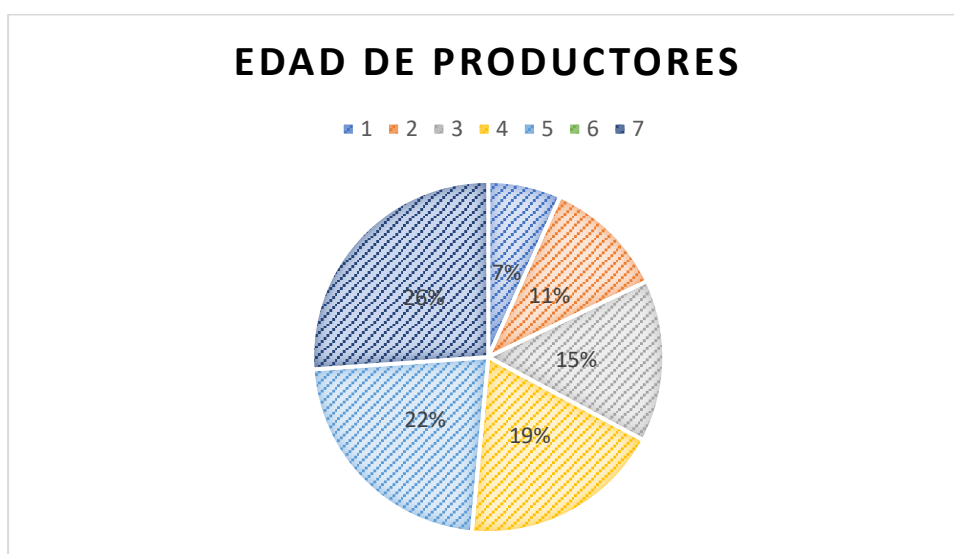


Figura 2. Edad de productores

Al examinar la distribución de edades de los 139 productores de cacao encuestados en Colonche, se distingue una concentración importante en los rangos de mayor edad. El grupo más numeroso corresponde a los productores de 70 años o más, representando el 26% (44 productores) del total. Le sigue en proporción el grupo de 50 años, con un 22% (37 productores), y luego el rango de 60 años, que constituye el 19% (29 productores) de la muestra, El grupo de 40 años representa el 15% (23 productores). En contraste, los productores más jóvenes tienen una presencia minoritaria, con el rango de 18 años representando solo el 11% (2 productores) y el rango de 30 años el 7% (4 productores). Esta pirámide de edades sugiere un posible desafío en cuanto al relevo generacional en la actividad cacaotera de la región.

Tabla 1. Distribución del cacao en la zona de colonche

COMUNA /SECTOR	Número de fincas
Las balsas	44
Cerezal B	43
Loma Alta	41
San marcos	3
Manantial de G	3
Febres cordero	3
Manantial de colonche	2
TOTAL	139

Al observar cómo se distribuyen las fincas encuestadas a lo largo de las diferentes comunas y sectores de Colonche, notamos que comunidades como Las Balsas y Cerezal Bellavista concentran la mayor cantidad de actividad cacaotera dentro de nuestra muestra con 44 y 43 fincas respectivamente, Loma Alta también presenta una presencia importante con 41 unidades productivas. En contraste, vemos que sectores como San Marcos, Manantial de Guangala y Febres Cordero muestran una participación mucho menor, con apenas 3 fincas cada uno, La menor representación se da en 'Manantial de Colonche', donde solo identificamos 2 fincas en nuestra encuesta, Esta radiografía de la distribución geográfica de las fincas nos da una idea de dónde se centra principalmente el cultivo de cacao en la zona que estudiamos.

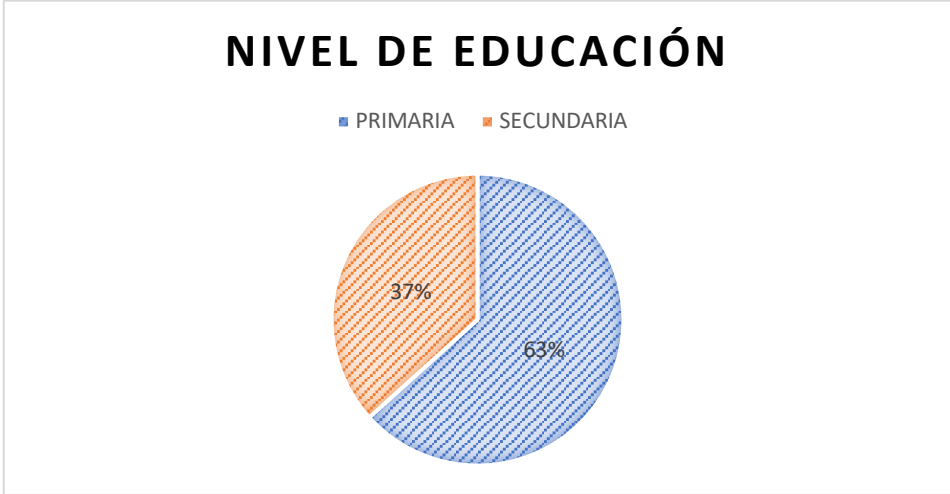


Figura 3. Nivel de Educación

Al explorar el nivel de educación alcanzado por los productores de cacao en Colonche que participaron en nuestra encuesta, se aprecia que la primaria es el nivel predominante, con 88 productores que completaron este ciclo educativo, representando así el 63%, un número considerable. Seguido de 51 productores (37%), que alcanzaron la secundaria como su nivel máximo de estudios.

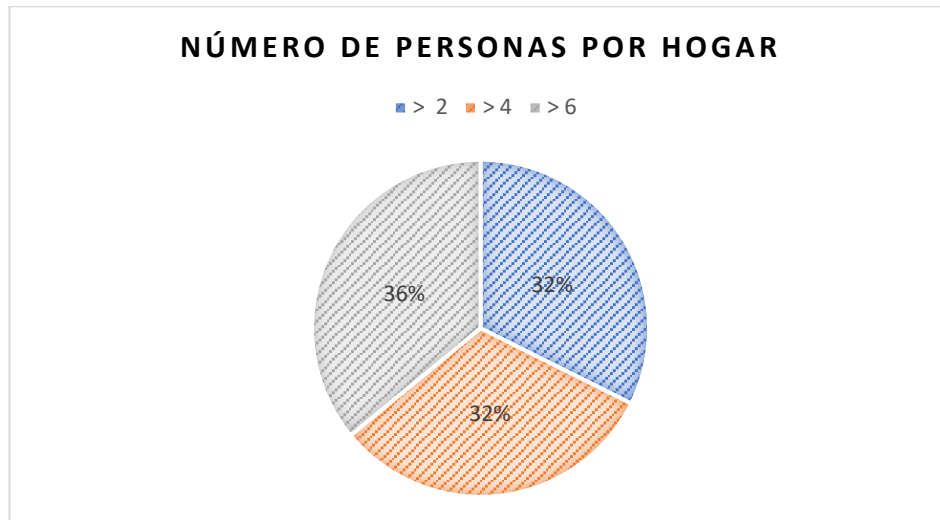


Figura 4. Número de personas por hogar

Al realizar la investigación sobre la familia de los productores se pudo recopilar la información que revela una tendencia hacia hogares con más de seis integrantes, siendo este el grupo más numeroso con 50 hogares (36%). Le siguen de cerca los hogares con más de 2 personas con 45 hogares (32%) y aquellos con más de cuatro personas con 44 hogares (32%).

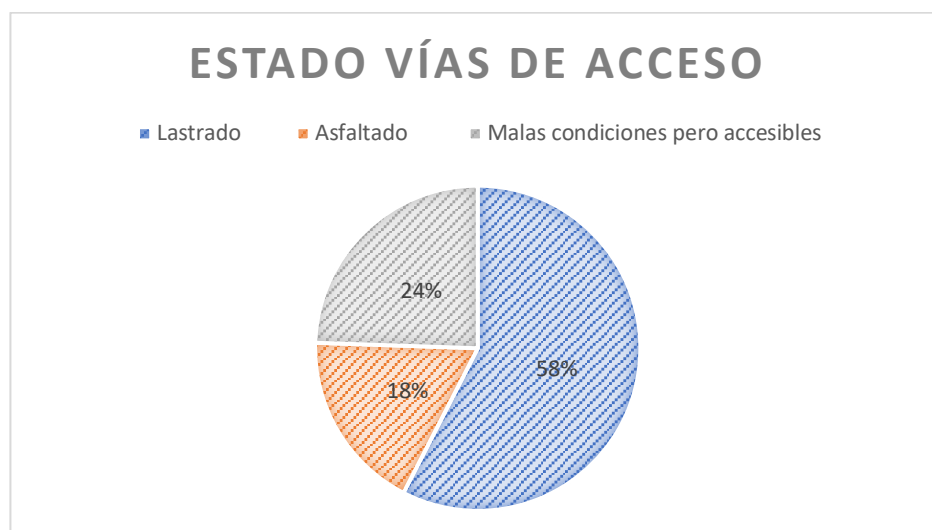


Figura 5. Estado de vías de acceso en la parroquia colonche

Los resultados sobre el estado de las vías de acceso a las fincas de los 139 productores encuestados, se evidencia que la mayoría (80 productores) acceden a sus terrenos a través de vías lastradas. Un grupo menor pero significativo de 25 productores cuenta con vías de

acceso asfaltadas. Es preocupante notar que 34 productores reportan que sus vías de acceso se encuentran en malas condiciones, aunque aún son accesibles.

Tabla 2. Total, de áreas cultivadas de cacao y clones encontrados

Has CULTIVADAS	CANTIDAD	TOTAL	CLON
0,25	4	1	CCN51
0,5	18	9	801
1	72	72	CCN51
1,5	4	6	801
2	21	42	103
2,75	10	27,5	Nacional
3,7	5	18,5	96
4	4	16	800
27,3	1	27,3	Nacional
Total	139	219,3	

Al analizar la extensión de tierra dedicada al cultivo de cacao entre los 139 productores, se observa pequeñas unidades productivas pues la mayoría de los productores, 72 de ellos, cultivan una hectárea de cacao variedad CCN51. Le siguen aquellos con 0.5 hectáreas (18 productores) con el clon 801 y 2 has (21 productores) con la variedad 103. Es importante notar la presencia de 4 productores con apenas 0.25 hectáreas que también tienen el clon CCN51, se identifica un número menor de productores con extensiones más grandes, destacándose 10 productores con 2.75 has cuyo clon es Nacional, 4 productores con 4 has de la variedad 800, 5 productores con 3.7 hectáreas con el clon 96 y 4 productores con 1.5 has cultivadas del clon 801. Un caso atípico es el de un productor con una extensión considerable de **27.3** hectáreas. Dando en total el área cultivada 219,3 has en la parroquia Colonche.

Tabla 3. Meses de siembra de preferencia de los productores

Mes de siembra	Preferencias
Enero	15
Febrero	20
Marzo	18
Abril	30
Mayo	35
Junio	21
TOTAL	139

Basándonos en este conteo estimado, mayo es el mes que predomina para la siembra de cacao en los registros históricos de las fincas encuestadas. Abril y junio también muestran una frecuencia considerable de siembras. Enero y febrero parecen ser los meses con menor actividad de siembra, según la encuesta.

Tabla 4. Distribución de siembras a lo largo de los últimos 15 años

Año de Siembra	Número de siembras por predio
2010	8
2012	5
2014	33
2015	17
2016	47
2018	8
2019	7
2021	9
2022	5
TOTAL	139

La distribución de las siembras de cacao a lo largo de los años en los 139 predios encuestados revela picos significativos de actividad en ciertos períodos. El año 2016 destaca con la mayor cantidad de siembras registradas alcanzando un total de 47, lo que sugiere un período de expansión o renovación importante en las plantaciones de la región. Le sigue en magnitud el año 2014, con 33 siembras, lo que también indica una actividad considerable.

En un segundo plano, el año 2015 muestra un número de siembras de 17, lo que sugiere una continuidad en la actividad, aunque a menor escala que los dos años anteriores. Los años 2021 y 2010 presentan una actividad similar, con 9 y 8 siembras respectivamente, al igual que el año 2018 con 8 siembras. Los años con menor número de siembras registradas son 2019 y 2012, con 7 y 5 siembras respectivamente, igualando al año 2022 con 5 siembras.

Tabla 5. Opciones de si y no en cuanto a diferentes tipos de variables de la encuesta realizada

Opción	Aceptación del sistema productivo convencional del cultivo	Pertenece alguna asociación	Recibe capacitación agropecuaria	En la zona existe mercado de concentración donde pueda vender sus productos	Realiza proceso de postcosecha
SI	54	17	135	0	47
NO	85	122	4	139	92
Total	139	139	139	139	139

La mayoría de los productores en la zona de estudio no aceptan completamente el sistema productivo convencional y no pertenecen a asociaciones. Sin embargo, una gran mayoría sí recibe capacitación agropecuaria. Un hallazgo crítico es la ausencia de un mercado de concentración para la venta, lo que podría ser un desafío para la comercialización.

Finalmente, la mayoría de los productores no realiza procesos de postcosecha, lo que representa una posible área de mejora para la calidad del producto.

Tabla 6. Características de la Producción de Cacao en la Parroquia Colonche (Productores < 139)

Productores	¿Nombre del mercado de concentración?	¿De donde obtiene las plantas de cacao?	¿Densidad de población por ha?	¿Frecuencia de poda en el cultivo?	¿Método de secado?	¿Producción de cacao por ha?	¿Precio de cacao?
139	Centro de acopio	INIAP Y viveros	menor a 1000	1 vez por año	Natural	3-4 qq	<400
<139							

Esta tabla presenta un resumen de las características productivas predominantes observadas en la encuesta, la principal vía de comercialización identificada para los 139 productores es el centro de acopio, también se pudo recopilar que la fuente principal de plantas de cacao para estos productores es el INIAP (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias) y viveros, en cuanto a la densidad de población de plantas de cacao por hectárea es menor a 1000, que los productores encuestados realizan la poda una vez al año, el método de secado que comúnmente utilizan es el natural, la producción promedio de cacao por hectárea se sitúa en el rango de 3 a 4 quintales (qq) y que el precio promedio al que venden su cacao estos productores es menor a 400 dólares.

Tabla 7. Características de Comercialización y Diversificación de Fincas Cacaoteras en Colonche

Productores	Diversificación para la venta (cantidad de productos para comercializar)	¿En qué transporta el producto para comercializarlo?	Fuentes de financiamiento	Realiza aportaciones de MO al cultivo	¿Su finca tiene plantaciones temporales adicional al cacao?
139					
<139					
<100		flete	Ninguna	No	Plátano, maíz
<50		otros		si	Maíz
<25		carro propio	BAN ECUADOR		
<10					Yuca, frejol

Esta tabla explora aspectos cruciales de la comercialización y la diversificación en las fincas de cacao encuestadas. Se observa que para un grupo de productores (<100), el transporte

del producto para la venta se realiza mediante flete y la principal fuente de financiamiento es inexistente (Ninguna), con una no realización de aportaciones de Materia Orgánica (MO) al cultivo y una asociación de la finca con plantaciones temporales de plátano y maíz. Otro grupo (<50) utiliza "otros" medios de transporte, no especifica su financiamiento, sí realiza aportaciones de MO y asocia con maíz. Un tercer grupo (<25) utiliza carro propio para el transporte y accede a financiamiento a través de BAN ECUADOR y finalmente un grupo minoritario a 10 asocian la yuca y frejol a sus cultivos, no realizando las otras características expuestas en la encuesta.

Tabla 8. Prácticas de Manejo de Plagas y Riego en Fincas Cacaoteras de Colonche

Productores	¿Realiza control de plagas en su finca?	¿Con qué frecuencia realiza control de plagas en sus cultivos?	¿Emplea agroquímicos?	¿Cuántos agroquímicos usa en el cultivo?	Método de riego en el cultivo de cacao
139					
<139					
<100	Si	Cada 8 semanas	Si	Más de uno	Microaspersión
<50	No	Cada 10 semanas	No	Ninguno	Goteo

Los resultados de la encuesta indican que el manejo de plagas y los métodos de riego empleados por diferentes grupos de productores de cacao en Colonche, para un grupo significativo (<100), se observa la realización de control de plagas cada 8 semanas con el uso de más de un agroquímico, implementando un sistema de riego por microaspersión y un grupo (<50) no realiza control de plagas con la misma frecuencia pues la realizan cada 10 semanas, tampoco emplea agroquímicos, utilizando un sistema de riego por goteo.

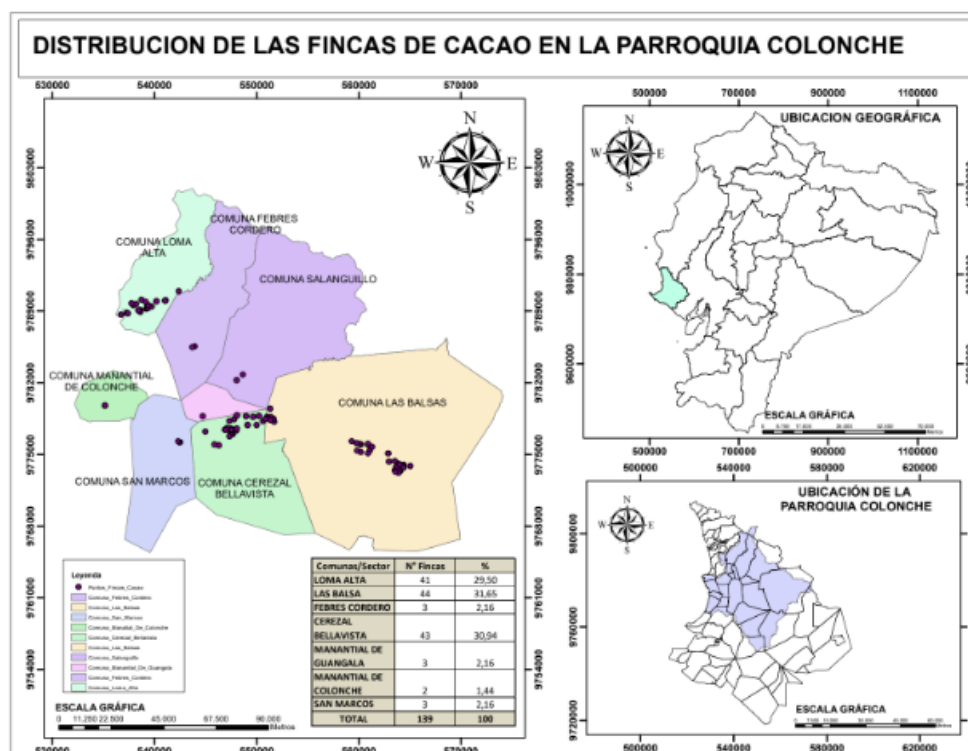


Figura 6. Distribución Espacial de Fincas de Cacao en Colonche

La figura muestra las ubicaciones exactas de las fincas cacaoteras dentro de la parroquia colonche, en la que se observa cuantas fincas encontramos en cada comunidad, dando facilidad a los investigadores para su rápida localización.

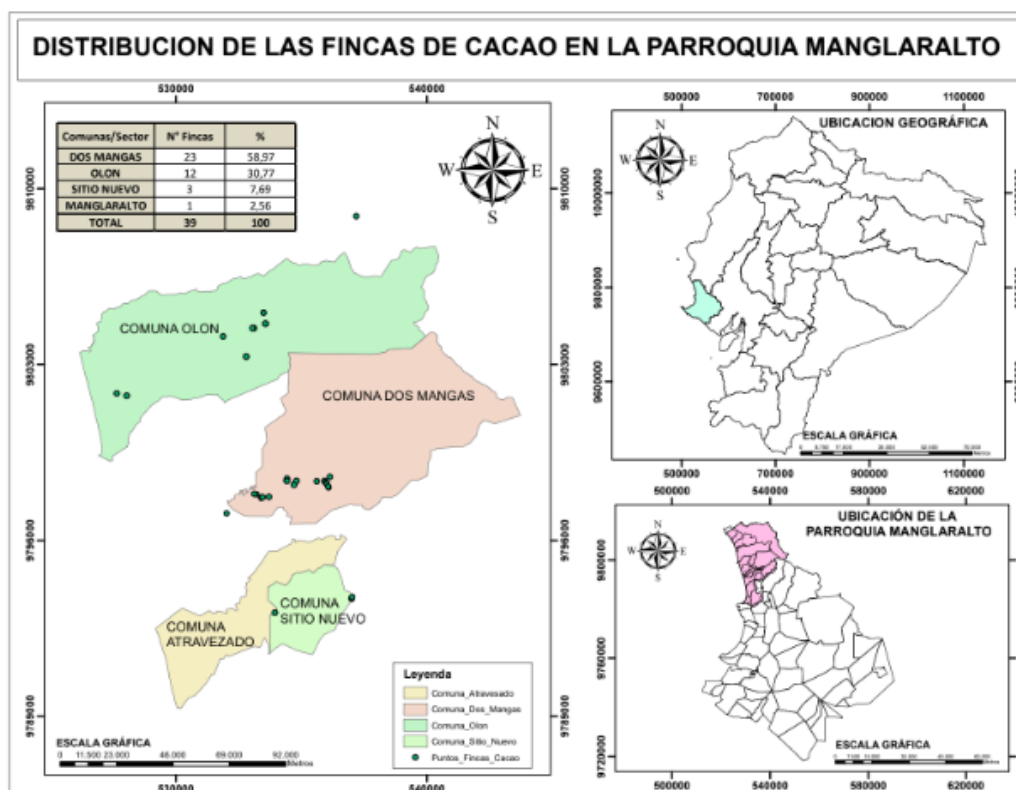


Figura 7. Ubicación de Fincas de Cacao en la parroquia Manglaralto

Los resultados muestran esta figura en la que indica la distribución de fincas cacaoteras dentro de la parroquia Manglaralto, en la que se observa la distribución de 39 productores cuya concentración significativa está en la comunidad de Dos Mangas, que representa el 58.97% (23 productores) del total. Le sigue Olón, con un 30.77% (12 productores), Las comunidades de Sitio Nuevo y Manglaralto presentan una participación considerablemente menor con un 7.69% (3 productores) y un 2.56% (1 productor) respectivamente.

El análisis de los resultados en las encuestas a los productores de cacao de la parroquia Colonche revela una serie de características y tendencias que permiten evaluar el nivel de sustentabilidad de sus fincas, respondiendo así al objetivo principal de este estudio. La marcada predominancia masculina en la actividad cacaotera (Figura 1) plantea interrogantes sobre el rol y la participación de la mujer en este sector y su posible influencia en la adopción de prácticas sostenibles, un aspecto relevante considerando la perspectiva de equidad de género promovida por la agroecología (Plaza, 2023).

Las edades de los productores (Figura 2), con una concentración significativa en rangos avanzados y una escasa presencia de jóvenes, subraya un potencial desafío para el relevo generacional en la zona, lo cual podría impactar la continuidad y la adopción de innovaciones en el futuro del cultivo.

La distribución geográfica de las fincas (Tabla 1), que coincide con la información espacial de la Figura 7 al señalar la concentración en Las Balsas y Cereza Bellavista, lo que podría facilitar la implementación de estrategias de desarrollo y apoyo focalizadas en estas áreas, podemos también observar otros lugares en la provincia con siembras menores de cacao que nos indica que las comunidades aledañas tienen aún mucho que explorar en cuanto a este cultivo (Montaño, 2021). El nivel educativo predominante de primaria (Figura 3) sugiere la necesidad de adaptar las estrategias de capacitación y transferencia de tecnología a este contexto, utilizando metodologías participativas y lenguajes accesibles para promover la adopción de prácticas agroecológicas y un manejo sostenible del cultivo (Bello, 2008). El tamaño de los hogares (Figura 4), con una tendencia hacia familias numerosas, podría influir en la disponibilidad de mano de obra familiar, un factor clave en los sistemas agroecológicos, así como en las necesidades económicas y las prioridades de los productores (Dostert, 2011).

El estado de las vías de acceso (Figura 5) representa una limitación significativa para una porción importante de los productores, lo que podría dificultar el transporte de insumos y la comercialización del cacao, impactando la viabilidad económica de las fincas. La predominancia de pequeñas unidades productivas (Tabla 2) y la variedad de clones encontrados, con una alta presencia de CCN51 y Nacional, sugieren diferentes estrategias de manejo y potencial productivo en la zona. La preferencia por el mes de mayo para la siembra (Tabla 3) podría estar relacionada con factores climáticos locales, mientras que la distribución de siembras a lo largo de los años (Tabla 4) revela una dinámica variable con picos de actividad en 2016 y 2014, lo que podría ser objeto de investigaciones futuras para identificar los factores subyacentes.

La aceptación parcial del sistema productivo convencional y la baja participación en asociaciones (Tabla 5) contrastan con el alto nivel de recepción de capacitación agropecuaria, lo que podría indicar una brecha entre el conocimiento adquirido y su implementación práctica, o una preferencia por estrategias individuales sobre las colectivas (Larrea, 2024). La ausencia de un mercado de concentración (Tabla 5) emerge como un desafío crucial para la comercialización, obligando a los productores a buscar canales individuales o a depender de intermediarios (Tabla 6). La limitada información sobre diversificación y financiamiento (Tabla 7) impide una evaluación exhaustiva de la resiliencia económica de las fincas. Finalmente, las variadas prácticas de manejo de plagas y riego (Tabla 8) reflejan diferentes enfoques y niveles de adopción de tecnologías y prácticas sostenibles, lo cual es fundamental para determinar el nivel de sustentabilidad de los agroecosistemas (Cabrera, 2022). En conjunto, estos resultados proporcionan una base sólida para comprender el panorama actual de la producción de cacao en Colonche y para diseñar estrategias que promuevan una mayor sostenibilidad en sus dimensiones ecológica, económica y sociocultural.

4. Conclusión

La estructura demográfica de los productores, con una alta proporción de personas mayores y una baja representación de jóvenes, representa un riesgo para la continuidad y

la innovación en el sector cacaotero de Colonche. Se requiere implementar estrategias para incentivar la participación de las nuevas generaciones.

La baja afiliación a asociaciones y la inexistencia de un mercado de concentración limitan el poder de negociación de los productores y su acceso a mejores precios y recursos. Fomentar la asociatividad y explorar alternativas de comercialización son cruciales para mejorar la sostenibilidad económica.

A pesar de que la mayoría recibe capacitación, la diversidad en las prácticas de manejo y la aceptación parcial del sistema convencional sugieren un potencial sin explotar para la adopción de prácticas agroecológicas y un manejo más sostenible de los recursos, lo que podría mejorar la resiliencia y la sostenibilidad ambiental de las fincas.

El estado precario de las vías de acceso representa un obstáculo significativo para el desarrollo del sector, afectando la logística y la calidad de vida de los productores. Mejorar la infraestructura vial es fundamental para la sostenibilidad económica y social.

La variedad en el tamaño de las fincas y los clones cultivados sugiere diferentes niveles de productividad y estrategias de manejo. Comprender las particularidades de cada tipo de finca es esencial para diseñar intervenciones específicas que promuevan la sostenibilidad.

Contribución de autores: Los autores participaron en todos los apartados de la investigación

Financiamiento: Los autores financiaron el estudio

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

Referencias

1. Andrade, D. (2020). *Relaciones alométricas para estimar biomasa aérea en cultivares de cacao (Theobroma cacao L.) de origen trinitario (CCN-51) y de tipo nacional en la Provincia de Los Ríos*. Obtenido de <https://repositorio.uteq.edu.ec/items/81519a26-f3b8-430a-8720>
2. Arvelo, M. (2017). *Manual Técnico del cultivo de cacao prácticas Latinoamericanas*. IICA. Obtenido de <https://repositorio.iica.int/handle/11324/6181>
3. Baque, E. C. (2024). *Efecto de la temperatura y la radiación sobre la respuesta fisiológica del cacao (Theobroma cacao L.)*. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9373700>
4. Bautista, J. H. (2020). Obtenido de Producción de cacao "Theobroma cacao L." fino o de aroma peruano: Agronegocio sostenible: <https://doi.org/10.47422/ac.v1i1.6>
5. Bello, C. (2008). Obtenido de Cacao: Desarrollo sustentable y sostenible estrategia de fijación de precio. : <http://biblioteca2.ucab.edu.ve/anexos/biblioteca/marc/texto/AAR4602.pdf>
6. Cabrera. (2022). Obtenido de Abundancia de Bursera graveolens y asociación biótica en la comuna La Aguadita-San Marcos: <https://repositorio.upse.edu.ec/>
7. Dostert, N. R. (2011). *Hoja botánica: Cacao*. Obtenido de http://www.botconsult.com/downloads/Hoja_Botanica_Cacao_2012.pdf
8. García, A. R. (2021). *La cadena de producción del Cacao en Ecuador: Resiliencia en los diferentes actores de la producción*. *Revista Digital Novasinergia*, 4(2), 152-172. Obtenido de <https://doi.org/10.37135/ns.01.08.10>

9. Guerrero, F. R. (2019). *Cultivo de Cacao (Theobroma cacao linnaeus) como Rubro para la Sustentabilidad de los Suelos*. Obtenido de https://www.indteca.com/ojs/index.php/Revista_Scientific/article/view/355
10. Iñiguez, C. (2022). *Análisis de la Competitividad de las Exportaciones de Cacao en el Ecuador período 2007–2019*. Obtenido de https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/12335/1/17862_espa%C3%B1ol.pdf
11. Larrea, M. (2024). *El cultivo de Cacao Nacional: Un bosque generoso. "Manual de campo para la implementación de prácticas amigables con la biodiversidad en cultivos de Cacao Nacional". Programa Nacional Biocomercio Sostenible del Ecuador*. Obtenido de <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/43804.pdf>
12. Montaña, K. (2021). Montaña, K. (2021). "Evaluación de dos niveles de sombra y dos niveles de fertilización, sobre parámetros morfológicos y fisiológicos, en etapas tempranas del cacao (*Theobroma cacao* L.), clon EETP 800, en la provincia de Zamora Chinchipe" [Universidad Nac. Obtenido de <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/23971/1/Kleber%20Antonio%20Monta%C3%B1o%20Tejedor.pdf>
13. Muñoz, A. &. (2020). *Análisis comparativo de la diversidad microbiana y la producción de compuestos bioquímicos de cacao (theobroma cacao l.) variedades nacional y trinitario CCN-51 durante la fermentación*. Obtenido de <https://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/12186>
14. Neira, J. R. (2020). *Métodos de fermentación del cacao nacional (theobroma cacao) y su influencia en las características físico-químicas, contenido de cadmio y perfiles sensoriales. Alternativas, 21(3), 42–48*. Obtenido de <https://editorial.ucsg.edu.ec/alternativas/alternativas/article/view/339>
15. Quirumbay, J. (2020). Quirumbay, J. (2020). *Estudio de factibilidad para la producción de cacao (Theobroma cacao l.) variedad ccn-51, en la parroquia Colonche, Provincia de Santa Elena*. Obtenido de <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/6309/1/UPSE-TIA-2021-0047.pdf>
16. Reyes, S. &. (2019). *Gobernanza de la cadena de cacao en Ecuador*. Obtenido de https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/c66b9562-ff3f-415a-b21f-281e0eab85e9/content?trk=article-ssr-frontend-pulse_little-text-block
17. Suarez, K. (2022). *Evaluación de la sustentabilidad de cinco unidades productivas de cacao (Theobroma cacao L.) en el cantón Buena Fe de la provincia de Los Ríos*. Obtenido de <https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/16912783-4ff8-4239-bf08-f045d0741966/content>
18. Viteri, O. (2013). *Evaluación de la sostenibilidad de los cultivos de café y cacao en las provincias de Orellana y Sucumbíos—Ecuador*. Obtenido de <https://ddd.uab.cat/record/126995>



© 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

Serotipificación y resistencia antimicrobiana de *Salmonella* en heces de cerdos de la provincia de El Oro.

Gabriela Leticia Rojas Cueva ^{1*}  Eduardo Said Luna Estacio ¹  Diego Ismael Ochoa Castro ¹  Jessica Ilenia Valdivieso Tituana ¹  Roberto Claudio Bustillos Huilca ¹ 

¹ Carrera de Medicina Veterinaria, Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables, Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador

✉ Correspondencia: gaby.rocueva1999@gmail.com  +593 0997796220

DOI/URL: <https://doi.org/10.53313/gwj82223>

Resumen: La salmonelosis es una enfermedad zoonótica causada por distintos serotipos de *Salmonella* spp, representa una problemática a nivel mundial y la mayoría de los casos de esta enfermedad no son reportados, debido a la escasa información que existe de salmonelosis en la provincia de el Oro, se planteó conocer la situación actual de la enfermedad, con el objetivo de serotipificar a *Salmonella* mediante aislamientos de la enterobacteria en muestras de heces de porcinos y evaluar la resistencia antimicrobiana en las granjas porcinas, estas muestras se obtuvieron de 55 granjas, para realizar la etapa de pre-enriquecimiento y siembra en medios de cultivo diferenciales, que permitan la identificación de colonias sospechosas, para luego ser confirmadas mediante el kit Wellcollex Colour test de *Salmonella* Se detectó la presencia de la enterobacteria en el 3.6% de las muestras y de otras enterobacterias como *Proteus vulgaris* y *Escherichia Coli*. Así mismo se determinó la resistencia a los betalactámicos, fluoroquinolonas y tetraciclinas y se evaluó que el sistema de crianza, alimentación, limpieza del silo y enfermades no fueron estadísticamente significativas mediante la prueba estadística Chi-Cuadrado, por lo cual se infiere que no influyen en la presencia de la enfermedad dentro de la granja

Serotyping and antimicrobial resistance of *Salmonella* in pig feces from the province of El Oro

Abstract: Salmonellosis is a zoonotic disease caused by different serotypes of *Salmonella* spp, it represents a worldwide problem and most of the cases of this disease are not reported, due to the scarce information that exists on salmonellosis in the province of El Oro, it was proposed to know the current situation of the disease, With the objective of serotyping *Salmonella* through isolations of enterobacteria in swine feces samples and evaluating the antimicrobial resistance in swine farms, these samples were obtained from 55 farms, to perform the pre-enrichment stage and sowing in differential culture media, which allow the identification of suspicious

Green World Journal /Vol 08/Issue 02/223/ May -August 2025 /www.greenworldjournal.com



Cita: Rojas Cueva, G. L., Luna Estacio, E. S., Ochoa Castro, D. I., Valdivieso Tituana, J. I., & Bustillos Huilca, R. C. (2025). Serotipificación y resistencia antimicrobiana de *Salmonella* en heces de cerdos de la provincia de El Oro. Green World Journal, 08(02), 223. <https://doi.org/10.53313/gwj82223>

Received: 03/June/2025

Accepted: 01/July/2025

Published: 03/July/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>

colonies, to later be confirmed by means of the Wellcollex Colour test kit for *Salmonella* spp. The presence of enterobacteria was detected in 3.6% of the samples, as well as other enterobacteria such as *Proteus vulgaris* and *Escherichia coli*. Resistance to beta-lactams, fluoroquinolones and tetracyclines was also determined and it was evaluated that the breeding system, feeding, silo cleaning and diseases were not statistically significant by means of the Chi-Square statistical test, so it is inferred that they do not influence the presence of the disease on the farm.

Keywords: *Salmonella* spp, serotyping, antibiogram, antibiogram

1. Introducción

La salmonelosis, es una enfermedad zoonótica que afecta los sistemas de producción porcina (1). Se describen más de 2500 serotipos (2), entre los cuales *S. Choleraesuis* y *S. Typhimurium* afectan a esta especie con mayor frecuencia (3). Esta enterobacteria es patógena y no forma parte de la microbiota intestinal de los animales y humanos, generando diversos signos clínicos (4). Por lo tanto, en salud pública como animal representan una amenaza constante (5).

Las forma de transmisión de salmonelosis es de forma directa por medio de la placenta (6) e indirectamente por vía fecal oral (7). En salud pública, se considera como una de las principales enfermedades transmitidas por los alimentos (ETAS) (8). Los signos clínicos más frecuentes en animales afectados se relacionan con problemas digestivos (1) y en algunos casos con procesos septicémicos causando alta mortalidad (9).

Esta enfermedad se considera una problemática a nivel mundial al igual que la resistencia antimicrobiana (RAM), permitiendo que esta enterobacteria sea resistente y en algunos casos estas cepas se conviertan en multirresistentes (MDR) (10). El uso de promotores de crecimiento como profilácticos y terapéuticos es otro factor que ha contribuido al desarrollo de esta problemática debido al desequilibrio que ocasiona en la microbiota intestinal de los animales convirtiéndolos en susceptibles a la enfermedad (11).

La RAM, se puede establecer mediante transferencia de genes de forma horizontal, este tipo de transmisión se establece mediante la transferencia de material genético entre bacterias filogenéticamente diferentes, que le permiten adquirir genes nuevos, mediante procesos de transformación transducción y conjugación (12). Así mismo es necesario la serotipificación de la bacteria para determinar el serotipo causante de brotes a nivel mundial (13).

En base a lo anteriormente descrito y debido a la falta de información que existe de la presencia de *Salmonella* en los sistemas de producción, se planteó el objetivo de serotipificar a *Salmonella* y evaluar la resistencia antimicrobiana mediante el aislamiento de la enterobacteria en heces de cerdos de la provincia de El Oro.

2. Materiales y métodos

2.1. Área de estudio

El trabajo de investigación, se realizó en los 14 cantones de la provincia de El Oro, ubicado en la parte sur de la zona costera del país, en el cual se mantiene una altitud entre 0–3600 m s.n.m y mantiene temperaturas que oscilan entre los 18°C y 30 °C.



Figura 1. Representación de las granjas porcinas muestreadas en la provincia de El Oro.

2.2. Diseño de la investigación.

El estudio es observacional de tipo descriptivo, el cual se estableció, mediante la etapa de campo y se basó en la recolección de muestras de heces fecales de los porcinos y la etapa de laboratorio donde se aisló la bacteria mediante cultivos microbiológicos, y se confirmó la presencia de la misma mediante pruebas bioquímicas y serotipificación para luego evaluar la resistencia antimicrobiana.

2.3. Tipo de muestreo y tamaño de la muestra.

El muestreo de la investigación es no probabilístico, por conveniencia y estratificado, se recolectó muestras fecales de 55 granjas porcinas (25 industriales y 30 tradicionales), en la etapa de gestación, lactancia y engorde. El número de granjas se consideró en base al Proyecto de peste porcina clásica (PPC) de la Agencia de Regulación y Control Fito y Zoonosanitario – AGROCALIDAD

2.3.1. Recolección, transporte y conservación de muestras

Las muestras de heces se obtuvieron directamente del recto del animal en proporción de 10 g, se recolectó 6 muestras de cada etapa de producción, para realizar el pool correspondiente, las muestras se colocaron en envases estériles para su posterior conservación entre 2 a 8 °C, en un lapso de 24 a 48 h y ser procesadas en el laboratorio de Biotecnología de la Universidad Nacional de Loja en base a lo establecido en las normas ISO 6579 (14).

2.4. Técnicas de Laboratorio

2.4.1. Cultivos microbiológicos, tinción de Gram y pruebas bioquímicas

Para el aislamiento de *Salmonella* se realizó cultivos microbiológicos basados en la etapa de pre-enriquecimiento, donde se procedió a colocar el pool de la muestra de heces fecales en una bolsa estéril que contenía 10 g de la misma, se agregó 90 ml de agua peptonada para incubar a 37 °C durante 24 h, para proceder a incubar a 42 °C durante 24h, se desarrolló la siembra en placas mediante estriación en agares como: Xilosa-Lisina-Desoxicolato (XLD), *Salmonella Shigella*, Verde brillante y Hektoen entérico para incubar a 42°C durante 24 horas. Posteriormente también se realizó tinción de Gram y pruebas bioquímicas en agares diferenciales como: TSI, SIM, LIA y Citrato.

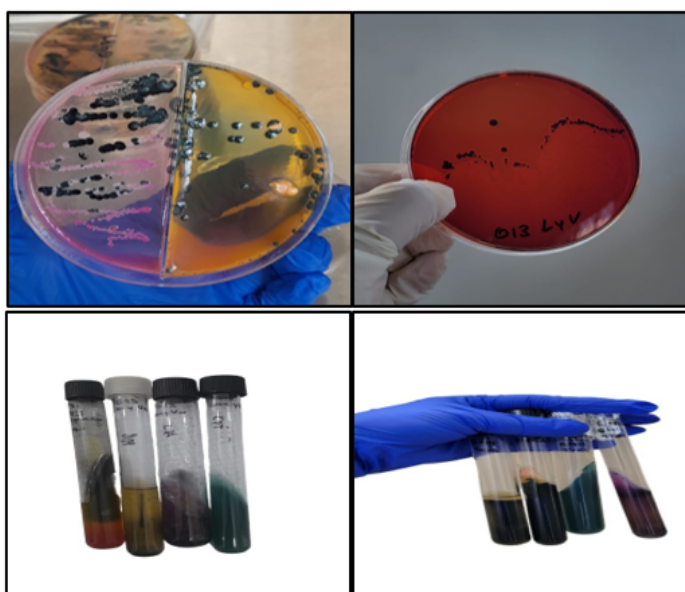


Figura 2. Aislamiento de *Salmonella* mediante cultivos microbiológicos y pruebas bioquímicas

2.4.2. Chromoagar

En este medio cromogénico, se inoculó la muestra obtenida anteriormente a 42 °C durante 24h, para su posterior observación, donde se determinó que las colonias de color rosa o malva eran sospechosas a *Salmonella*, mientras que las colonias de otro tipo de enterobacteria presentaban coloración azul o incoloras (15).

2.4.3. Serotipificación mediante Wellcolex Colour *Salmonella* spp.

El test permite agrupar los serotipos mediante las características somáticas, capsulares y flagelares (16). Se realizó la validación del kit, colocando una gota de los controles positivos en los dos círculos de la tarjeta del mismo, posterior se agrega el látex 1 y 2, se mezcla homogéneamente durante 2 minutos para la observación de la aglutinación y cambio de coloración producida, se realiza el mismo procedimiento intercambiando los controles positivos por las muestras obtenidas en nuestro estudio y se clasifica el serotipo correspondiente (17).

2.4.4 Antibiograma

Se realizó a partir del ajuste del inóculo en base a la escala de McFarland estandarizada a 0,5 para obtener la suspensión bacteriana, donde se coloca 1 ml de solución salina y se homogeniza con el inóculo para evaluar la turbidez y obtener la bacterias en una cantidad adecuada que permita la siembra en agar Muller Hillton y colocar los discos de antibióticos e incubar a 42 °C durante 24h , para la lectura de los halos de inhibición y determinar si la bacteria es sensible (S), intermedio (I) y resistente (R) (18).

2.5. Análisis Estadístico

Los resultados obtenidos se evaluaron mediante estadística descriptiva y se representaron mediante frecuencias absolutas y relativas utilizando el programa Rstudio, que permitió determinar mediante Chi-Cuadrado si las variables obtenidas dentro del estudio como: sistema de crianza, alimentación, limpieza de silo y enfermedades, interferían para que exista la presencia de *Salmonella* en las granjas porcinas de la provincia de El Oro, el cual permitió obtener el p-valor, para determinar si las variables eran estadísticamente significativas.

3. Resultados

Según los resultados obtenidos en la Tabla 1, de las 55 granjas analizadas, se obtuvo crecimiento bacteriano en 47 granjas, de las cuales 16 fueron sospechosas, se evaluaron mediante las características fenotípicas por pruebas bioquímicas y se pudo determinar la presencia de 3 enterobacterias como *S. Choleraesuis* la cual represento el 3.6%, y otras enterobacterias como *E. coli* y *P. vulgaris* representaron el 9.1% y 16.4% respectivamente.

Tabla 1. Aislamiento de enterobacterias en heces de cerdos de granjas porcinas.

Bacterias	N	(%)
<i>Salmonella Choleraesuis</i>	2	3.6
<i>Escherichia Coli</i>	5	9.1
<i>Proteus Vulgaris</i>	9	16.4

Tabla 2. Evaluación de posibles factores asociados con la presencia de *Salmonella* en granjas porcinas

Variables	Nº de muestra (%)	<i>Salmonella Choleraesuis</i>	
		Nº de positivos (%)	p-valor
Sistema de Crianza			
Industrial	25 (45)	1 (4.0)	0.895
Tradicional	30 (55)	1 (3.3)	
Alimentación			
Balanceado	11 (20)	0 (0)	0.471
Harina	44 (80)	2 (4.5)	
Limpieza del silo			

< 4veces año	13 (24)	0 (0)	0.423
> 4veces año	42 (76)	2 (4.8)	
Enfermedades			
Gastrointestinal	12 (22)	1 (8.3)	0.198
Reproductivos	5 (9)	1 (20)	
Respiratorio	19 (35)	0 (0)	
Otras	14 (25)	0 (0)	
Ninguna	5 (9)	0 (0)	
Antibióticos			
Aminoglucósidos	2 (4)	0 (0)	0.974
Betalactámicos	17 (31)	1 (5.9)	
Cefalosporinas	1 (2)	0 (0)	
Fenicoles	1 (2)	0 (0)	
Fluoroquinolonas	5 (9)	0 (0)	
Macrólidos	11 (20)	1 (9.1)	
Sulfonamidas	4 (7)	0 (0)	
Tetraciclinas	2 (4)	0 (0)	
Ningún medicamento	12 (21)	0 (0)	

De acuerdo a lo establecido en la Tabla 2, se obtuvo que el 55% de la crianza se realiza de forma tradicional, mientras que el 45% en sistemas industriales y *Salmonella* puede estar presente en ambos sistemas de crianza. El 80 % de los animales son alimentados con harina mientras que el 20% con balanceado, se detectaron 2 casos positivos en los animales que consumen harina (4.5%). La limpieza del silo se realiza en 76% de las granjas con una frecuencia > 4 veces al año, donde se encontró los 2 casos positivos de salmonelosis (4.8%).

Las enfermedades más frecuentes registradas dentro de la granja fueron las respiratorias, otras enfermedades y gastrointestinales representando el 35%, 25% y 22%, sin embargo, los casos positivos se dieron en animales con enfermedades reproductivas (20%) y con enfermedades gastrointestinales (8.3%).

Se determinó que en el 31% de las granjas utilizan betalactámicos, el 21% no utilizan medicamentos y el 20% utilizan macrólidos, se analizó los 2 casos positivos en animales a los cuales se le administra antibióticos del grupo de los macrólidos (9.1%) y betalactámicos (5.9%).

Mediante Chi-Cuadrado el p-valor se determinó si las variables del estudio fueron significativas para la presencia de *Salmonella* y se obtuvo el p-valor mayor a 0.05 para todas las variables estudiadas, lo cual indica que no influyeron para que exista la presencia de salmonelosis dentro de las granjas.

Tabla 1. Evaluación de la Resistencia antibiótica de *Salmonella*

Valores de referencia (mm)	Valores obtenidos (mm) e interpretación
----------------------------	---

Antibiótico	Abreviatura	S	I	R	(G13)	(G44)
Amoxicilina / ácido clavulánico	AMC	≥ 18	14–17	≤ 13	8 mm R	12 mm R
Ampicilina	AM	≥ 17	14–16	≤ 13	0 mm R	0 mm R
Amoxicilina	AX	≥ 18	14–17	≤ 13	0 mm R	22 mm S
Ciprofloxacino	CIP	≥ 31	21–30	≤ 20	0 mm R	34 mm S
Enrofloxacin	ENR	≥ 23	17–22	≤ 16	22 mm I	26 mm S
Ceftriaxone	CRO	≥ 23	20–22	≤ 19	32 mm S	28 mm S
Sulphamethoxazole / Trimetoprima	SXT	≥ 16	11–15	≤ 10	28 mm S	17 mm S
Tetraciclina	TE	≥ 15	12–14	≤ 11	0 mm R	0 mm R
Netilmicin	NET	≥ 15	13–14	≤ 12	25 mm S	28 mm S
Azitromicina	AZM	≥ 13	–	≤ 12	28 mm S	25 mm S

En la Tabla 3, se indica los antibióticos utilizados para realizar los antibiogramas que fueron evaluados mediante lo establecido por el CLSI (2024), en las 2 granjas positivas para *Salmonella*, se obtuvo que una granja (G13) fue resistente a Amoxicilina/ácido clavulánico, ampicilina, amoxicilina (Betalactámicos), ciprofloxacina (fluoroquinolonas), ambas presentaron resistencia al grupo de las tetraciclinas, mientras que la otra granja (G44) evaluada presentó resistencia al grupo de los betalactámicos a excepción de la amoxicilina y fue sensible para el grupo de las fluoroquinolonas y otros antibióticos tales como: Ceftriaxone, Sulphamethoxazole/Trimetoprima, Netilmicin y Azitromicina.

4. Discusión

En base a los resultados obtenidos, se determinó que la presencia de *Salmonella spp.* puede estar en sistemas de producción tradicional o industrial. En un estudio se estableció que en la provincia de El Oro el 80 % de la producción mantienen la crianza tradicional (19), mientras que el 20% de la producción se realiza de manera tecnificada (20). Además pueden existir factores, como el estrés, portadores asintomáticos, densidad de animales y falta de bioseguridad que atribuyen la presencia de la enterobacteria dentro de las explotaciones porcinas (3). Por otro lado la presencia de animales que permanecen por más tiempo dentro de las granjas como las cerdas reproductoras se convierten en una amenaza para la diseminación de la bacteria de forma directa o indirecta (21).

Otro de los factores relevantes es la alimentación, en este estudio se pudo determinar que el 80% de la misma se realiza con harinas y esto influyen en la microbiota intestinal y limitan el crecimiento de *Salmonella* (22), lo cual explica el 3.6% obtenido en el estudio, sin embargo la bacteria puede permanecer dentro de la explotación porcina por la contaminación de materias primas (23), así mismo las heces fecales de vectores como aves, insectos o roedores y animales excretores, además de la falta de higiene en el lugar de almacenamiento contribuye a la contaminación del mismo (24), lo cual difiere de los resultados obtenidos, donde se registró que la limpieza en el silo se realizaba >4 veces al año.

En este estudio se determinó la presencia del serotipo *S. Choleraesuis*, el cual no se describe como uno de los más frecuentes por lo cual no se reportan a nivel de la provincia casos, debido a que tiene como reservorio los porcinos y con poca frecuencia infecta a humanos (25), a diferencia de otros serotipos como *S. Typhimurium* y *S. Enteritidis*, los cuales son reportados con mayor frecuencia como causantes de infección en animales y humanos causando ETAS, representando el 43.5% (26). En otros estudios se ha detallado la presencia de *S. Typhimurium* en un 32.2 % en ciegos de animales y el mismo serotipo en heces fecales de animales con signos diarreicos, obteniendo resultados del 56% en su estudio (27), sin embargo se manifiesta que no todos los casos de salmonelosis, se reportan (28).

Además, se pudo evaluar la presencia de otras enterobacterias como *E. Coli* y *P. vulgaris*, las cuales forman parte de la microbiota normal de los animales y son benéficas como los *Lactobacillus*, *Bifidobacterium* *Streptococcus* (29) mientras que *S. Choleraesuis*, *S. Enteritidis* y *S. Typhimurium* al igual que otras enterobacterias son patógenas y zoonóticas como *E. coli* enterotoxigénica, *Clostridium perfringens* y *Campylobacter* y se presentan cuando existe disbiosis (30).

Así mismo se menciona que entre el 60% y 80% de los casos se consideran aislados y no se establece un tratamiento específico debido a la ausencia de diagnóstico, donde se genera una problemática a nivel mundial como es la RAM (31), en el presente estudio se determinó que *Salmonella* presentó resistencia a antibióticos tales como la ampicilina, tetraciclina en un 50% y el grupo de los betalactámicos representó el 100%, sin embargo según lo detallado por el EMA (32), estos antibióticos no son de riesgo alto pero pueden generar resistencia por coselección, por otro lado el grupo de las fluoroquinolonas, representó el 50% de resistencia, y preocupante en salud pública debido a que este grupo forma parte de los antibióticos de primera línea (33).

Los antibióticos de primera línea, que detalla el EMA (32), como los carbapenémicos deben evitarse, así mismo el grupo de cefalosporinas, polimixinas y fluoroquinolonas deben restringirse y ser utilizados en casos de infecciones graves confirmadas mediante antibiogramas, para evitar que las opciones de tratamiento disminuyan, no obstante se siguen reportando prevalencias de hasta del 50 % a la ciprofloxacina (34), lo cual concuerda con otros estudios donde se ha obtenido el 52% (27).

Por otra parte, el uso de algunos antibióticos utilizados como promotores de crecimiento han sido prohibidos como son las: polimixinas y algunos macrólidos, para reducir esta problemática vigente (35). Adicionalmente el tiempo de retiro de los antibióticos, no son respetados en los animales, lo que genera que los humanos consuman alimentos con antibióticos propagando la transferencia de genes entre bacterias generando bacterias MDR y puede ocasionar hasta 700.000 muertes anualmente (36).

5. Conclusión

La salmonelosis es una enfermedad de importancia en salud pública, su estudio diagnóstico y tratamiento es relevante, debido a la resistencia antimicrobiana que se ha registrado a nivel mundial, sin embargo en este estudio mediante aislamiento y la caracterización fenotípica de la enterobacteria

se logró determinar que el serotipo aislado *S.Choleraesuis*, se encontró en el 3.6% de las muestras, lo cual indica una baja prevalencia de la enfermedad, sin embargo esta enterobacteria no debería estar presente dentro de las granjas porcinas por su patogenicidad para afectar a otros animales y su diseminación en el medio.

En base a las variables que se evaluaron para establecer si eran significativas dentro del estudio se pudo determinar que el sistema de crianza, alimentación, limpieza del silo, enfermedades, y antibióticos no fueron significativas y se obtuvo un p-valor mayor a 0.05, sin embargo se debe considerar que estos factores si son incluidos en otros estudios, donde se ha encontrado mayores porcentajes de la enfermedad, por lo cual es importante evaluar los factores dentro de la granja para establecer la presencia de *Salmonella*, mediante otras situaciones epidemiológicas.

Además, se logró determinar que *Salmonella*, presentó resistencia antimicrobiana a algunos antibióticos tales como los betalactámicos, tetraciclinas y fluoroquinolonas, siendo este último grupo de importancia en salud pública debido a que se encuentra dentro de los antibióticos de primera línea, lo cual reduce las opciones de tratamiento para los animales con salmonelosis, esto se debe al inadecuado uso y retiro de los antibióticos, por lo tanto se debe establecer los tratamientos en base a lo descrito por el EMA y AGROCALIDAD, mediante pruebas previas para la identificación de la enterobacteria y antibiograma que permita la utilización del tratamiento adecuado y evitar resistencia.

Contribución de autores: Los autores participaron en todos los apartados de la investigación

Financiamiento: Los autores financiaron el estudio

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

Referencias

1. Soliani L, Rugna G, Prosperi A, Chiapponi C, Luppi A. Salmonella Infection in Pigs: Disease, Prevalence, and a Link between Swine and Human Health. *Pathogens*. octubre de 2023;12(10):1267.
2. Vinueza C. Monitorear Salmonella en la industria alimenticia: Dónde, Cuándo y Cómo [Internet]. 2018 [citado 25 de septiembre de 2024]. Disponible en: <https://www.unietar.org/single-post/2018/03/02/monitorear-salmonella-en-la-industria-alimenticia-d%C3%B3nde-cu%C3%A1ndo-y-c%C3%B3mo>
3. Pastrana A, G. J, Rincon M, G. Á, Casas G, R. G. La Salmonelosis porcina y su importancia en la cadena de producción. 1 de abril de 2014;72:4–11.
4. Garrido V, Migura-García L, Gaitán I, Arrieta-Gisasola A, Martínez-Ballesteros I, Fraile L, et al. Prevalence of Salmonella in Free-Range Pigs: Risk Factors and Intestinal Microbiota Composition. *Foods*. junio de 2021;10(6):1410.
5. Colello R, Ruiz MJ, Padín VM, Rogé AD, Leotta G, Padola NL, et al. Detection and Characterization of Salmonella Serotypes in the Production Chain of Two Pig Farms in Buenos Aires Province,

- Argentina. *Front Microbiol* [Internet]. 28 de junio de 2018 [citado 27 de marzo de 2024];9. Disponible en: <https://www.frontiersin.org/journals/microbiology/articles/10.3389/fmicb.2018.01370/full>
6. Liu B, Zhang X, Ding X, Bin P, Zhu G. The vertical transmission of *Salmonella* Enteritidis in a One-Health context. *One Health*. 5 de diciembre de 2022;16:100469.
 7. Amasino CF. Enfermedades infecciosas de los animales y zoonosis. [Internet]. Argentina: Universidad Nacional de la Plata; 2017 [citado 1 de abril de 2024]. Disponible en: <https://libros.unlp.edu.ar/index.php/unlp/catalog/book/807>
 8. Solarte Portilla AL. Uso de aceites esenciales para el control de la infección por *Salmonella* spp. en sanidad animal. 2017 [citado 2 de abril de 2024]; Disponible en: <http://helvia.uco.es/xmlui/handle/10396/15783>
 9. Fedorka Cray PJ, Animal UAN, Bush E, Thomas LA, Gray JT, McKean J, et al. *Salmonella* Infection in Herds of Swine. 2020; Disponible en: <https://typeset.io/papers/salmonella-infection-in-herds-of-swine-1dgy8l549p>
 10. Ayuti S, Khairullah A, Arif M, Lamid M, Warsito S, Moses I, et al. Tackling salmonellosis: A comprehensive exploration of risks factors, impacts, and solutions. *Open Vet J*. 2024;14(6):1313.
 11. Calderón LGR, Delgado PAM, Urbano MFC. Resistencia de la *Salmonella* a los antimicrobianos convencionales para su tratamiento. 2012; Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/3214/321428107010.pdf>
 12. Garbisu C, Calvo IA. The Conversation. 2019 [citado 11 de diciembre de 2024]. Así se propaga la resistencia a los antibióticos en el medioambiente. Disponible en: <http://theconversation.com/asi-se-propaga-la-resistencia-a-los-antibioticos-en-el-medioambiente-110390>
 13. Huarcaya R. F, Calle E. S, Siuce M. J, Sedano S. A, Huamaní P. J, García B. A, et al. Serotipificación y detección genética de *Salmonella* spp de origen aviar. *Rev investig vet Perú*. 29 de junio de 2022;33(3):e22893.
 14. Ministerio de Agricultura [SAG]. Instructivo Técnico De Análisis Para Detección De *Salmonella* spp. Según NormaISO6579-1:2017/Amd. 1:2020. [Internet]. 2020. Disponible en: https://www.sag.gob.cl/sites/default/files/itanalisis-para-deteccion-de-salmonella-spp.-segun-norma-iso-6579_0.pdf
 15. Oplustil CP, Zoccoli CM, Tobouti NR, Scheffer MC. *Procedimientos Básicos en Microbiología Clínica*. 4a Edición. Chile; 2022.
 16. Organización Mundial de Sanidad Animal [OIE]. *Salmonellosis* [Internet]. OIE; 2018. Disponible en: https://www.woah.org/fileadmin/Home/esp/Health_standards/tahm/3.09.08_SALMONELLOSIS.pdf
 17. Remel. Wellcollex Colour *Salmonella* [Internet]. 2012. Disponible en: <https://eifu.thermofisher.com/TSM/EC/all?keycode=TSMX7828>

18. Instituto de Estándares Clínicos y de Laboratorio [CLSI]. Performance Standards Antimicrobial Susceptibility Testing [Internet]. 2024. Disponible en: https://www.darvashco.com/wp-content/uploads/2024/07/CLSI-2024_compressed-1.pdf
19. Moreno Ponce E, Amrade Yucailla V, Chávez García D, León Oviedo H, Acosta Lozano N. Caracterización del sistema tradicional de producción de cerdos criollos en la zona rural de las parroquias colonche y Manglaralto- Santa Elena. 2024;19. Disponible en: <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/9915>
20. MacDonald JM. CAFOs: Farm Animals and Industrialized Livestock Production. En: Oxford Research Encyclopedia of Environmental Science [Internet]. 2018 [citado 24 de junio de 2024]. Disponible en: <https://oxfordre.com/environmentalscience/display/10.1093/acrefore/9780199389414.001.001/acrefore-9780199389414-e-240>
21. Lynch H, Walia K, Finola C. L, Peadar G. L, Garcia Manzanilla E, Grant J, et al. Salmonella in breeding pigs: Shedding pattern, transmission of infection and the role of environmental contamination in Irish commercial farrow-to-finish herds. Zoonoses and Public Health [Internet]. 2018 [citado 13 de noviembre de 2024];65(1). Disponible en: <https://typeset.io/papers/salmonella-in-breeding-pigs-shedding-pattern-transmission-of-2zcr0qv21n>
22. Alessia DL, Ostanello F. On-farm risk factors associated with Salmonella in pig herds. Large Animal Review. 11 de junio de 2020;26(3):133-40.
23. Vukmirović ĐM, Rakita SM, Spasevski NJ, Kokić BM, Banjac VV, Čabarkapa IS. A review of possibilities for control of Salmonella and other pathogenic bacteria in pig feed. Food and Feed Research. 2017;44(2):151-62.
24. Channaiah LH. Inocuidad de los alimentos balanceados para animales: riesgos y desafíos. El sitio Avícola [Internet]. 2013 [citado 20 de enero de 2025]; Disponible en: <https://www.elsitioavicola.com/articles/2319/inocuidad-de-los-alimentos-balanceados-para-animales-riesgos-y-desafios/>
25. Vásquez Caldito R. Revisión de Salmonella choleraesuis en humanos desde una perspectiva One Health. Sanidad y Producción Animal [Internet]. 2021;(22). Disponible en: <https://axoncomunicacion.net/una-revision-de-salmonella-choleraesuis-en-humanos-desde-una-perspectiva-one-health/>
26. Quesada A, Reginatto GA, Ruiz Español A, Colantonio LD, Burrone MS. Resistencia antimicrobiana de Salmonella spp aislada de alimentos de origen animal para consumo humano. Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública. enero de 2016;33(1):32-44.
27. Vidal JL, Clavijo V, Castellanos LR, Kathiresan J, Kumar AMV, Mehta K, et al. Multidrug-resistant Salmonella spp. in fecal samples of pigs with suspected salmonellosis in Antioquia, Colombia, 2019–2021. Revista Panamericana de Salud Pública. 19 de abril de 2023;47:1.
28. Ministerio de Salud Pública [MSP]. Enfermedades transmitidas por agua y alimentos infecciosos debidas a Salmonella [Internet]. 2021. Disponible en: <https://www.salud.gob.ec/wp-content/uploads/2021/01/Etas-SE-01.pdf>

29. Quiles A, Heiva M. Características de la flora intestinal del lechón: Efecto de los probióticos – BM Editores [Internet]. 2020 [citado 24 de enero de 2025]. Disponible en: <https://bmeditores.mx/porcicultura/caracteristicas-de-la-flora-intestinal-del-lechon-efecto-de-los-probioticos/>
30. Mach N, Berri M, Estellé J, Levenez F, Lemonnier G, Dennis C, et al. Early-life establishment of the swine gut microbiome and impact on host phenotypes – Mach – 2015 – Environmental Microbiology Reports – Wiley Online Library [Internet]. 2015 [citado 1 de noviembre de 2024]. Disponible en: <https://enviromicro-journals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/1758-2229.12285>
31. Uribe C, Suárez MC. Nontyphoidal salmonellosis, transmission through the consumption of contaminated food of poultry origin. Colomb Med. 18 de noviembre de 2006;37(2):151–8.
32. Agencia Europea de Medicamentos[EMA]. Categorisation of antibiotics in the European Union [Internet]. 2019. Disponible en: https://www.ema.europa.eu/en/documents/report/categorisation-antibiotics-european-union-answer-request-european-commission-updating-scientific-advice-impact-public-health-and-animal-health-use-antibiotics-animals_en.pdf
33. Hur J, Jawale C, Lee JH. Antimicrobial resistance of *Salmonella* isolated from food animals: A review. Food Research International. 1 de marzo de 2012;45(2):819–30.
34. Zhunaula Morocho AM. Evaluación de la actividad antimicrobiana de *Escherichia coli* y *Salmonella* spp. aisladas en quesillos artesanales del cantón Saraguro [Internet] [bachelorThesis]. Loja; 2023 [citado 29 de octubre de 2024]. Disponible en: <https://dspace.unl.edu.ec/handle/123456789/28018>
35. AGROCALIDAD. Listado de moléculas prohibidas en productos veterinarios [Internet]. 2024. Disponible en: <https://www.agrocalidad.gob.ec/wp-content/uploads/2024/02/Listado-de-mole%CC%81culas-prohibidas-en-productos-veterinarios-1.docx.pdf>
36. Calvino L. Vigilancia de la resistencia antimicrobiana en animales: profundizar las iniciativas y ampliar las capacidades. Revista Argentina de Microbiología. 1 de abril de 2021;53(2):87–8.



© 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 temperatura radiante de la ventana en el confort térmico en viviendas unifamiliares de la ciudad de Azogues

Cristian Javier Pinos Saquicela ¹  Jefferson Torres Quezada ²  Jorge-Fernando Toledo-Toledo ³ 

¹ Universidad Católica de Cuenca, Maestría en Construcciones con mención en Administración de la Construcción Sustentable, EC 010102, Cuenca, Ecuador.

² Universidad Católica de Cuenca, EC 010102, Cuenca, Ecuador.

³ Universidad Católica de Cuenca, Maestría en Construcciones con mención en Administración de la Construcción Sustentable, EC 010102, Cuenca, Ecuador.



Correspondencia: cristianjavier444_outlook.com



+ 593 995 410 625

DOI/URL: <https://doi.org/10.53313/gwj82224>

Resumen: Este estudio aborda la influencia de la temperatura radiante de las ventanas en el confort térmico, en el contexto de la importación de los modelos arquitectónicos foráneos que sustituyen la arquitectura vernácula en Azogues, Ecuador. Para ello, se realizó una revisión bibliográfica junto a una reflexión sobre el impacto que tiene una ventana sobre el confort térmico. Luego, mediante una metodología cuasi-experimental aplicada en una vivienda unifamiliar, se evaluaron las temperaturas internas en relación con las temperaturas radiantes emitidas por la ventana. Aplicando más tarde estrategias pasivas como persianas de pvc y cortinas de seda. Los resultados muestran un incremento de 0.27°C y 0.22°C, en la temperatura interna tras la aplicación de estas estrategias, mejorando así el confort térmico. Finalmente, se destaca la importancia de diseñar ventanas con criterios bioclimáticos para reducir pérdidas de calor y optimizar la habitabilidad mejorando la calidad de vida de las personas.

Palabras claves: Sostenibilidad, Confort Térmico, Temperatura radiante, Ventana

The influence of window radiant temperature on thermal comfort

Abstract: This study investigates the influence of window radiant temperature on thermal comfort, within the context of importing foreign architectural models that are replacing vernacular architecture in Azogues, Ecuador. A literature review and critical reflection on the impact of windows on thermal comfort were conducted. Subsequently, using a quasi-experimental methodology applied to a single-family dwelling, internal temperatures were evaluated relative to the radiant temperatures emitted by the window. Passive strategies—



Check for updates

Cita: Pinos Saquicela, C. J., Torres Quezada, J., & Toledo-Toledo, J.-F. (2025). Influencia de la temperatura radiante de la ventana en el confort térmico en viviendas unifamiliares de la ciudad de Azogues. Green World Journal, 08(02), 224. <https://doi.org/10.53313/gwj82224>

Received: 03/June/2025

Accepted: 10/July/2025

Published: 13/July/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

specifically PVC blinds and silk curtains—were then implemented. The results show an internal temperature increase of 0.27°C and 0.22°C following these interventions, thereby improving thermal comfort. Finally, the study underscores the importance of designing windows using bioclimatic principles to reduce heat loss, optimize habitability, and enhance residents' quality of life

Keywords: Sustainability, Thermal Comfort, Radiant Temperature, Window

1. Introducción

Inicialmente, una revisión bibliográfica sobre sostenibilidad y arquitectura bioclimática permitió comprender la temperatura ideal de un espacio habitable y su relación con el confort del usuario. Los procesos de evaluación térmica guían el análisis del desempeño de los espacios. Por ello, se seleccionó a la ciudad de Azogues, al sur del Ecuador, cuya altitud 2,500 m y clima frío-templado lo convierten en un contexto ideal para estudios térmicos.

Actualmente, el diseño y construcción de espacios con criterios sostenibles, como orientación, recorrido solar, ventilación cruzada, estrategias pasivas y materiales aislantes, son fundamentales para mejorar la habitabilidad (Xhexhi & Klodjan, 2023). Estas prácticas generan condiciones físicas y de bienestar que optimizan el rendimiento del usuario, al tiempo que reducen el consumo energético y la dependencia de sistemas de climatización e iluminación artificial (Omer, 2008).

La investigación en edificios en regiones frías, enfocada en mejorar el aislamiento y la envolvente interna, reduce el gasto energético mensual al minimizar pérdidas de calor e infiltraciones de aire frío en las jambas de las ventanas, así como la baja eficiencia en el uso de energía solar (Molina & Yaguana, 2018). Estas medidas son esenciales para optimizar la estanqueidad y el confort térmico.

Los elementos de la fachada son responsables de hasta el 60% de las pérdidas energéticas debido a sus coeficientes de transferencia de calor, principalmente en áreas vidriadas (Tushina, 2023). Estas pérdidas afectan directamente el confort térmico de los ocupantes durante el invierno y el verano, generando ambientes térmicos no uniformes (Cuce & Riffat, 2015) (Song et al., 2021).

Factores ambientales como: la temperatura interna, velocidad del aire, humedad relativa y temperatura radiante, entre otros; influyen significativamente en el confort térmico (Kujundzic et al., 2023). Además, algunas características de las ventanas, como: reflectividad, transmitancia y emisividad, son determinantes en su desempeño térmico.

La temperatura radiante, hace referencia al calor que emanan las superficies circundantes de un espacio, afectando significativamente el confort y la calidad de vida (Malik & Bardhan, 2023). Por lo tanto, el problema radica en la transferencia de calor por radiación en climas fríos, cuando la superficie acristalada de la ventana tiene una temperatura más baja que la interior, actuando como un radiador que genera un intercambio de energía/calor. Este intercambio reduce la temperatura radiante percibida, generando incomodidad y sensación de frío en los ocupantes cercanos (Liu et al., 2022). Además, la diferencia de temperatura entre el vidrio y el ambiente interior crean corrientes de convección que agravan la sensación de incomodidad (Huizenga et al., 2006). Mitigar este problema es un desafío clave en el diseño de espacios habitables (Wang & Wang, 2021).

Otros conceptos como la reflectividad, que determina la cantidad de radiación solar reflejada por el vidrio en función de su opacidad, establece que a mayor opacidad, menos luz atraviesa al interior y más se refleja al exterior. Por otro lado, la transmitancia térmica, mide el flujo de calor que atraviesa un objeto entre ambientes; una ventana con baja transmitancia es más eficiente al reducir el intercambio energético. Por último, la emisividad indica la capacidad de una superficie para emitir radiación: un valor alto implica enfriamiento rápido, mientras que un valor bajo lo retarda (Arévalo, 2021).

El rendimiento térmico de las ventanas es inferior al de otros componentes del edificio, lo que incrementa las pérdidas energéticas cuando su área es grande (Li et al., 2020). Estas aberturas acristaladas afectan el clima interior y la eficiencia energética de los espacios.

Sin embargo, el análisis de los resultados obtenidos en diferentes escenarios respalda la hipótesis de que las ventanas, según sus dimensiones y materiales, influyen significativamente en el confort térmico interior.

2. Materiales y métodos

2.1 Etapas

El estudio se desarrolló en tres etapas:

Primero: Selección de una vivienda en el centro de Azogues, como se muestra en la *figura 1, página siguiente*, ubicada a 2 500 m de altitud con un clima frío-templado, para analizar el comportamiento térmico nocturno, cuando las temperaturas descienden significativamente respecto al periodo diurno.



Figura 1. Ubicación de la zona de estudio: (a) Ciudad de Azogues, Ecuador; (b) Sector Zhirincay – frente al cementerio (c) Orientación de la Vivienda. Fuente: Elaboración propia.

Segundo: Se generó un análisis cuasi-experimental en dos habitaciones orientadas al este, *figura 1*, equipadas con ventanas de aluminio y vidrio simple de 6 mm. Se midieron las temperaturas internas y de las ventanas durante siete días, antes y después de aplicar estrategias pasivas: persianas de policloruro de vinilo (PVC) en la habitación 1 y cortinas de seda en la habitación 2.

Los



datos se recopilaban bajo condiciones climáticas similares para evaluar el rendimiento térmico y el confort (Lami et al., 2023). Los resultados compararon el impacto de las estrategias en la temperatura radiante interior (Zoure & Genovese, 2022).

Figura 2. Habitaciones internas de la vivienda: (a) Medidor de estrés térmico Reed; (b) Habitación 1; (c) Habitación 2; (d) Persianas PVC; (e) Cortina de seda; (f) Toma de datos de persiana; (g) Toma de datos cortina. Fuente: Elaboración propia.

Además, se realizó un análisis visual de las ventanas para verificar el estado de los materiales: jambas, uniones, empalmes y posibles orificios que permitieran infiltraciones de aire exterior. Al mismo tiempo, se aseguraron condiciones uniformes en las habitaciones, con pisos de madera, paredes enlucidas de 1 cm, cielos rasos de panel de yeso y ventanas de aluminio con vidrio transparente de 6 mm, *figura 2*.

Por otra parte, se implementaron estrategias pasivas: persianas verticales de pvc (90 mm x 1800 mm, espesor 1 mm) en la habitación 1, y cortinas de seda (espesor 0.05 mm) en la habitación 2, como se observa en la *Tabla 1*. El objetivo fue evaluar cambios en la temperatura interna, ya que estas barreras podrían reducir las pérdidas de calor, según la hipótesis inicial.

Tabla 1. Cronograma de recopilación de datos con y sin estrategia

ESPACIO/DÍA	DÍA 1	DÍA 2	DÍA 3	DÍA 4	DÍA 5	DÍA 6	DÍA 7
HABITACIÓN 1	SIN	SIN	SIN	SIN	SIN	Persiana (PVC)	Persiana (PVC)
HABITACIÓN 2	SIN	SIN	SIN	SIN	SIN	Cortina (seda)	Cortina (seda)

Tercero: Los datos se analizaron estadísticamente para evaluar el impacto de las estrategias en el confort térmico. En base a la información recopilada, se compararon las temperaturas internas de las habitaciones, determinando la influencia de la temperatura radiante de las ventanas.

2.2 Instrumentos

Para la recopilación de datos, se utilizaron 3 dispositivos calibrados que registraron temperaturas cada hora durante 7 días: Medidor de estrés térmico Reed (código Heat Stress Meter, precisión $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$); Data Logger Elitech RC-4 (rango 0–100% HR, precisión $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$); Termómetro infrarrojo Testo 830–T4 (rango -30 a $+400^{\circ}\text{C}$, precisión $\pm 1^{\circ}\text{C}$). Los dispositivos se calibraron antes del experimento y se colocaron a 1.5 m de altura en el centro de las habitaciones para evitar interferencias, como se evidencia en la *figura 3*.



Figura 3. Equipos utilizados: (a) Medidor de Stress Térmico (b) Termómetro Infrarrojo (c) Data Logger. Fuente: Elaboración propia.



2.3 Criterios a evaluar

Para evaluar el confort térmico, se adoptaron dos referencias: una local, basada en el libro “Certificación Edificio Sustentable y Seguro (CESSuc)” (Quesada et al., 2018). Promovido por la Dirección de Investigación de la Universidad de Cuenca, metodología que propone la división de tres apartados, mismos que poseen un rango de tolerancia para el usuario, los cuales se aprecian en la *figura 4*; y una internacional, según la norma ASHRAE 55 (ANSI, 2023). Avalada por la American National Standards Institute, que define tres parámetros con rangos de tolerancia para el usuario, como se muestra en la *figura 5*, *página siguiente*.

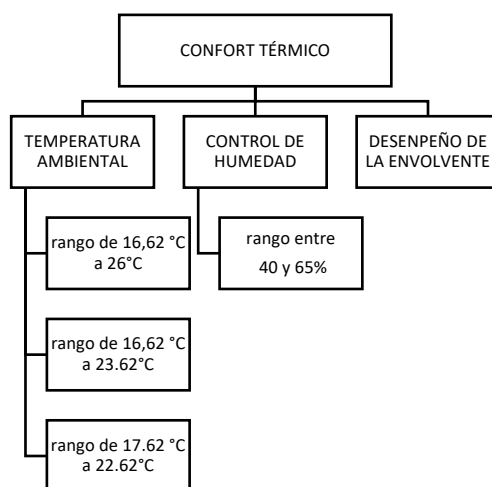


Figura 4. Criterios de evaluación sobre el confort térmico del libro Certificación Edificio Sustentable y Seguro: Elaboración propia.

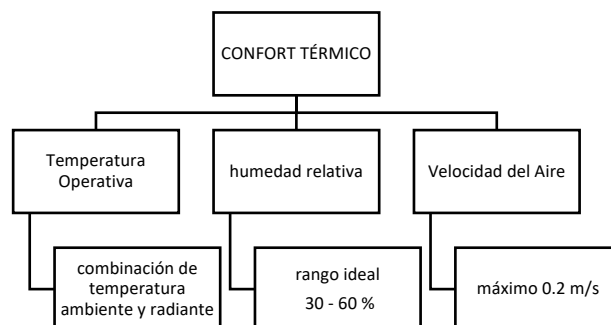


Figura 5. Criterios de confort térmico establecidos en la norma ASHRAE 55: Elaboración propia.

3. Resultados

3.1 Análisis de Temperaturas

Los datos recopilados por dispositivos digitales registraron el comportamiento térmico interno (temperatura ambiente) de las habitaciones, representado en curvas de temperatura (°C) vs. tiempo (24 horas). El análisis abarcó siete días, divididos en dos períodos: cinco días sin intervención y dos días con las estrategias pasivas aplicadas en ambas habitaciones. Los resultados, basados en la *figura 6* y *figura 7*, de la *página siguiente*; y, resumidos en la *tabla 2* y *tabla 3*, *página siguiente*, muestran los cambios en las temperaturas máximas, mínimas y promedio durante el día y la noche.

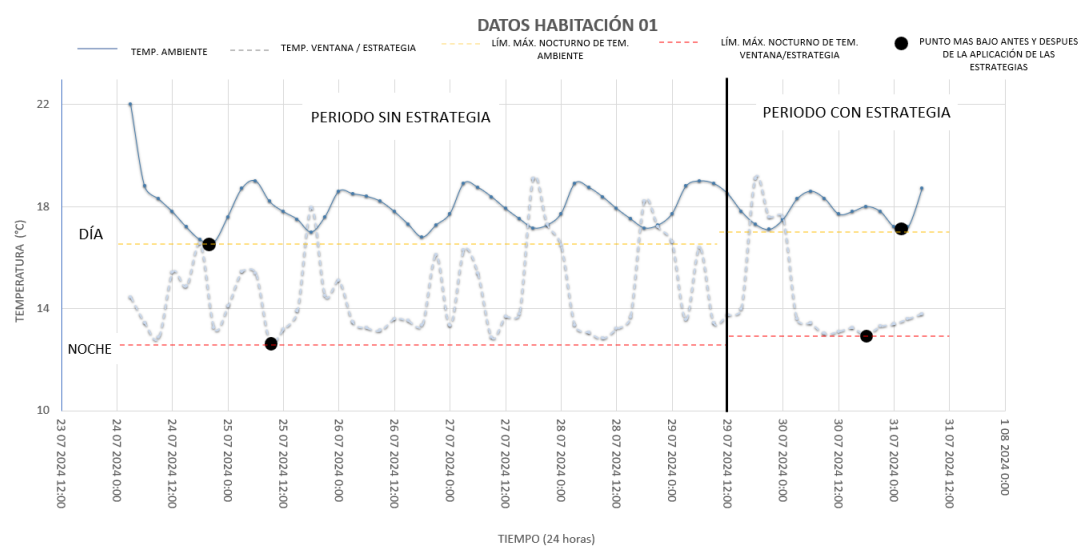


Figura 6. Datos diarios de la temperatura ambiente en la habitación 1. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2. Datos de la temperatura ambiente en la habitación 1, valores máximos (rojo) y mínimo (azul).

Tiempo (24 horas)		Temp Ambiente			Temperatura Ventana/Estrategia		
		Temp. Máxima	Temp. Media	Temp. Baja	Temp. Máxima	Temp. Media	Temp. Baja
Periodo sin estrategia(°C)	Día 1	18.3	17.3	16.6	16.6	14.6	12.9
	Día 2	19.0	18.0	17.0	18.0	15.4	12.8
	Día 3	18.6	17.7	16.8	16.1	14.7	13.3
	Día 4	18.9	18.0	17.1	19.1	16.0	12.9
	Día 5	18.8	17.95	17.1	18.2	15.5	12.8
Periodo con estrategia(°C)	Día 6	19.0	18.15	17.3	19.1	16.3	13.5
	Día 7	18.6	18.2	17.8	18.0	15.5	13.0

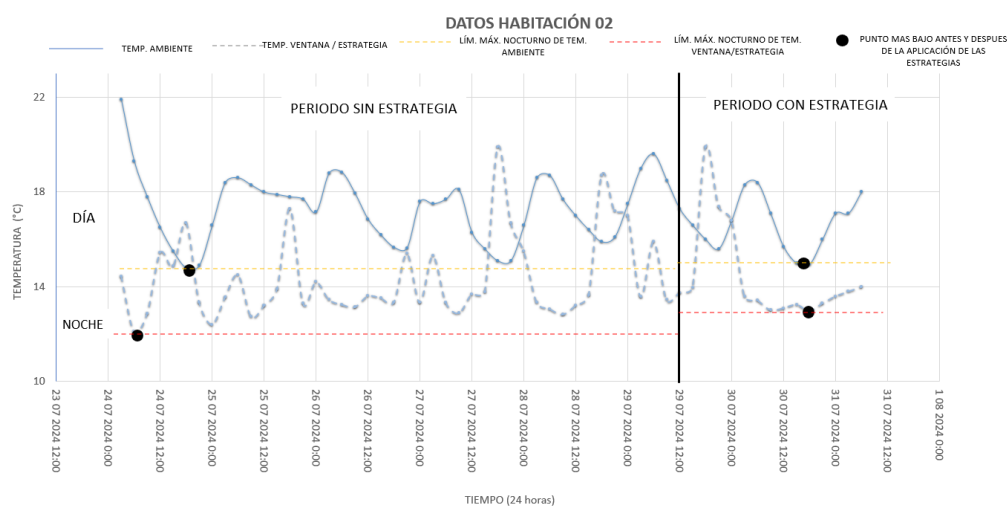


Figura 7. Datos diarios de la temperatura ambiente en la habitación 2. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3. Datos de la temperatura ambiente en la habitación 2, valores máximos (rojo) y mínimo (azul).

	Tiempo (24 horas)	Temperatura Ambiente			Temperatura Ventana/Estrategia		
		Temp. Máxima	Temp. Media	Temp. Baja	Temp. Máxima	Temp. Media	Temp. Baja
Periodo sin estrategia(°C)	Día 1	19.3	17.5	14.8	16.7	14.4	12.1
	Día 2	18.6	18.15	17.7	17.3	15.05	12.8
	Día 3	18.8	17.25	15.7	15.4	14.07	13.1
	Día 4	18.1	16.6	15.1	19.9	16.4	12.9
	Día 5	18.7	17.3	15.9	18.7	15.75	12.8
Periodo con estrategia(°C)	Día 6	19.6	17.6	15.6	19.6	16.55	13.5
	Día 7	18.4	16.67	14.95	18.4	15.75	13.1

3.2 Resultados Comparativos

Durante el experimento, se observó que las temperaturas oscilaron significativamente entre el día y la noche, con una diferencia máxima de 6 °C (máxima de 19 °C y mínima de 13 °C) según la *Tabla 2 de la página anterior* y *Tabla 3*. Dado que el objetivo era mitigar las pérdidas de calor, se analizaron los datos nocturnos (18:00 h a 6:00 h)

La comparación entre resultados muestra una variación de 1–2°C en las temperaturas ambiente de las habitaciones, y de 3–5°C de la temperatura de la ventana y estrategia.

3.2.1 Habitación 1

Según la *Figura 6 de la página anterior*, la temperatura ambiente promedio en la habitación 1 sin intervención, fue de 17,9 °C, con una temperatura promedio de la ventana de 15,95 °C. Con la persiana de PVC, la temperatura ambiente aumentó a 18,17 °C y la de la ventana con persiana a 16 °C.

En la *Tabla 4*, se pueden observar los valores antes y después de la intervención en la habitación 1.

Tabla 4. Comparación de temperaturas nocturnas promedio antes y después de la intervención en la habitación 1. Valor máximo (rojo) y mínimo (azul).

Temperaturas (°C)	ESPACIOS			
	Ambiente Antes	Ambiente Después	Ventana / Estrategia Antes	Ventana / Estrategia Después
Temp. Máxima	19	18.8	19.1	18.7
Temp. Media	17.9	18.17	15.90	16
Temp. Baja	16.8	17.55	12.8	13.3

3.2.2 Habitación 2

Según la *figura 7 de la página anterior*, la temperatura ambiente promedio en la habitación 2 sin intervención fue de 17,05 °C, con una temperatura promedio de la ventana de 13,75 °C. Con la cortina de seda, la temperatura ambiente subió a 17,27 °C y la de la ventana con cortina a 16,35 °C.

En comparación, en la *tabla 5*, se observa el aumento de los valores después de la aplicación con las cortinas de seda.

Tabla 5. Comparación de temperaturas nocturnas promedio antes y después de la intervención en la habitación 2. Valor máximo (rojo) y mínimo (azul).

Temperaturas (°C)	ESPACIOS			
	Ambiente Antes	Ambiente Después	Ventana / Estrategia Antes	Ventana / Estrategia Después
Temp. Máxima	19.3	19.6	15.4	19.6
Temp. Media	17.05	17.27	13.75	16.35
Temp. Baja	14.8	14.95	12.1	13.1

4. Discusión

Las temperaturas nocturnas en las habitaciones están dentro del rango general de 17 °C a 26 °C establecido por el CESSuc, oscilando entre 17 °C y 18 °C, lo que se alinea con sus directrices. Sin embargo, no alcanzan el rango óptimo de 18 °C a 22 °C definido por la ASHRAE 55 (ASHRAE,2023) para un confort ideal.

4.1 Temperaturas Internas

Según el CESSuc, el rango mínimo de temperatura ambiental para un espacio interior es de 16 °C a 26 °C, con un óptimo de 17 °C a 22 °C. La ASHRAE 55 (ASHRAE,2023) establece un rango de temperatura operativa de 21 °C a 26 °C para garantizar el confort.

La *figura 8*, muestra un incremento de 0,27 °C en la temperatura interna de la habitación 1 tras la intervención, frente a un aumento de 0,2 °C en la habitación 2, evidenciando una ligera mayor efectividad de las persianas de PVC.

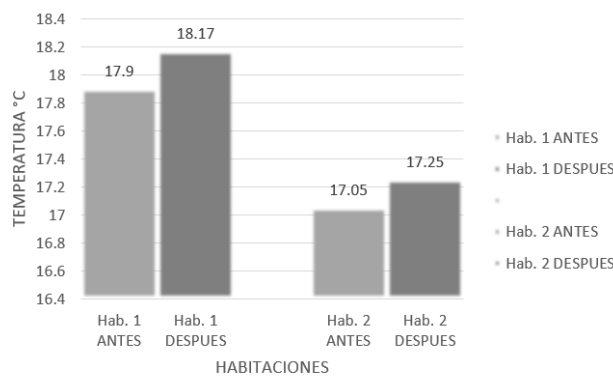


Figura 8. Comparación de temperaturas nocturnas en habitaciones. Fuente: Elaboración propia.

Por otra parte, la incorporación de elementos como persianas o cortinas sobre de las ventanas reduce la transferencia de calor, mitigando las pérdidas térmicas asociadas a la temperatura radiante de las superficies acristaladas.

4.2 Tipos de estrategias

Las persianas de PVC y las cortinas de seda regulan la luz, reduciendo la transmisión de calor exterior y las pérdidas de calor interior. Los datos muestran diferencias térmicas entre ambas estrategias.

Según la *figura 9*, en la habitación 1, la temperatura de la ventana con persianas de PVC difiere en 0,10 °C, una variación insignificante. En la habitación 2, la ventana con cortinas de seda muestra una diferencia de 2,60 °C, indicando mayor efectividad.

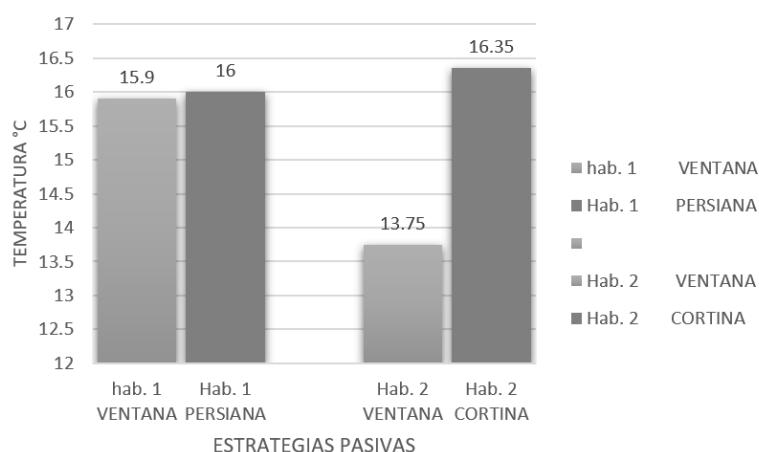


Figura 9. Comparación de temperaturas nocturnas entre estrategias, persiana PVC y cortina de seda. Fuente: Elaboración propia.

Las *figuras 8*, de la *página anterior* y la *figura 9*, muestran un incremento de 0,1°C a 0,27 °C; y, de 0,2 °C a 2,6 °C en las temperaturas internas de las habitaciones 1 y 2 respectivamente, tras aplicar las estrategias en diferencia a los días normales. Al comparar las cortinas de seda y las ventanas de PVC, las primeras resultaron más efectivas en la retención de calor.

La ventana como parte constructiva de una fachada, permite la ventilación e iluminación natural que genera un punto crítico por el cual se pierde calor, afectando el confort. Dado que el confort térmico es una experiencia subjetiva y que puede variar entre individuos, algunos pueden ser más sensibles a las variaciones de la temperatura radiante, mientras que otras pueden tolerar de mejor manera (Taweekun & Tantiwichien, 2013).

También, la ubicación de la persona es importante, ya que su cercanía a la ventana, genera una percepción de frescura en verano y frío en invierno como lo explica (Kim et al., 2022). Que, al estar cerca de un elemento de vidrio, la percepción de temperatura puede oscilar entre $\pm 2^{\circ}\text{C}$.

Es fundamental destacar que, además de las ventanas, la fachada de una edificación incluye otros elementos como paredes, cubiertas, aleros, voladizos, muros y cielos rasos (Kim et al., 2022). Estos componentes contribuyen a la pérdida de calor por infiltraciones, transmitancia o emisividad de materiales. Sin embargo, su desempeño térmico puede mejorarse mediante la implementación de estrategias complementarias, tales como:

- **Aislamiento en paredes:** Uso de materiales como poliestireno expandido, poliuretano, rollos reflexivos, lanas minerales o naturales.
- **Aislamiento en vidrios:** Aplicación de láminas o películas de resina epóxica de 1–3 mm de espesor, con baja susceptibilidad higrométrica.
- **Aislamiento en ventanas:** Marcos con alta masa térmica, ventanas de doble vidrio o con cámaras de aire.
- **Aislamiento en pisos:** Pisos flotantes con propiedades térmicas, resinas epóxicas o maderas con alta masa térmica.

El desafío radica en lograr un equilibrio entre la optimización del aislamiento térmico de las ventanas, para minimizar la pérdida de calor, y la necesidad de garantizar una adecuada entrada de luz natural y vistas al exterior, sin comprometer el confort térmico por la temperatura radiante. Esto implica considerar aspectos como la transmitancia, la emisividad, el aislamiento y la reflectividad (Leftheriotis & Yianoulis, 2022).

Estudios demuestran que el uso de ventanas de doble capa en la cara exterior de los edificios puede incrementar la eficiencia térmica en un 8% (Khaliq & Mansoor, 2022). Estos datos sirven como referencia para la aplicación de estrategias sostenibles adaptadas a nuestro contexto (Rowe, 2003).

5. Conclusión

En el marco de los objetivos trazados, este estudio determina que la temperatura radiante generada por la ventana, si influye en la temperatura ambiental interna de un recinto, y que su impacto, puede ser mitigado mediante el uso de estrategias como persianas o cortinas, que impiden que la superficie de los materiales de la misma, por medio de sus características (reflectividad, transmitancia o emisividad) generen una pérdida de calor.

Las persianas de PVC destacaron por su mayor efectividad frente a las cortinas de seda, gracias a sus materiales de baja intensidad y emisividad reducida. Por el contrario, las cortinas, aunque eficientes, presentan espacios entre hiladas que permiten filtraciones de frío, favoreciendo pérdidas de calor.

Para mitigar la temperatura radiante, se recomienda usar estrategias pasivas como doble vidrio con cámaras de aire, persianas con mayor capacidad aislante, sellado de jambas y aplicación de láminas epóxicas.

Este estudio demuestra la vulnerabilidad de las ventanas en términos de confort y resalta la importancia de su diseño para la habitabilidad. Sin embargo, el diseño energético de ventanas es clave en la arquitectura sostenible.

Para comprender y predecir el impacto de la temperatura radiante, es necesario desarrollar modelos de simulación confiables, desarrollar mayor experimentación que permita verificar las condiciones reales de uso y ocupación de los ambientes, sumado al planteamiento de estrategias de control ambiental más efectivo, promoviendo un confort térmico óptimo en los edificios.

Finalmente, este estudio puede replicarse e integrarse en investigaciones más avanzadas que analicen de manera conjunta otras estrategias pasivas aplicadas a paredes, pisos, cubiertas y otros elementos constructivos, que permitan conseguir un confort térmico óptimo sin recurrir a sistemas

de consumo energético, como calefactores o aires acondicionados, promoviendo así una arquitectura más sostenible y eficiente.

Agradecimiento: El presente artículo es parte del trabajo de investigación y titulación del Programa de Maestría en Construcciones con mención en Administración de la Construcción Sustentable de la Universidad Católica de Cuenca, por ello agradecemos a todos y cada uno de los instructores pertenecientes a los grupos de investigación; Ciudad, Ambiente, y Tecnología (CAT), por los conocimientos e información brindados para la elaboración del trabajo.

Contribución de autores: "conceptualización, J.T.Q., e C.P.; metodología, J.T.Q., e C.P.; software, J.T.Q., e C.P.; investigación, J.T.Q., e C.P.; redacción-revisión y edición, J.T.T., J.T.Q., e C.P.; visualización, C.P.; supervisión, J.T.Q., e C.P.; adquisición de fondos, C.P.",

Financiamiento: Los autores financiaron a integridad el estudio.

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

Referencias

1. Arévalo, J. (2021) *Impacto de la proporción de la ventana en el comportamiento térmico de la vivienda cuencana* [Tesis de grado, Universidad Católica de Cuenca]. <https://dspace.ucacue.edu.ec/handle/ucacue/11332>
2. Cuce & Riffat, S. (2015). A state-of-the-art review on innovative glazing technologies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 41, 695–714. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.08.084>
3. Huizenga, C. et al. (2006). Rendimiento de ventanas para el confort térmico humano. [Final report to the national fenestration rating council february 2006, University of California, Berkeley] <https://escholarship.org/uc/item/6rp85170>
4. Khaliq & Mansoor, U. (2022). Performance evaluation for energy efficiency attainment in buildings based on orientation, temperature, and humidity parameters. *Intelligent Buildings International*, 14(5), 606–622. DOI: <https://doi.org/10.1080/17508975.2021.1873096>
5. Kim, S. et al. (2022). Understanding Occupants' Thermal Sensitivity According to Solar Radiation in an Office Building with Glass Curtain Wall Structure. *Buildings*, 12(1). DOI: <https://doi.org/10.3390/buildings12010058>
6. Kujundzic, K. et al. (2023). Toward Regenerative Sustainability: A Passive Design Comfort Assessment Method of Indoor Environment. *Sustainability*, 15(1), 840. DOI: <https://doi.org/10.3390/SU15010840>
7. Lami, M. et al. (2023). Optimisation of wasted air utilisation in thermal loss reduction in double-glazed windows of commercial buildings in cold regions. *International Journal of*

- Energy and Environmental Engineering*, 14(2), 145–165. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40095-022-00499-0>
8. Leftheriotis & Yianoulis, P. (2022). 3.10 – Glazings and Coatings. *Comprehensive Renewable Energy, Second Edition*, 3(2), 360–401. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819727-1.00022-4>
 9. Li, D. et al. (2020). Optical and thermal performance of glazing units containing PCM in buildings: A review. *Construction and Building Materials*, 233. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.117327>
 10. Liu, P. et al. (2022). Climate Adaptation and Indoor Comfort Improvement Strategies for Buildings in High-Cold Regions: Empirical Study from Ganzi Region, China. *Sustainability*, 14(1), 576. DOI: <https://doi.org/10.3390/su14010576>
 11. Malik & Bardhan, R. (2023). A localized adaptive comfort model for free-running low-income housing in Mumbai, India. *Energy and Buildings*, 281, 112756. DOI: <https://doi.org/10.1016/J.ENBUILD.2022.112756>
 12. Molina & Yaguana, D. (2018). Indoor environmental quality of urban residential buildings in Cuenca-Ecuador: Comfort standard. *Buildings*, 8(7), 90. DOI: <https://doi.org/10.3390/buildings8070090>
 13. ANSI. (2023). *Condiciones Ambientales Térmicas para la Ocupación Humana* (Norma núm. 55). <https://www.ashrae.org/technical-resources/bookstore/standard-55-thermal-environmental-conditions-for-human-occupancy>
 14. Omer, A. (2008). Energy, environment and sustainable development. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 12(9), 2265–2300. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2007.05.001>
 15. Rowe, D. (2003). Effect on Thermal Comfort of Radiant Heat Exchange Near Single Glazed Windows. *Architectural Science Review*, 46(1), 29–35. DOI: <https://doi.org/10.1080/00038628.2003.9696961>
 16. Taweekun & Tantiwichien, A. (2013). Thermal Comfort Zone for Thai People. *Engineering*, 5(5), 525–529. DOI: <https://doi.org/10.4236/eng.2013.55062>
 17. Tusnina, V. (2023). Análisis numérico de la eficiencia térmica de muros exteriores con inclusiones conductoras de calor. *International Journal for Computational Civil and Structural Engineering*, 19(1), 155–167. DOI: <https://doi.org/10.22337/2587-9618-2023-19-1-155-167>

18. Quesada, F. et al. (2018). Certificación Edificio Sustentable y Seguro. [Universidad de Cuenca Facultad de Arquitectura y Urbanismo]. ISBN: 978-9978-14-411-4).
19. Wang & Wang, J. (2021). A spectrally-resolved method for evaluating the solar effect on user thermal comfort in the near-window zone. *Building and Environment*, 202. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.108044>
20. Xhexhi, K. (2023). In the Traces of Bioclimatic Architecture. In: Ecovillages and Ecocities. *The Urban Book Series*. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-20959-8_5
21. Zoure & Genovese, P. (2022). Development of Bioclimatic Passive Designs for Office Building in Burkina Faso. *Sustainability*, 14(7), 4332. DOI: <https://doi.org/10.3390/su14074332>



© 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

Análisis Ergonómico de trabajadores en edificio administrativo de empresa de balanceado en Durán aplicando el método ROSA

Liz Solis Bravo¹ Carlos Mesías Bejarano Naula¹

¹ Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba, EC 060118, Ecuador

✉ Correspondencia: lizsolis89@outlook.com ☎ + 593 997927184

DOI/URL: <https://doi.org/10.53313/gwj82226>

Resumen: Este artículo analiza los riesgos ergonómicos en oficinas mediante el método Rapid Office Strain Assessment (ROSA) y su relación con síntomas musculoesqueléticos identificados con el Cuestionario Nórdico de Kuorinka, su objetivo fue evaluar los riesgos ergonómicos a los que están expuestos el personal administrativo de empresa de balanceado en Durán, mediante la aplicación del método ROSA y su relación con los síntomas musculoesqueléticos reportados por los trabajadores, esta investigación adoptó un enfoque cuantitativo, descriptivo y transversal, con una muestra de 26 trabajadores, los instrumentos empleados fueron la observación directa para la evaluación del entorno de trabajo ROSA y el cuestionario nórdico para estado físico de los empleados. Los resultados obtenidos mediante el Cuestionario Nórdico evidenciaron una elevada prevalencia de dolor en la región lumbar, dorsal, cuello y hombro derecho, con síntomas de intensidad leve a moderada en la mayoría de los casos. Paralelamente se realizó la evaluación con el método ROSA, los datos obtenidos mostraron que el 65,4% de los trabajadores se encontraban en un nivel de riesgo "moderado" (puntaje ≤ 4), mientras que el 34,6% restante se ubicó en el nivel "alto" (puntaje ≥ 5), lo cual implica la necesidad de intervención, sin embargo, se pudo notar que todos los reportes de dolor intenso se concentraron en trabajadores con puntajes ROSA altos. La prueba de Chi-cuadrado reveló una asociación estadísticamente significativa entre el nivel de riesgo ergonómico y la intensidad del dolor lumbar ($\chi^2 = 9,34$; $p = 0,009$), por lo que se concluyó que la combinación del método ROSA y el Cuestionario Nórdico representa una estrategia efectiva para identificar factores de riesgo postural y prevenir trastornos musculoesqueléticos en entornos administrativos.

Palabras claves: Método ROSA; síntomas musculoesqueléticos; ergonomía; cuestionario Nórdico; puestos administrativos.

Ergonomic analysis of workers in the administrative building of a balancing company in Durán, applying the ROSA method.

Abstract: This article analyzed ergonomic risks in offices using the Rapid Office Strain Assessment (ROSA) method and their relationship with musculoskeletal symptoms identified through the Kuorinka Nordic Questionnaire. Its objective was to evaluate the ergonomic risks to which the administrative staff of the Skretting Durán



Cita: Solis Bravo, L. & Bejarano Naula, Carlos M. (2025). Análisis Ergonómico de trabajadores en edificio administrativo Skretting Durán aplicando el método ROSA. Green World Journal, 8(2), 226. <https://doi.org/10.53313/gwj82226>

Received: 03/June/2025

Accepted: 17/July/2025

Published: 22/July/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>

building are exposed by applying the ROSA method and correlating it with musculoskeletal symptoms reported by the workers. This research adopted a quantitative, descriptive, and cross-sectional approach with a sample of 26 workers. The instruments used were direct observation for evaluating the work environment through ROSA and the Nordic Questionnaire for assessing the employees' physical condition. The results obtained from the Nordic Questionnaire revealed a high prevalence of pain in the lumbar, dorsal, neck, and right shoulder regions, with symptoms ranging from mild to moderate intensity in most cases. Simultaneously, the evaluation using the ROSA method showed that 65.4% of the workers were at a "moderate" risk level (score ≤ 4), while the remaining 34.6% fell into the "high" risk level (score ≥ 5), indicating the need for intervention. However, it was observed that all reports of intense pain were concentrated among workers with high ROSA scores. The Chi-square test revealed a statistically significant association between the ergonomic risk level and the intensity of lumbar pain ($\chi^2 = 9.34$; $p = 0.009$). It was concluded that the combination of the ROSA method and the Nordic Questionnaire represents an effective strategy to identify postural risk factors and prevent musculoskeletal disorders in administrative environments

Keywords: ROSA method, musculoskeletal symptoms, ergonomics, Nordic questionnaire, administrative workstations

1. Introducción

La prevalencia de los trastornos musculoesqueléticos relacionados con el trabajo (TME-RT) en entornos de oficina ha aumentado considerablemente en las últimas décadas, principalmente debido al uso generalizado y prolongado de computadoras en los puestos laborales. Estudios anteriores como el de Matos y Arezes (2015), Habibi et al. (2017) indican que ya en el año 2000, más del 60% de los trabajadores utilizaban computadoras como parte de sus tareas diarias [1,2], una cifra que ha ido en constante aumento desde la década de 1990, esta creciente dependencia ha sido asociada con la aparición de molestias musculoesqueléticas, especialmente en el cuello, extremidades superiores y la región lumbar.

Actualmente, los TME-RT son una de las principales causas de ausentismo laboral, las exigencias físicas del trabajo administrativo, como la sedestación prolongada, los movimientos repetitivos de las manos [3], las posturas estáticas forzadas y la configuración inadecuada del mobiliario, contribuyen al desarrollo de afecciones como el síndrome de túnel carpiano, la tendinitis del hombro y el dolor lumbar [4], muchos de estos problemas están directamente relacionados con la interacción inadecuada entre el trabajador y los componentes del puesto de trabajo, como la silla, el escritorio, el monitor, el teclado, el ratón y el teléfono [5].

La Evaluación Rápida de Tensión en la Oficina (ROSA) ha surgido como un método práctico basado en listas de verificación, específicamente diseñado para evaluar riesgos ergonómicos en oficinas, ROSA asigna una puntuación del 1 al 10, donde una puntuación más alta indica un mayor nivel de riesgo [6]. El método se divide en cuatro secciones: la Sección A evalúa la silla, la Sección B el monitor y el teléfono, la Sección C el teclado y el mouse, y la Sección D los accesorios adicionales, La puntuación final orienta sobre la urgencia de aplicar medidas correctivas [7].

A pesar de su estructura clara, los estudios que aplican ROSA pueden presentar dificultades para compararse entre sí, debido a las diferencias en las estaciones de trabajo evaluadas y al frecuente incumplimiento de las recomendaciones ergonómicas [8]. No obstante, el sistema de puntuación estandarizado de ROSA permite priorizar intervenciones de manera objetiva, especialmente en ambientes administrativos [9].

Otra herramienta ampliamente utilizada en investigaciones ergonómicas es el Cuestionario Nórdico de Kuorinka, diseñado para detectar síntomas musculoesqueléticos autoinformados en nueve regiones corporales [10]. La aplicación combinada de ROSA y el Cuestionario Nórdico permite establecer una relación directa entre los factores físicos del entorno de trabajo y las molestias percibidas por los empleados, fortaleciendo así la calidad del diagnóstico ergonómico [11].

En Ecuador, los trastornos musculoesqueléticos laborales constituyen un problema prioritario de salud ocupacional, especialmente en el sector administrativo [12]. En este contexto, el presente estudio tuvo como objetivo analizar los factores de riesgo ergonómico presentes en las estaciones

de trabajo del personal administrativo de Durán, mediante la aplicación del método ROSA y el Cuestionario Nórdico de Kuorinka. A partir de esta evaluación, se identificaron deficiencias ergonómicas que requieren intervención, por lo que se proponen mejoras orientadas a: ajustar la altura de las sillas y el soporte lumbar, reubicar correctamente los monitores para evitar la flexión cervical prolongada, implementar el uso de reposabrazos adecuados, y establecer pausas activas programadas durante la jornada laboral. Estas acciones buscan prevenir el desarrollo de trastornos musculoesqueléticos, optimizar las condiciones posturales del personal y promover un entorno laboral más saludable y productivo.

2. Materiales y métodos

La presente investigación se enmarca como un enfoque mixto, combinando herramientas de análisis cuantitativo y cualitativo para evaluar los riesgos ergonómicos presentes en las estaciones de trabajo del personal administrativo del edificio de empresa de balanceado en Durán aplicando el método ROSA, así como para establecer su relación con los trastornos musculoesqueléticos reportados. También fue un estudio descriptivo, no experimental y de corte transversal, para identificar, evaluar y controlar los factores de riesgo sin manipular las condiciones del entorno laboral, la información se recopiló en un periodo específico, permitiendo identificar el estado actual de las condiciones ergonómicas.

2.1 Área de estudio

Este estudio se llevó a cabo en el edificio administrativo de la planta de balanceado, ubicado en el cantón Durán, Ecuador Figura 1, entre los meses de marzo y mayo de 2025, la población total des de 68 trabajadores administrativos, la muestra estuvo conformada de manera intencionada por 26 trabajadores administrativos de cuatro áreas que desempeñan sus funciones de forma presencial, la participación fue voluntaria y se obtuvo el consentimiento informado por parte de todos los colaboradores. Todos los participantes realizan sus actividades principalmente en posición sentada y utilizan herramientas de oficina como computadora (monitor, teclado y ratón), teléfono, documentos y mobiliario de oficina.

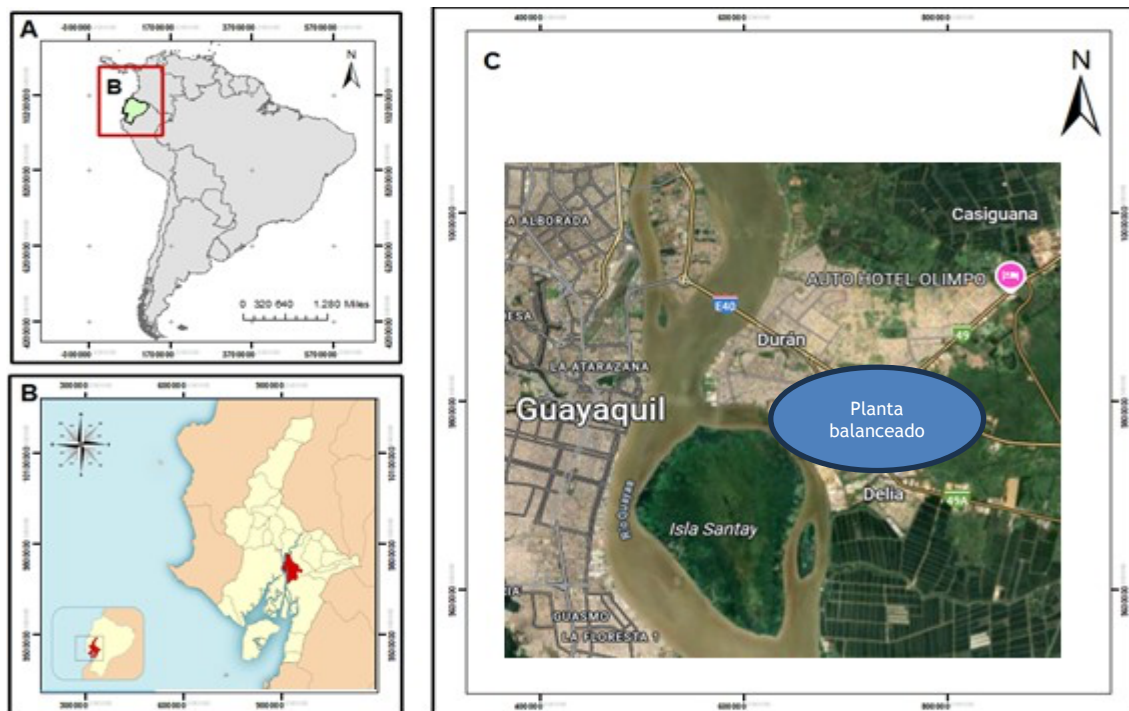


Figura 1. Ubicación geográfica del edificio administrativo de empresa de balanceado en Durán, Ecuador

2.2 Métodos

Se inició la investigación con una reunión con el Departamento de Talento Humano de la empresa para conocer el tipo de tareas que desempeñan los trabajadores, los horarios laborales y las posturas de trabajo más comunes, posteriormente, se llevó a cabo una observación directa de los puestos de trabajo y se realizó una breve entrevista con cada trabajador para entender la naturaleza de sus funciones, durante la evaluación se tomaron fotografías de los colaboradores en sus estaciones de trabajo, previo consentimiento, con fines de documentación ergonómica.

Se aplicó el Cuestionario Nórdico de Kuorinka, que permitió identificar síntomas musculoesqueléticos en nueve regiones corporales (cuello, hombros, espalda dorsal y lumbar, codos, muñecas, caderas, rodillas y tobillos), este instrumento es ampliamente utilizado en entornos laborales para detectar molestias físicas asociadas a malas posturas, movimientos repetitivos y otras condiciones ergonómicas inadecuadas [13], si bien no constituye una herramienta diagnóstica clínica, su valor radica en la identificación de prevalencia y severidad de molestias musculoesqueléticas, especialmente en actividades que implica posiciones estáticas prolongadas, uso continuo de computadora, teclado y mouse.

El cuestionario se dividió en dos secciones principales:

Sección I: Evaluación de prevalencia: Se pregunta al trabajador si ha experimentado dolor o molestias en las siguientes 9 regiones corporales durante los últimos 12 meses: cuello, hombros, espalda dorsal, codos, muñecas/manos, espalda lumbar, caderas/piernas, rodillas y tobillos/pies.

Sección II: Evaluación de severidad: Para cada región en la que el trabajador indicó haber sentido molestias, se solicita calificar la intensidad del malestar en una escala tipo Likert de 6 puntos (0 a 5), como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Escala de severidad del Cuestionario Nórdico de Kuorinka

Valor	Descripción
0	Sin molestia
1	Muy leve
2	Leve
3	Moderada
4	Fuerte
5	Muy fuerte

La aplicación del cuestionario permitió una valoración cuantitativa del malestar musculoesquelético en cada segmento corporal, facilitando el análisis estadístico y la comparación con los resultados obtenidos por el método ROSA.

Estudios previos como el de Cedeño (2021), González (2021) y Javier et al. (2023) han mostrado una alta consistencia interna, con un coeficiente alfa de Cronbach superior a 0,86, lo que indica que los ítems que componen el instrumento están altamente correlacionados entre sí, por lo que se considera altamente confiable para evaluar molestias musculoesqueléticas en trabajadores administrativos [14-16].

A continuación, se aplicó el método ROSA (Rapid Office Strain Assessment) mediante su lista de verificación en formato papel, para cuantificar de forma rápida los riesgos asociados al trabajo de oficina con computadoras, establecer niveles de acción y caracterizar el nivel de riesgo ergonómico según la interacción del trabajador con los elementos del puesto. ROSA analiza la postura del trabajador y la configuración del mobiliario a través de una lista de verificación estructurada, asignando puntuaciones a los siguientes componentes:

Sección A: Silla (altura, profundidad, soporte lumbar, reposabrazos)

Sección B: Monitor y teléfono

Sección C: Teclado y mouse

Sección D: Accesorios adicionales (espacio, alineación, iluminación)

Cada componente recibe una puntuación entre 1 y 3, que puede incrementarse con criterios adicionales como la ausencia de ajustes o el uso prolongado del equipo. El puntaje final (de 1 a 10) se obtiene mediante combinaciones en tablas cruzadas, y se interpreta según los niveles de riesgo descritos en la Tabla 2.

Tabla 2. Niveles de riesgo según puntuación final del método ROSA

Puntuación	Nivel de riesgo	Categoría	Recomendación
1	Inapreciable	Nivel 0	No se precisa intervención
2-4	Mejorable	Nivel 1	Se pueden mejorar algunos elementos
5	Alto	Nivel 2	Se precisa actuación
6-8	Muy alto	Nivel 3	Se precisa actuación cuanto antes
9-10	Extremo	Nivel 4	Se precisa actuación urgente

Nota. La tabla presenta los niveles de riesgo ergonómico definidos por el método Rapid Office Strain Assessment (ROSA), indicando la urgencia de intervención según la puntuación obtenida [17].

Este método fue aplicado mediante observación directa de las estaciones de trabajo y análisis de fotografías, donde se valoraron elementos como la alineación de pantalla, altura del escritorio, uso de apoyabrazos, entre otros.

Estudios de validación del método ROSA como el de Villegas (2022) y Tavares et al. (2022) han reportado una fiabilidad aceptable, con un alfa de Cronbach igual y superior a 0,82, lo que indica una adecuada consistencia interna para identificar riesgos ergonómicos en oficinas [18,19].

Los datos recolectados fueron procesados mediante estadística descriptiva, con porcentajes, para el análisis de la relación entre los factores de riesgo ergonómicos (evaluados con ROSA) y los síntomas musculoesqueléticos (detectados mediante el Cuestionario Nórdico), se utilizó el software estadístico SPSS versión 23 para el cálculo del chi cuadrado de Pearson, los resultados fueron representados en tablas y gráficos para facilitar su interpretación, además se garantizó la confidencialidad de la información proporcionada por los participantes, quienes participaron de manera voluntaria y con consentimiento informado, asegurando la no vulneración de derechos y el uso exclusivo de los datos con fines académicos.

3. Resultados

3.1. Caracterización de la muestra

La muestra estuvo compuesta por 26 trabajadores administrativos de cuatro áreas, del edificio Skretting Durán, como se muestra en la Tabla 3, de los cuales 14 (54%) fueron hombres y 12 (46%) mujeres, evidenciando una distribución equitativa por género. Las edades de los participantes oscilaron entre los 26 y 41 años, con una edad promedio aproximada de 33,8 años, lo cual corresponde a una población adulta joven en plena etapa laboral activa.

En cuanto a la antigüedad laboral, se observó una distribución variada: 23% (6 trabajadores) tenían entre 1 y 2 años de experiencia, 62% (16 trabajadores) contaban con entre 3 y 5 años de antigüedad y el 15% (4 trabajadores) tenían más de 5 años en la institución. Todos los participantes desempeñan funciones en oficinas administrativas con uso continuo de computadoras, lo que los expone a riesgos ergonómicos por posturas prolongadas, trabajo repetitivo y mobiliario no ajustable, factores relevantes en la evaluación mediante el método ROSA y el Cuestionario Nórdico de Kuorinka.

Tabla 3. Características de la muestra

Características	Áreas evaluadas				Total	Porcentaje
	Consola	Administración	Consola Galápagos 1	Proyectos		
Edad mín./máx.	26-40	29-41	32-40	32-33		33,8 prom.
Hombres	5	4	4	1	14	53,8%
Mujeres	5	4	2	1	12	46,2%
Antigüedad 1-2 años	4	1	1	0	6	23,1%
Antigüedad 3-5 años	5	5	4	2	16	61,5%
Antigüedad +5 años	1	2	1	0	4	15,4%

Al realizar la observación general de los puestos de trabajo con el objetivo de caracterizarlos, se evidenció que los trabajadores permanecen principalmente en posición sentada en oficinas de espacio abierto, entre las tareas más frecuentes se encuentran: el trabajo con computadora, la lectura y revisión de documentos, la atención telefónica y en menor medida el uso de fotocopadoras, las estaciones de trabajo están compuestas por un escritorio, silla, computadora (monitor, teclado y mouse ó computador portátil en algunas áreas) y teléfono celular.

3.2. Resultados del Cuestionario Nórdico de Kuorinka

El Cuestionario Nórdico de Kuorinka se utilizó para identificar la presencia de síntomas musculoesqueléticos en nueve regiones del cuerpo durante los últimos 12 meses, A continuación, se describen los resultados obtenidos de los trabajadores encuestados.

Tabla 4. Frecuencia de síntomas musculoesqueléticos por región corporal

Región corporal	% de trabajadores con molestias (n = 26)
Cuello	50%
Hombro derecho	50%
Hombro izquierdo	31%
Espalda dorsal	54%
Espalda lumbar	54%
Codo/antebrazo derecho	35%
Codo/antebrazo izquierdo	31%
Muñeca/mano derecha	35%
Muñeca/mano izquierda	27%
Cadera/pierna	27%
Rodillas	38%
Tobillos/pies	12%

Como se observa en la Tabla 4, la zona más afectada fue la región lumbar, dorsal, cuello y hombro derecho, con el 50% de los participantes reportando molestias, seguido de las rodillas, muñeca derecha y codo derecho con un porcentaje de 38 % y 35 % respectivamente.

En la Figura 2 se visualiza gráficamente la distribución de los síntomas reportados por los trabajadores en las diferentes regiones del cuerpo.

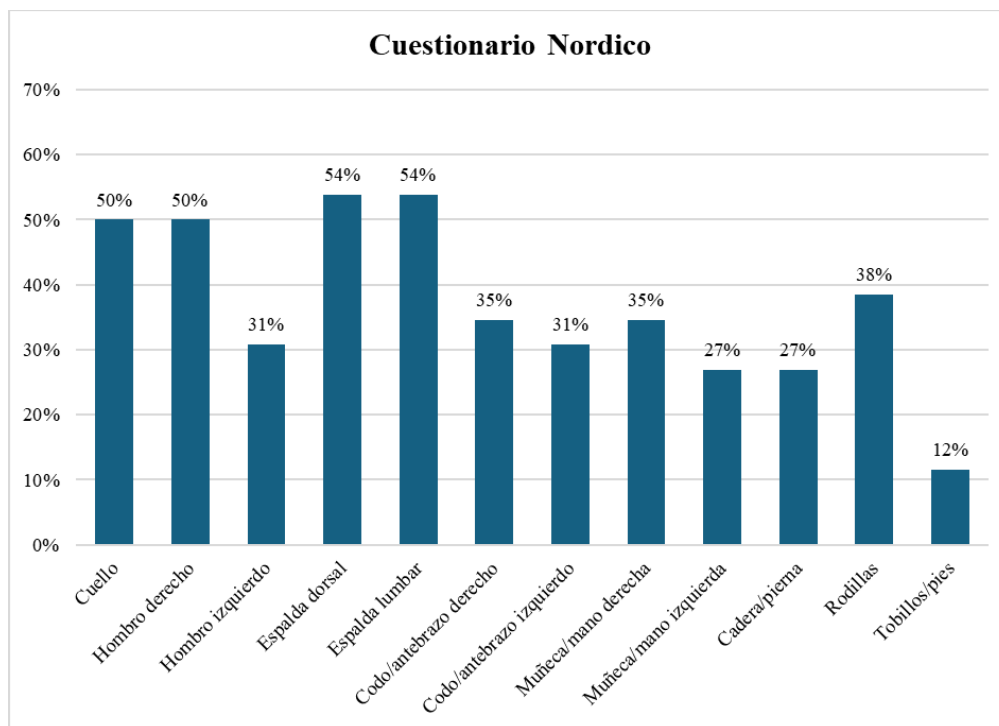


Figura 2: Localización de síntomas musculoesqueléticos reportados

Posteriormente con los trabajadores que reportaron dolores en las regiones que evalúa el cuestionario nórdico se indagó sobre la intensidad del dolor en los últimos 7 días en las regiones afectadas como se muestra en la Tabla 5, siendo la molestia leve en la mayoría de los casos, seguido de moderado y una pequeña porción mencionó que era intenso.

Tabla 5. Intensidad reportada por el trabajador del dolor por región evaluada

N° de Trabajadores afectados	Región afectada	Leve	Moderado	Intenso
13	Cuello	46%	38%	15%
13	Hombro derecho	31%	38%	31%
8	Hombro izquierdo	63%	25%	13%
14	Espalda dorsal	50%	36%	14%
14	Espalda lumbar	50%	36%	14%
9	Codo/antebrazo derecho	56%	22%	22%
8	Codo/antebrazo izquierdo	63%	25%	13%
9	Muñeca/mano derecha	56%	22%	22%
7	Muñeca/mano izquierda	43%	43%	14%
7	Cadera/pierna	57%	29%	14%
10	Rodillas	50%	30%	20%
3	Tobillos/pies	67%	33%	0%

Estos resultados indican que las molestias musculoesqueléticas están asociadas con las posturas prolongadas y el uso repetitivo de extremidades superiores en entornos administrativos, lo cual concuerda con las puntuaciones obtenidas mediante el método ROSA.

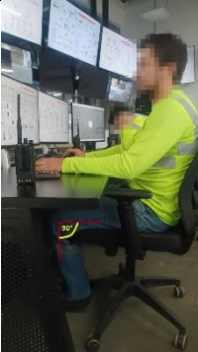
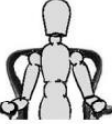
3.2. Resultados del método ROSA

Para la evaluación de la postura de trabajo se utilizó el formulario ROSA, determinando las puntuaciones en las partes A, B y C y la puntuación final, la evaluación se la realizó para cada uno de los 26 trabajadores observados como se muestra en la tabla 6, las áreas de trabajo evaluadas se muestran en la figura 3.



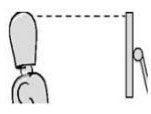
Figura 3. Áreas de trabajo

Tabla 6. Calificación de las puntuaciones de la postura de trabajo en base a la ficha de observación ROSA

Sección A		Puntuación
Altura de la silla 1.  Knees at 90° (1)		1 (las rodillas forman un ángulo de 90°)
Profundidad del asiento 2.  Too Short - More than 3" of Space(2)		1 (la distancia entre la rodilla y el borde del asiento es superior a 3 pulgadas) + 1 (no regulable)
Apoyabrazos 3.  Elbows supported in line with shoulder, shoulders relaxed (1)		1 (codos apoyados en línea con los hombros, hombros relajados) + 1 (no regulable)

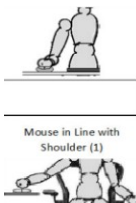
Respaldo 4.  No Back Support (ie Stool, OR Worker Leaning forward) (2)		1 (la espalda del trabajador está demasiado adelantada) + 1 (no se puede ajustar)
--	---	--

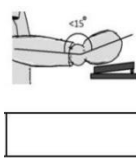
Por lo tanto, la puntuación de la sección A (puntuación de la silla) es Altura (Asiento + Prof. Asiento) 3 + (Reposabrazos + Respaldo) 4 = Puntuación ROSA $\rightarrow$ 3 + 1 punto por el tiempo de uso Total 4

Sección B	Puntuación
Monitor 1.  Arm's Length Distance (40-75cm) / Screen at Eye Level (1)	 2 (a la altura del brazo (45-75 cm) + 1 (sin portadocumentos))

2. Teléfono - 1

Así pues, la puntuación de la sección B es Puntuación de la Pantalla = 3 + la puntuación del teléfono = 1; que según la tabla cruzada ROSA es de $\rightarrow$ 2

Sección C	Puntuación
Ratón 1.  Mouse in Line with Shoulder (1) Shoulder/Keyboard on Different Surfaces (-2)	 1 (el ratón está a la altura de los hombros)

Teclado 2.  Wrists Extended/ Keyboard on Positive Angle (>15° Wrist extension) (2)	 1 posición de la muñeca elevada en un ángulo >15°)
---	--

La puntuación de la sección C es el ratón con una puntuación de 1 + teclado 1 = 2

La puntuación total de periféricos es (Pantalla + teléfono) = 2 + (Mouse + teclado) = 2, esto según la tabla cruzada de ROSA es $\rightarrow$ 2

Y la puntuación Final ROSA es igual (Puntuación Silla + tiempo de uso) = 4 + (Puntuación de periféricos) = 2 $\rightarrow$ 4

Nota: La tabla muestra la ficha de evaluación método Rapid Office Strain Assessment utilizada para todos los participantes del estudio.

Tras evaluar la postura corporal de cada uno de los 26 trabajadores administrativos, mediante la observación directa y el formulario estandarizado del método ROSA, se calcularon las puntuaciones correspondientes a las secciones A (silla), B (monitor y teléfono), y C (teclado y mouse). A partir de esas puntuaciones se obtuvo la puntuación final ROSA para cada participante.

Tabla 7. Puntuaciones finales usando el método Rapid Office Strain Assessment (ROSA)

N° de Trabajador	Puntuación final ROSA	N° de Trabajador	Puntuación final ROSA
1	4	14	4
2	5	15	4
3	4	16	4
4	4	17	5
5	5	18	4
6	5	19	4
7	4	20	4
8	4	21	4
9	5	22	5
10	4	23	4
11	5	24	4
12	5	25	4
13	5	26	4
		Promedio	4,3

De acuerdo con el análisis, el promedio final ROSA de todos los participantes de esta investigación fue de 4,30 lo cual, según los criterios del método, corresponde a un nivel de riesgo “mejorable”. Esto significa que, aunque no se identifican peligros inmediatos de sufrir trastornos musculoesqueléticos (TME) en la mayoría del personal evaluado, existen una porción pequeña de trabajadores que muestran signos de mala postura que deben ser corregidos para evitar la aparición de lesiones a largo plazo.

3.3. Análisis de asociación entre el método ROSA y los síntomas musculoesqueléticos (Chi cuadrado)

Para determinar la posible relación entre los factores de riesgo ergonómicos identificados mediante el método ROSA y los trastornos musculoesqueléticos reportados en el Cuestionario Nórdico de Kuorinka, se aplicó el estadístico de Chi cuadrado de Pearson (χ^2), se clasificaron los participantes según su puntuación ROSA en dos categorías:

Riesgo bajo-moderado: puntuación ≤ 4

Riesgo alto: puntuación > 4

Y se contrastaron con la variable dolor categorizada en leve moderado e intenso:

Presencia de dolor lumbar (sí/no)

Tabla 8. Tabla cruzada entre nivel de riesgo ROSA y presencia de dolor lumbar

Nivel de riesgo ROSA	Dolor			Total
	leve	Moderado	Intenso	
Nivel de alerta (≤ 4)	13	4	0	17
Necesidad de intervención (≥ 5)	3	2	4	9
Total	16	6	4	26

La Tabla 8 muestra los resultados obtenidos en relación con el nivel de riesgo ergonómico (evaluado con el método ROSA) y la intensidad del dolor lumbar reportado por los trabajadores administrativos (cuestionario nórdico). En esta tabla se identifican dos categorías de riesgo

ergonómico: nivel de alerta ($\text{ROSA} \leq 4$) y necesidad de intervención ($\text{ROSA} \geq 5$), así como la frecuencia con la que se reportaron los diferentes niveles de dolor lumbar: leve, moderado e intenso.

Con base en los datos presentados, se observa que, entre los 17 trabajadores clasificados dentro del nivel de alerta, 13 reportaron dolor lumbar leve, 4 informaron dolor moderado y ninguno presentó dolor intenso. Por otro lado, de los 9 trabajadores evaluados en la categoría de necesidad de intervención, 3 indicaron sentir dolor leve, 2 reportaron dolor moderado y 4 manifestaron dolor intenso.

Estos resultados reflejan una tendencia clara: a medida que aumenta el nivel de riesgo ergonómico en las estaciones de trabajo, también se incrementa la severidad del dolor lumbar experimentado por los empleados. En particular, todos los casos de dolor intenso ($n = 4$) se concentran en el grupo con puntuaciones ROSA elevadas, lo que refuerza la relación entre los factores de riesgo postural identificados y la presencia de síntomas musculoesqueléticos severos.

Resultados del Chi-cuadrado

$\chi^2 = 9.34$

p-valor = 0.009

Grados de libertad (gl) = 2

Con un p-valor de $0.009 < 0.05$, se concluye que: Existe una asociación estadísticamente significativa entre el nivel de riesgo ergonómico ROSA y la intensidad del dolor lumbar según la Tabla 8.

Con base en los resultados obtenidos de la tabla 8, se procedió a realizar la prueba estadística de Chi-cuadrado de Pearson para evaluar la existencia de una asociación significativa entre ambas variables. El análisis arrojó un valor de $\chi^2 = 9,34$, con 2 grados de libertad y una significación asintótica (p-valor) de 0,009. Este resultado indica que existe una asociación estadísticamente significativa entre el nivel de riesgo ergonómico y la severidad del dolor lumbar reportado por los trabajadores administrativos. Específicamente, a medida que aumenta el nivel de riesgo ergonómico según el método ROSA, también se incrementa la intensidad del dolor lumbar. La concentración de los casos de dolor intenso en el grupo de mayor riesgo respalda esta relación.

4. Discusión

El objetivo principal de este estudio fue analizar los riesgos ergonómicos presentes en las estaciones de trabajo del personal administrativo del edificio Skretting Durán, utilizando el método ROSA, y establecer su relación con los síntomas musculoesqueléticos reportados mediante el Cuestionario Nórdico de Kuorinka. Esta investigación se desarrolló con el propósito de comprender cómo las condiciones posturales, el diseño del mobiliario y la duración de las jornadas laborales pueden influir en la aparición de dolor musculoesquelético en contextos de oficina.

La muestra estuvo compuesta por 26 trabajadores administrativos con una antigüedad laboral promedio de entre 1 y 8 años, en un entorno donde el uso de computadoras es constante. La aplicación del Cuestionario Nórdico permitió identificar que las zonas más afectadas fueron la región lumbar, dorsal, cuello y hombro derecho con un 50% al 54% de los trabajadores reportando molestias en estas áreas. A su vez, el método ROSA determinó que 17 trabajadores se encontraban en nivel de alerta (puntaje ≤ 4), mientras que 9 se clasificaron en necesidad de intervención (puntaje ≥ 5).

La Tabla 8 evidenció que todos los trabajadores que reportaron dolor intenso se encontraban en el grupo con riesgo ergonómico elevado, mientras que aquellos ubicados en nivel de alerta sólo manifestaron dolor leve o moderado. La prueba de Chi-cuadrado reveló un valor de $\chi^2 = 9,34$ con 2 grados de libertad y un p-valor = 0,009, indicando una asociación estadísticamente significativa entre el riesgo ergonómico y la intensidad del dolor lumbar. Este hallazgo demuestra que los factores de riesgo ergonómico influyen directamente en la severidad de los síntomas musculoesqueléticos,

especialmente en la región lumbar, lo que concuerda con la literatura previa en el campo de la ergonomía ocupacional.

Corroborando estos resultados, el estudio de Obregón & Bejarano (2024), realizado en un entorno de teletrabajo, también identificó una alta prevalencia de dolor lumbar en trabajadores que presentaban puntuaciones elevadas en el método ROSA. Dichos autores concluyeron que el uso prolongado del computador en condiciones no ergonómicas representa un factor determinante para el desarrollo de trastornos musculoesqueléticos (TME), especialmente cuando no existen pausas activas ni adecuaciones del mobiliario [12].

Asimismo, Sonne et al. (2012), desarrolladores del método ROSA [17], evidenciaron que los trabajadores con puntuaciones superiores a 5 presentaban un mayor número de reportes de incomodidad y dolor en zonas como el cuello, espalda y muñeca, coincidiendo con los resultados encontrados en esta investigación. Del mismo modo, Fierro et al. (2023) señalaron que las posturas forzadas prolongadas, combinadas con configuraciones deficientes del mobiliario de oficina, aumentan el riesgo de aparición de síntomas musculoesqueléticos, especialmente en entornos donde se utilizan pantallas de visualización de datos (PVD) por más de cuatro horas diarias [10].

En línea con estos hallazgos, el trabajo de Ávila et al. (2023) en oficinas administrativas mostró que la mayoría de los trabajadores obtuvieron puntuaciones ROSA en el rango de alerta o intervención, presentando también una alta incidencia de dolor en la región cervical y lumbar [3]. Dicho estudio concluyó que la intervención ergonómica basada en los resultados del método ROSA reduce significativamente la incidencia de TME en un período de seis meses.

Finalmente, Vallejo et al. (2021) afirman que las intervenciones que combinan la entrega de mobiliario ergonómico ajustable con programas de formación postural activa tienen un mayor impacto en la reducción del dolor y el ausentismo. Esto refuerza la propuesta de este estudio de implementar estrategias correctivas como el rediseño de sillas, la colocación adecuada de pantallas, el uso de apoyabrazos funcionales y la ejecución de pausas activas periódicas [6].

En este contexto, se destaca la necesidad urgente de intervenciones ergonómicas preventivas y correctivas, tales como el ajuste de sillas (altura, soporte lumbar y reposabrazos), la ubicación adecuada del monitor, la disposición del teclado y el mouse, y la incorporación de pausas activas programadas. Estas estrategias no solo mejoran el confort físico del trabajador, sino que también previenen la progresión de los trastornos musculoesqueléticos, disminuyen el ausentismo laboral y fortalecen la sostenibilidad del entorno administrativo.

5. Conclusión

La presente investigación permitió evidenciar la existencia de factores de riesgo ergonómicos en los puestos de trabajo del personal administrativo de empresa de balanceado en Durán, mediante la aplicación del método ROSA y el Cuestionario Nórdico de Kuorinka. Los resultados revelaron que una parte significativa de los trabajadores se encuentra en niveles de alerta o intervención, lo que indica la presencia de condiciones ergonómicas críticas. Las molestias musculoesqueléticas reportadas, especialmente en cuello, espalda dorsal, zona lumbar y hombro derecho guardan correspondencia con los puntajes obtenidos en la evaluación postural.

El análisis estadístico realizado mediante la prueba de Chi-cuadrado de Pearson evidenció una asociación estadísticamente significativa entre el nivel de riesgo ergonómico, evaluado con el método ROSA, y la intensidad del dolor lumbar en los trabajadores administrativos ($\chi^2 = 9,34$; gl = 2; $p = 0,009 < 0,05$). Estos hallazgos indican que, a mayor nivel de riesgo ergonómico, se incrementa la severidad del dolor lumbar, evidenciando una correlación clínica y estadística relevante entre ambas variables.

Se concluye que la integración del método ROSA con el Cuestionario Nórdico representa un enfoque confiable y eficaz para identificar riesgos ergonómicos y señales tempranas de trastornos

musculoesqueléticos en entornos de oficina ya que estas herramientas se complementan al combinar la evaluación objetiva del puesto de trabajo con la percepción subjetiva del malestar por parte de los trabajadores.

Contribución de autores: Conceptualización, Autor 1. y Autor 1; metodología, Autor 1; software, Autor 2; validación, Autor 1 y Autor 2; análisis formal, Autor 1; investigación, Autor 2; recursos, Autor 2; curaduría de datos, Autor 1; redacción - revisión y edición, Autor 1. y Autor 2; visualización, Autor 2; supervisión, Autor 1; administración de proyectos, Autor 1.

Financiamiento: Los autores financiaron a integridad el estudio.

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

Referencias

1. Matos M, Arezes P. Ergonomic Evaluation of Office Workplaces with Rapid Office Strain Assessment (ROSA). *Procedia Manufacturing*, 2015, 3 (1), 4689-4694.
2. Habibi E, Ebrahimi H, Baraka S, Maghsoudian L. Ergonomic assessment of musculoskeletal disorders risk factors in office staff using ROSA method and Its relation with efficiency. *Journal of Military Medicine*, 2017, 19(1), 31-9.
3. Ávila E, Peppla J, Rivera J. Prevalencia de los trastornos musculoesqueléticos asociados con el trabajo de cargos administrativos: Un estudio transversal. *Revista Científica Investigación & Negocios*, 2023, 16 (28), 5-13.
4. Khoiri A, Widajati N. Analysis of working posture risk of office employees in one of the ports companies using the ROSA method. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 2024, 22(1), 759-763.
5. Daza M, Ortega L, Pérez A, Rodríguez K. Ergonomía organizacional en puestos administrativos Colombia y Perú. *Boletín Informativo CEI*, 2023, 10(3), 123-126.
6. Vallejo J, Bustillos I, Martínez E, Coello E. Evaluación ergonómica mediante el método ROSA en docentes con teletrabajo de la UTEQ, 2020. *Ingeniería E Innovación*, 2021, 8(22).
7. Ríos R, Mata I, Morales J. Análisis de riesgo ergonómico de los docentes de la uaem durante la pandemia. *Revista de Desarrollo Sustentable, Negocios, Emprendimiento y Educación RILCO DS*, 2021, 23, 132-140.
8. Matamoros D, García L, Minero M, Contreras A. Análisis ergonómico y estrategias para el cumplimiento de la NOM-036-1-STPS-2018 en tres áreas de producción y un área administrativa en una empresa metalmecánica agroindustrial mexicana. AACINI, *Revista Internacional de Ingeniería Industrial*, 2024, 4(1), 85-106.
9. Palacios C, Guzhñay M. Análisis de los factores ergonómicos del área administrativa en un hotel de la ciudad de Cuenca. *Universidad del Azuay*. 2021
10. Fierro S, Reyes A, Reséndiz C. Síntomas musculoesqueléticos examinados mediante el cuestionario nórdico de Kuorinka en personal de salud de primer nivel. *Revista Sanitaria de Investigación*, 2023, 4(12), 105.
11. Yang Y, Zeng J, Liu Y, Wang Z, Jia N, Wang Z. Prevalence of Musculoskeletal Disorders and Their Associated Risk Factors among Furniture Manufacturing Workers in Guangdong, China: A Cross-Sectional Study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2022, 19(21), Art. 21.

12. Obregon D, Bejarano C. Evaluación de riesgo ergonómico por exposición a pantallas de visualización de datos. *Green World Journal*, **2024**, 7(2), 126.
13. Boy E, Catalán C, Ruiz L. Prevalencia de trastornos musculoesqueléticos en la empresa de calzado Getty S.A.C. - Trujillo 2023. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, **2023**, 7(1), 10205-10220.
14. Cedeño J. Adaptación cultural y validación del cuestionario nórdico estandarizado de síntomas músculo esqueléticos en trabajadores del sector construcción de Ecuador. *Universidad peruana Cayetano Heredia*, **2021**, 96-101.
15. González E. Estudio de validez y confiabilidad del cuestionario nórdico estandarizado, para detección de síntomas musculoesqueléticos en población mexicana. *Ergonomía, investigación y desarrollo*, **2021**, 3(1), 8-17..
16. Javier L, Santamaria L, Escalante Y, Moguel J, Luna L. Prevalencia de lesiones musculoesqueléticas en estudiantes del área de la salud. Mikarimin. *Revista Científica Multidisciplinaria*, **2023**, 9(1), 99-106.
17. Sonne M, Villalta D, Andrews D. Development and evaluation of an office ergonomic risk checklist: ROSA - Rapid office strain assessment. *Applied Ergonomics*, **2012**, 43(1), 98-108..
18. Villegas C. Ergonomía y desempeño laboral en la subgerencia de supervisión electrónica Sutran, Lima 2021. *Universidad San Ignacio de Loyola*, **2021**.
19. Tavares M, Almeida G, Lopes M, Cavalcante G, Dos Santos E, Dos Santos A, et al. Relationship between stress and musculoskeletal pain in teleworkers during the Covid-19 pandemic: an integrative review. *Research, Society and Development*, **2022**, 11(4), p.e37411427466.



© 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

Estrategia para la Visibilidad Académica Universitaria

Melissa Elizabeth Carrión Aguilar¹  Erika Lucía González Carrión^{1,*} 

¹ Universidad Nacional de Loja, Loja EC110150, Ecuador

 Correspondencia: melissa.carrión@unl.edu.ec  + 593 993511020

DOI/URL: <https://doi.org/10.53313/gwj82228>

Resumen: En respuesta a la escasa visibilidad académica y la desconexión entre teoría y práctica en la carrera de Artes Visuales de la Universidad Nacional de Loja, este estudio propone el libro-álbum como recurso didáctico multimodal que articula imagen, texto y narrativa autoral para representar procesos formativos desde una perspectiva crítica, estética y situada. Mediante entrevistas a docentes y un enfoque cualitativo, se identificaron 18 estrategias didácticas clasificadas en momentos preinstruccional, coinstruccional y postinstruccional, que integran herramientas visuales, tecnológicas y expositivas para fortalecer el perfil profesional del estudiante. A partir de dicho análisis, se diseñó una propuesta estructurada en diez pasos para crear portafolios digitales en formato libro-álbum, complementada con una campaña institucional en redes sociales bajo el lema #ArteConectadoUNL. Esta estrategia pedagógica impulsa la alfabetización visual, legitima la voz del estudiante, promueve la colaboración interdisciplinaria y proyecta el arte como medio académico de comunicación, consolidando así una pedagogía de la visibilidad que democratiza el conocimiento y se alinea con las tendencias contemporáneas de la educación superior.

Palabras claves: visibilidad académica, arte visual, libro álbum



Cita: Carrión Aguilar, M. E., & González Carrión, E. L. (2025). Estrategia para la Visibilidad Académica Universitaria. Green World Journal, 8(1), 228. <https://doi.org/10.53313/gwj82228>

Received: 17/July/2025

Accepted: 8/August/2025

Published: 24/August/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.

Strategies for Enhancing University Academic Visibility

Abstract: In response to the lack of academic visibility and disconnection between theory and practice in the Visual Arts degree program at the National University of Loja, this study proposes the book-album as a multimodal teaching resource that articulates image, text, and authorial narrative to represent formative processes from a critical, aesthetic, and situated perspective. Through interviews with teachers and a qualitative approach, 18 teaching strategies were identified and classified into pre-instructional, co-instructional, and post-instructional moments, which integrate visual, technological, and expository tools to strengthen the student's professional profile. Based on this analysis, a ten-step proposal was designed to create digital portfolios in book-album format, complemented by an institutional campaign on social media under the slogan #ArteConectadoUNL. This pedagogical strategy promotes visual literacy, legitimizes the student's voice, encourages interdisciplinary collaboration, and projects art as an academic means of communication, thus consolidating a pedagogy of visibility that democratizes knowledge and aligns with contemporary trends in higher education.

Keywords: academic visibility, visual art, book-album.



© 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>

1. Introducción

En el contexto contemporáneo de la educación superior las disciplinas artísticas como las artes visuales enfrentan desafíos relacionados con la visibilidad académica, la formación crítica y la vinculación social. Para esto es necesario plantear nuevas estrategias desde una perspectiva que articule la creatividad, la reflexión estética y la producción cultural, las artes como lenguaje simbólico permiten generar experiencias formativas integradoras superando modelos de enseñanza tradicional centrados únicamente en lo técnico [1]. El presente estudio propone el diseño de una estrategia didáctica para la visibilidad académica, en el mismo se plantea interrogantes para el desarrollo de la propuesta ¿cómo incide la falta de visibilidad en la motivación y el rendimiento académico? ¿cuál es el impacto de las obras académicas en el desarrollo profesional de los estudiantes? y ¿qué rol desempeñan los docentes y las instituciones en la promoción de la visibilidad académica?, la metodología tiene un enfoque cualitativo, con entrevistas estructuradas aplicadas a docentes de la carrera de artes visuales de la Universidad Nacional de Loja; el análisis permitió identificar 18 estrategias didácticas utilizadas por los docentes, estas organizadas en tres momentos preinstruccional, coinstruccional y postinstruccional, con este análisis se permite crear una propuesta de 10 pasos orientada a la creación de portafolios digitales tipo libro álbum acompañada de una campaña institucional de difusión en redes sociales bajo el lema #ArteConectadoUNL, centrada en el uso de libro álbum digital, esta herramienta vincula texto imagen y narrativa autoral permite a los estudiantes reflexionar críticamente sobre su proceso formativo y proyectar su producción académica [2]. Según Herrera y Villafuerte[3], los recursos claros y contextualizados favorecen la comprensión de los contenidos y promueven la participación del estudiante. Esto se complementa por Macanchí Pico et al[4], quienes subrayan la importancia de innovar en educación superior mediante herramientas pedagógicas que integren las dimensiones teóricas y prácticas.

2. Materiales y métodos

2.1. Área de estudio

Esta investigación se realizó en la Universidad Nacional de Loja en el área de la Facultad de Educación, Arte y de la Comunicación en la carrera de Artes Visuales, el objetivo principal es de identificar y analizar estrategias didácticas que visibilicen la producción académica y estudiantil, A partir de ello diseñar una estrategia como recurso para su vida profesional, El estudio se realizó a docentes de la carrera de artes visuales durante el año 2024 se parte de un diagnóstico institucional utilizando entrevistas estructuradas para comprender las prácticas actuales en torno a la visibilidad académica estudiantil.

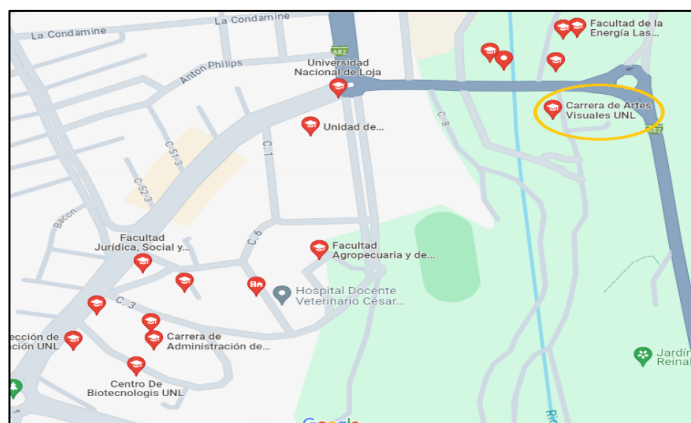


Figura 1. Ubicación de la Universidad Nacional de Loja. Nota. Tomado de Google maps [5].

2.2. Métodos

La metodología tiene un enfoque cualitativo analizará experiencias y percepciones, mediante entrevistas a los docentes, esta se basa en la entrevista estructurada, donde el instrumento permitirá obtener resultados de cada uno de los docentes del área e analizar sus métodos y estrategias en función de los resultados obtenidos en el aula, lo que dará una nueva perspectiva para diseñar una estrategia didáctica digital efectiva para visibilizar y mejorar las obras académicas estudiantiles. Para la siguiente investigación se seguirá las etapas que se presentan:

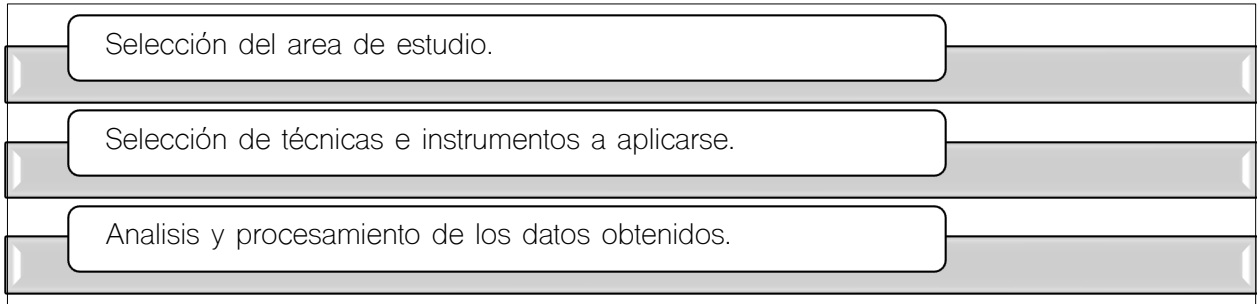


Figura 2. Etapas de la investigación, las fases responde a las necesidades de la investigación basadas en los objetivos específicos.

Se plantea un enfoque cualitativo, donde los docentes serán clave fundamental para poder llegar a concluir que tanto se realiza la visibilidad académica de los estudiantes y como poder cumplir los objetivos planteados en el presente trabajo, el cual es también diseñar una estrategia digital de visibilidad académica.

La presente investigación se desarrolló bajo un enfoque cualitativo de tipo descriptivo-interpretativo, orientado a comprender y fortalecer las estrategias didácticas que favorecen la visibilidad académica, como metodología el modelo instruccional propuesto por Maldonado y otros [6] cuya estructura secuencial (preinstruccional, coinstruccional y postinstruccional) permitió analizar, diseñar y validar una propuesta educativa coherente con los procesos de aprendizaje artístico y visual.

Tabla 1 Fases de la estructura secuencial del análisis metodológico.

Fase del Proceso	Momento Instruccional	Descripción Técnica	Acciones Principales
Fase Diagnóstico	1: Preinstruccional	Identificación de prácticas pedagógicas mediante entrevistas a docentes. Se activó el conocimiento previo para contextualizar la estrategia didáctica.	- Entrevistas estructuradas. - Trabajo de campo - Clasificación de estrategias - Análisis cualitativo según Maldonado et al.[6]
Fase 2: Diseño de la estrategia	Coinstruccional	Creación del portafolio narrativo tipo libro-álbum como artefacto formativo. Participación del estudiante	- Diseño visual - Producción narrativa - Reflexión artística - 10 pasos metodológicos



		en contenidos visuales y narrativos.	(storyboard, ilustración, redacción, edición, maquetación, socialización...)
Fase 3: Validación y Proyección	Postinstruccional	Retroalimentación	- Retroalimentación
		institucional y difusión	docente-estudiantil
		pública del trabajo	- Exposición de álbumes digitales
		estudiantil. Vinculación con espacios reales para visibilidad académica estudiantil.	- Publicaciones en redes sociales - Exhibiciones itinerantes y eventos culturales

El análisis de datos se centró en las entrevistas estructuradas realizadas a 5 de 10 docentes, con la intención de identificar estrategias didácticas que promuevan la visibilidad académica de los estudiantes. Se empleó una combinación de instrumentos cualitativos y digitales que permitieron capturar las voces docentes desde una perspectiva interpretativa, creativa y estructurada. Se utilizaron entrevistas estructuradas aplicadas a actores clave del entorno académico, cuyos testimonios fueron sistematizados a través del software Atlas.ti, herramienta que facilitó la codificación, categorización y análisis temático de los datos. Los documentos fuente, como se visualiza en el Administrador de Documentos del proyecto, incluyen entrevistas en formato Word con docentes y gestores académicos (por ejemplo, “xxxxx.docx” y “xxxxxxx.docx”), codificados en DM1, DM2, DM3, DM4 y DM5 en categorías como visibilidad académica, innovación pedagógica y percepción estudiantil. Además, se desarrollaron matrices y grillas para sintetizar los hallazgos, junto con memos reflexivos que permitieron registrar interpretaciones emergentes durante el análisis.

3. Resultados

3.1. La percepción sobre las estrategias y necesidades.

Conocer las estrategias y necesidades es fundamental para el cumplimiento de los objetivos organizacionales y académicos, debido a que permite alinear los recursos, acciones y prioridades con las metas establecidas. La comprensión de estas estrategias facilita la identificación de prácticas efectivas que impulsan el desarrollo y la mejora continua, y que el reconocimiento de las necesidades asegura que se aborden las carencias y se optimicen los procesos para alcanzar resultados de calidad. En la Tabla 2, las entrevistas realizadas revelan las estrategias propuestas y ejecutadas por los actores involucrados, destacando su enfoque en la visualización académica. Asimismo, se identifican las necesidades planteadas para garantizar la calidad de estas estrategias, lo que permite diseñar intervenciones específicas que fortalezcan el desempeño y la eficacia en el logro de los objetivos establecidos.

Tabla 2. Clasifican a las estrategias.

Autor	Estrategia	Tipo de Estrategia	Necesidad
DM1	Semana Didáctica	Coinstruccional	Fomentar el reconocimiento y motivación del estudiantado.
	Proyecto Interdisciplinario sobre Pablo Palacio	Coinstruccional	Lograr una proyección institucional y ciudadana significativa.

	Convocatorias Externas y Vinculación Cultural	Coinstruccional	Conectar la formación académica con el entorno cultural local.
	Exposiciones en espacios institucionales	Coinstruccional	Dar visibilidad al proceso técnico y formativo del estudiantado.
DM2	Exposición comparativa del proceso de aprendizaje	Preinstruccional / Postinstruccional	Evidenciar el crecimiento técnico y conceptual de cada estudiante
	Creación de blogs y uso de redes sociales	Coinstruccional	Ampliar la difusión artística más allá del aula y fomentar la autonomía
	Uso de Material Didáctico Visual Personalizado	Preinstruccional	Adaptar el proceso formativo a las características y necesidades individuales de cada estudiante.
DM3	Registro Digital en Drive	Coinstruccional	Garantizar la documentación del proceso artístico-formativo y facilitar el seguimiento.
	Dinámicas de Clase con Ilustraciones y Diálogo	Preinstruccional	Visibilizar no solo el producto final, sino el pensamiento y el proceso creativo del estudiante.
	Referenciación Visual Multinivel	Preinstruccional	Estimular el desarrollo estético del estudiantado a través de referentes artísticos variados
	Presentaciones Diapositivas como Herramienta Formativa	Preinstruccional	Estructurar y contextualizar los contenidos antes de la práctica artística
DM4	Participación en la Semana de las Artes y Espacios de Exposición Locales	Coinstruccional	Generar espacios de visibilidad interna que estimulen la socialización y mejora del trabajo estudiantil.
	Publicación de Obras en Plataformas Digitales Institucionales	Postinstruccional	Proyectar la producción académica más allá del espacio físico universitario.
	Socialización en Proyectos Grupales de Arte Público y Escultura	Coinstruccional	Fomentar habilidades de trabajo colaborativo y vinculación con espacios sociales reales.
	Exposición de Procesos Artísticos	Coinstruccional	Visibilizar el proceso formativo, no solo el producto final.
	Semana del Estudiante y Exposiciones Itinerantes	Coinstruccional / Postinstruccional	Socializar la producción artística más allá del aula e integrar todos los ejes de formación.
DM5	Diseño y Difusión de Dossiers Artísticos	Postinstruccional	Dotar al estudiantado de herramientas para su proyección profesional en entornos digitales.
	Página Institucional para Publicación y Comercialización	Postinstruccional	Contar con una plataforma profesional para la visibilidad y venta de obras estudiantiles.

A partir del análisis cualitativo realizado, se identificaron un total de dieciocho estrategias visuales implementadas por docentes de la carrera de Artes Visuales con el propósito de fortalecer la

visibilidad académica y artística del estudiantado. Entre estas estrategias se incluyen: la semana didáctica, los proyectos interdisciplinarios como el desarrollado en torno a Pablo Palacio, la participación en convocatorias culturales externas, la organización de exposiciones institucionales, la comparación visual del proceso de aprendizaje, la creación de blogs y redes sociales, el uso de material didáctico visual personalizado, el registro digital en Drive, las dinámicas de clase basadas en ilustración y diálogo, la referenciación visual multinivel, el empleo de presentaciones visuales, la participación en la Semana de las Artes, la publicación digital de obras institucionales, los proyectos colaborativos de arte público, la exposición de procesos creativos, las exposiciones itinerantes, el diseño de dossiers artísticos y la creación de una página institucional para difusión y comercialización. Estas estrategias conforman un repertorio pedagógico diverso que articula recursos visuales, tecnológicos, colaborativos y expositivos, y permiten comprender cómo se construye la visibilidad formativa desde una perspectiva creativa, crítica y profesionalizante.

se ha logrado una clasificación didáctica rigurosa conforme a los momentos instruccionales definidos por Maldonado et.al [6] como preinstruccionales, coinstruccionales y postinstruccionales. Las estrategias preinstruccionales, tales como el uso de presentaciones temáticas, referencias visuales y materiales didácticos personalizados, cumplen la función de activar saberes previos, contextualizar los contenidos y preparar cognitivamente al estudiantado para la experiencia artística. Las estrategias coinstruccionales comprenden aquellas que se desarrollan en pleno proceso formativo, como proyectos colaborativos interdisciplinarios, exposiciones intermedias, registro digital en plataformas compartidas y dinámicas pedagógicas apoyadas en el diálogo visual. Estas acciones facilitan la construcción activa del conocimiento a través de la práctica, la reflexión conjunta y la integración con el entorno cultural. Finalmente, las estrategias postinstruccionales se orientan a consolidar lo aprendido y a proyectar las producciones estudiantiles a contextos profesionales. Entre ellas se destacan la elaboración de dossiers artísticos, la publicación en plataformas digitales institucionales y la participación en exposiciones itinerantes. Esto permite comprender la función pedagógica de cada estrategia, cómo el componente visual se convierte en un mediador clave entre la formación artística y la visibilidad académica en contextos de educación superior.

3.2 Estrategia para la visibilidad académica, promueva la colaboración y fortalezca el diseño de las obras en los espacios de vinculación de los estudiantes.

Según los tres criterios tomados por Maldonado et [6] requiere tres criterios realizar un portafolio digital de todos los trabajos estudiantiles desde inicios de su vida académica de carrera será un propuesta para poder visualizar académicamente a los estudiantes, para ello luego de analizar Vásquez [7] coinciden en destacar al libro-álbum como un artefacto cultural potente para la visibilidad académica estudiantil, al integrar dimensiones afectivas, cognitivas y estéticas. Villegas [8] subraya su capacidad para movilizar la construcción de sentido ético y emocional mediante una lectura dialógica, facilitando la expresión crítica y subjetiva en contextos vulnerables. Por su parte, Vásquez [7] profundiza en la riqueza comunicativa del libro-álbum, identificando su complejidad estructural desde lo visual, narrativo y tipográfico, lo que lo convierte en una herramienta didáctica ideal para fomentar la alfabetización y la producción creativa. Ambos autores sostienen que el libro-álbum promueven el pensamiento reflexivo, sino que posiciona al estudiante como sujeto creador, legitimando sus voces en escenarios académicos formales. mediante un libro álbum que puede ser socializado mediante la organización de talleres y proyectos grupales que involucran a estudiantes de Artes Visuales con otras carreras (Comunicación, Diseño Gráfico, educación) para crear obras colectivas en espacios de vinculación.

El libro álbum se propone como estrategia de portafolio, el mismo que permita ser utilizado para visibilidad académica llamándola a esta como el Arte-conectado se ha considerado la

plataforma digital de adobe express, canva y flipnack fáciles de crear con tiempos de gratuidad más extenso, aunque limitado; y lograr integrar las propuestas de los docentes y así crear más visibilidad académica e institucional. Para esto se ha establecido la siguiente tabla como guía de los pasos a seguir, basándonos a las fases de Maldonado y otros [6] preinstruccionales, coinstruccionales, postinstruccionales.

Preinstruccionales

Tabla 3. Preinstruccionales

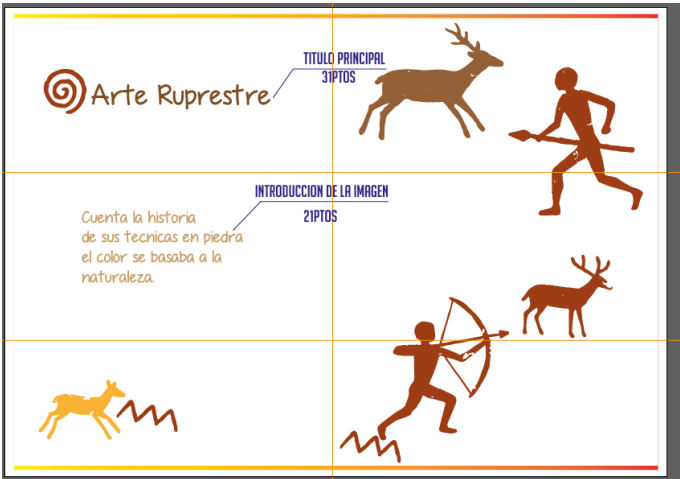
Nro.	Secuencia	Descripción	Producto/Resultado Esperado
1	Elección del tema	Seleccionar un tema que refleje una reflexión académica o artística relevante del periodo académico que se esté cursando con los estudiantes de la carrera de Artes Visuales de la Universidad Nacional de Loja.	Tema definido con una breve justificación
2	Construcción del mensaje	Definir el mensaje central que se quiere comunicar desde una mirada visual y narrativa.	Declaración del mensaje clave
3	Estructura narrativa	Elegir el tipo de estructura narrativa y organizar el contenido (inicio, desarrollo, cierre).	Esquema narrativo (guion literario)
4	Diseño del guion gráfico (storyboard)	Crear un boceto página por página que relacione imagen y texto (storyboard) mediante herramientas digitales como adobe, canva, etc.	Storyboard del libro álbum completo
5	Desarrollo visual	Diseñar las ilustraciones con técnicas libres según el enfoque del libro.	Ilustraciones preliminares
6	Redacción y edición del texto	Escribir y editar los textos que acompañarán las imágenes, debería basarse en las cátedras que se imparten en el periodo académico, la que fue más relevante para el estudiante en el ciclo en curso.	Textos editados por página
7	Maquetación y diseño final	Integrar texto e imagen en un diseño final con formato, tipografía y paleta definida; para esto daremos más adelante una maquetación y tipografía definida para que puedan implantar los diseños de los estudiantes.	Maqueta final del libro álbum
8	Revisión y retroalimentación	Revisar el libro con docentes y compañeros, aplicando mejoras y que se pueda socializar.	Correcciones aplicadas

Nro.	Secuencia	Descripción	Producto/Resultado Esperado
9	Producción final	Elaborar el libro en su formato definitivo para publicar en plataformas digitales que maneje la institución.	Libro álbum terminado
10	Presentación y difusión	Exponer o publicar el libro álbum en espacios académicos o culturales, donde se pueda dar como referente de experiencia académica en un futuro laboral.	Presentación pública o publicación

Coinstruccionales

Maquetación del libro álbum para la visibilidad académica de los estudiantes de la carrera de Artes Visuales, como propuesta se podría basar a temas generados por los docentes y que el estudiante vaya desarrollando en el transcurso de su carrera universitaria siendo esto como referentes de publicación en las plataformas digitales de la UNL llamando, así como una campaña final de álbum final + Instagram con el #arteconectadoUNL.

Tabla 4. Coinstruccionales

Elemento	Descripción
Formato del libro	Tamaño de 297mm *210mm, también ideal manejar el formato para redes como es instagram de 1080 x 1350 píxeles
Páginas dobles	dos páginas como una unidad visual (izquierda y derecha)
Márgenes	15mm de espacio por lado.
Tipografía	Se usa tres tamaños de tipografía entre estas se debe usar un acorde con el tema a ilustrar Tamaño 1 Tamaño 2 Tamaño 3 

Distribución de imagen y texto	Texto centrado el tema principal y con negrita Texto secundario como narrativa de la imagen al lado izquierdo y justificado.
Paleta de colores	Conservar cromática con el tema y emociones del libro. Evitar saturaciones excesivas.
Páginas clave	Portada, presentación, desarrollo, cierre, y contraportada, esta debe ser creada por el artista con su producción académica.
Ritmo visual	Páginas compuestas con texto e imagen
Número de páginas	Ideal entre 12 y 32 páginas, dependiendo del proyecto. Siempre en múltiplos de 4 si va a impresión.
Narración visual	Las imágenes deben contar parte del relato, no solo ilustrar el texto. Serán las obras o trabajos de los estudiantes que se han realizado en el transcurso del ciclo académico cursado.

Tabla 5. Estructura para la propuesta

Página	Elemento	Contenido	Diseño sugerido
1	Portada	Título + ilustración clave + autor	Imagen llamativa a toda página, texto centrado
2	Portadilla	Título, autor, institución	Página simple, fondo blanco o color plano
3	Página de introducción o dedicatoria	Breve texto explicativo	Tipografía pequeña, discreta
4	Cuerpo narrativo	Desarrollo del relato en imágenes + texto	Variación de esquemas: doble página ilustrada, texto mínimo
5	Cierre o reflexión	Frase final o imagen simbólica	Imagen poderosa, poco texto
6	Créditos	Información de autor, proceso, técnica	Tipografía clara, esquinas o alineación izquierda
7	Anexos o notas del autor	Comentarios sobre el proceso creativo o académico	Formato ensayo breve o collage visual

Postinstruccionales

Herramientas para crear el libro álbum de manera digital, y permitir mejor difusión para mejorar la visibilidad académica.

Tabla 6. Postinstruccionales

Herramienta	Ideal para	Comentario
Canva	Digital, fácil de usar	Gratuito, con plantillas adaptables y exportación en PDF

Illustrator	Profesional, impresión	Control absoluto sobre tipografía, diseño y sangrías
PowerPoint / Google Slides	Digital educativa	Muy útil para presentaciones y creación rápida
Flipnack	Digital, fácil uso	Permite agregar enlaces, videos y formularios dentro del documento. Puedes distribuir tu flipbook mediante un enlace, correo electrónico o de forma privada

4. Discusión

Identificar las estrategias didácticas actuales utilizadas para la visibilidad académica en la carrera de Artes Visuales de la Universidad Nacional de Loja, En primer lugar, el conjunto de estrategias implementadas por docentes de Artes Visuales en la UNL como los proyectos interdisciplinarios, la exposición de procesos creativos, o la Semana Didáctica revela una clara intencionalidad de proyectar el pensamiento estudiantil a través de lenguajes visuales, narrativos y colaborativos. Este enfoque coincide con lo que Vásquez [7] define como las posibilidades del libro-álbum para articular narrativa visual y textual de manera interdependiente, en formatos que posibilitan estructuras no lineales, inferenciales y poéticas. Este entorno se alinea con las propuestas de Salisbury & Styles [9], quienes destacan el libro-álbum como un objeto visual que puede transitar entre soportes físicos y digitales, adaptándose a formatos curatoriales, editoriales e incluso expositivos. La presencia de exposiciones institucionales e itinerantes, así como de dossiers artísticos, refuerza la lectura del libro-álbum como artefacto expandido —no solo un producto de aula, sino una narrativa estética legítima que habita tanto el museo como la pantalla. Esta dimensión es clave en autores como el Ministerio de Educación de Chile [10] y Villegas [8], quienes reconocen en el libro-álbum no solo un recurso pedagógico, sino un espacio de construcción ética, emocional y formativa. En el documento Ver para leer: Acercándonos al libro álbum, se destaca que este formato “construye sentido a partir de la interacción entre texto e imagen”, lo que permite al lector y al estudiante desarrollar una lectura crítica, sensible y creativa.

Diseñar una estrategia didáctica basada en las necesidades identificadas para mejorar la visibilidad académica de los estudiantes, el análisis de dieciocho estrategias visuales las que ha sido clasificadas según los momentos instruccionales de Maldonado et al.[6] se puede diseñar una estrategia didáctica coherente, articulada y científicamente fundamentada para fortalecer la visibilidad académica del estudiantado en Artes Visuales. Esta estrategia debe integrar acciones preinstruccionales, coinstruccionales y postinstruccionales que respondan tanto a las prácticas docentes observadas como al potencial formativo del libro-álbum como recurso. Desde preinstruccionales, se propone utilizar álbumes ilustrados para activar conocimientos previos, contextualizar valores estéticos y generar vínculos afectivos desde el inicio del proceso. Tal como sugiere el Ministerio de Educación de Chile [10], el libro-álbum favorece una lectura crítica de la imagen como texto, estimulando inferencias, emociones y marcos simbólicos que sitúan al estudiante en el centro del proceso interpretativo. Además, autores como Nikolajeva & Scott [11] afirman que la convergencia visual-verbal permite modelar procesos inferenciales y desarrollar competencias lectoras visuales de alto nivel desde la primera interacción con el recurso.

En el eje coinstruccionales, el uso del libro-álbum como artefacto creativo colaborativo mediante la producción de relatos visuales, guiones gráficos o escenas basadas en referentes como el de Pablo Palacio que lo refiere el docente DM1 facilita la integración entre conocimiento disciplinar, experimentación gráfica y discurso ético-estético. Según Vásquez [7], este formato permite explorar

narrativas simbólicas, analógicas e intertextuales que consolidan la alfabetización crítica y cultural del estudiante en diálogo con el entorno. Además, el trabajo colectivo en la producción de álbumes favorece la agencia estudiantil, tal como destacan Salisbury & Styles⁹, al convertir al estudiante en coautor visual y narrativo de su experiencia formativa. Finalmente, en la dimensión postinstruccional, la publicación de álbumes digitales, la curaduría de contenidos visuales y la participación en exposiciones itinerantes como lo refieren los docentes esto va a permitir cerrar el ciclo pedagógico mediante acciones concretas de proyección profesional y académica. Estas prácticas se vinculan con lo propuesto por Villegas⁸, quien señala que el libro-álbum no solo opera como recurso didáctico, sino también como “lenguaje testimonial sensible” que valida las producciones estudiantiles en espacios de circulación institucional y cultural lo cual es un referente muy apropiado para la carrera de artes visuales de la Universidad Nacional de Loja. De esta manera, el diseño de la estrategia se sostiene sobre un enfoque pedagógico que articula el valor comunicativo del arte, la legitimación de las voces estudiantiles y el reconocimiento de la imagen como mediador clave entre formación, emoción y visibilidad.

Estrategia didáctica para la visibilidad académica, promueva la colaboración y fortalezca el diseño de las obras en los espacios de vinculación de los estudiantes, los testimonios de docentes como DM1, DM2, DM3 y DM4 revelan una práctica pedagógica profundamente comprometida con la visibilidad del trabajo estudiantil, a través de medios como la Semana de las Artes, los proyectos interdisciplinarios y las exposiciones institucionales. Estas estrategias responden al momento postinstruccional descrito por Maldonado [6], en el que se busca consolidar lo aprendido y proyectarlo más allá del aula. La propuesta de diseñar un portafolio digital en formato de libro-álbum encuentra así un fundamento práctico y simbólico: se trata de legitimar el recorrido formativo del estudiante mediante un objeto narrativo que articule creación, reflexión y memoria artística. Tal como señala Villegas [8], el libro-álbum es capaz de movilizar el pensamiento ético y afectivo desde la forma visual, potenciando la expresión crítica en contextos académicos y culturales. Los docentes destacan la necesidad de fortalecer la colaboración entre carreras y generar redes de trabajo interdisciplinario como una forma de ampliar la circulación de las obras estudiantiles. Esta demanda se relaciona estrechamente con la visión de Vásquez [7], quien plantea que el libro-álbum no solo es un recurso literario, sino un lenguaje visual expandido que puede ser leído desde múltiples códigos (iconográficos, tipográficos, espaciales), generando así un puente entre lo formativo y lo comunicativo. En este sentido, el proyecto Arte-conectado se presenta como una vía concreta para que el estudiantado construya obras colectivas vinculadas a temas académicos, curriculares o sociales, apoyándose en herramientas accesibles como Canva, Adobe Express o Flipnack, favoreciendo además la apropiación tecnológica en el proceso creativo. También, los docentes entrevistados subrayan la importancia de conservar el proceso formativo del estudiante desde los primeros ciclos, lo cual hace coherente la propuesta de integrar el libro-álbum como portafolio progresivo que acompañe toda su trayectoria académica. Esta noción de “memoria visual formativa” se alinea con lo planteado por Acosta y otros [12], quienes sostienen que leer y escribir en el ámbito educativo no solo implica comprender textos, sino crear sentidos, formar ciudadanía crítica y construir identidad. En esta línea, la implementación de la estrategia propuesta no solo respondería a una demanda institucional, sino que consolidaría una pedagogía de la visibilidad que articula saberes disciplinares, lenguajes visuales y procesos colaborativos como componentes esenciales del perfil de egreso de la carrera de Artes Visuales de la Universidad Nacional de Loja.

5. Conclusión

Una vez empleados los instrumentos de recolección de información, analizado y discutido los resultados se puede concluir que:

Para identificar las estrategias didácticas utilizadas para la visibilidad académica en la carrera de Artes Visuales de la Universidad Nacional de Loja, mediante el análisis cualitativo realizado que permitió identificar dieciocho estrategias visuales implementadas por docentes, las cuales fueron organizadas bajo la clasificación didáctica de momentos instruccionales: preinstruccionales, coinstruccionales y postinstruccionales. De las que destacan, dentro de la preinstruccionales, el uso de presentaciones temáticas, referencias visuales multinivel y materiales didácticos personalizados. En la fase coinstruccionales, sobresalen los proyectos interdisciplinarios, las exposiciones intermedias y las dinámicas de clase basadas en ilustración y diálogo. Y finalmente, postinstruccionales como la elaboración de dossiers artísticos, la publicación en plataformas digitales y la participación en exposiciones programadas, estas estrategias promueven una pedagogía de la visibilidad crítica, creativa y profesionalizante. Esto responde al objetivo general del estudio y nivela una necesidad estructural de formalizar estas estrategias como parte del currículo institucional, tal como lo manifestaron varios docentes entrevistados.

En cuanto al diseño de una estrategia didáctica basada en las necesidades identificadas para mejorar la visibilidad académica de los estudiantes, y según las recomendaciones docentes, como la de DM2, quien señaló que “si el estudiante pudieran construir un solo relato visual que recoja su paso por la carrera tendrían un documento de vida no sólo el de clase” fue estructurada en diez fases preinstruccionales centradas en la elaboración de un portafolio digital en formato de libro-álbum, con herramientas gratuitas y accesibles como Canva, Flipnack y Adobe Express. Cada fase de la estrategia incluye la elección de un tema, la construcción del mensaje, el diseño gráfico y narrativo, la revisión entre pares y la publicación en entornos institucionales, fomentando una formación donde el estudiante produce arte y narra su experiencia formativa a través de lenguajes visuales profesionalmente maquetados, además se alinea con políticas de innovación pedagógica centradas en la visibilidad, inclusión y construcción identitaria del estudiantado universitario.

La estrategia didáctica para la visibilidad académica promueve la colaboración y fortalece el diseño de las obras en los espacios de vinculación de los estudiantes, con base en el enfoque colaborativo manifestado en las entrevistas docentes. Durante la fase coinstruccionales, se potencia el diseño gráfico y narrativo de los libros-álbumes a partir de lineamientos técnicos claros (formato, tipografía, paleta cromática, narración visual), lo que fortalece la calidad estética y comunicacional de las producciones. A la vez, la campaña institucional #ArteConectadoUNL y su circulación en redes digitales permiten que esta propuesta contemple la conformación de equipos entre estudiantes de Artes Visuales y otras carreras afines (Comunicación, Diseño Gráfico, Educación) para la creación de insertar estos productos en espacios de socialización reales, propiciando la transferencia del saber artístico a contextos públicos, en donde la obra estudiantil se convierte en puente entre la universidad y la comunidad, el libro-álbum en una bitácora visual de pertenencia, agencia y transformación social, lo cual concuerda con lo expuesto por el docente como DM5, quien enfatizó que “la obra no puede quedarse en clase... tiene que ser devuelta al territorio que la inspira”.

Contribución de autores: Los autores contribuyeron en todos los apartados.

Financiamiento: Los autores financiaron a integridad el estudio.

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

Referencias

1. Raquimán Ortega, P. & Zamorano Sanhueza, M. Didáctica de las Artes Visuales, una aproximación desde sus enfoques de enseñanza. *Estud. pedagóg.* 43, 439–456 (2017).

2. Universidad de Antioquia, Cardona Castrillón, A., Chaurra Gómez, R., & Universidad de Antioquia. La narración autobiográfica del oficio del maestro: a propósito del libro álbum como posibilidad para repensar la didáctica universitaria. *Unipluri* 18, 47–55 (2018).
3. Herrera Gutiérrez, C. & Villafuerte Álvarez, C. A. Estrategias didácticas en la educación. *revistahorizontes* 7, 758–772 (2023).
4. Macanchí Pico Mariana Lucía, Orozco Castillo Bélgica Marlene, & Campoverde Encalada María Angélica. Innovación educativa, pedagógica y didáctica. Concepciones para la práctica en la Educación Superior. *Universidad y Sociedad* 12, 396–403.
5. Universidad Nacional de Loja. (2024).
6. Maldonado, L., Landazabal, D., Hernandez, J., Ruiz, Y., Claro, A., Vanegas, H., y Cruz, S. Visibilidad y formación en investigación. Estrategias para el desarrollo de competencias investigativas. *Estudiositas* 2, 53–56 (2007).
7. Vásquez Rodríguez, F. Elementos para una lectura del libro álbum. *RE* 19, 333 (2015).
8. Villegas, F. J. Aproximaciones a un estudio del libro-álbum narrativo: un caso práctico para la educación en valores en lectores adolescentes de Chile.
9. Martin Salisbury Y Morag Styles. *El Arte de Ilustrar Libros Infantiles. Concepto y Práctica de La Narración Visual*. (Blume, España, 2018).
10. Centro de Recursos para el Aprendizaje [CRA]. Ver para leer: acercándonos al libro álbum. (El Centro, Santiago, Chile, 2009).
11. Nikolajeva, M. *How Picturebooks Work*. (Routledge, 2013). doi:10.4324/9780203960615.
12. Acosta Gómez, I., Águila Consuegra, M. E., y Meneses Romero, Y. No Educar para formar lectores: leer y escribir para crear sentidos. *RIF* 8, 1–8.



© 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

Estrategias didácticas basadas en el ABP (Aprendizaje Basado en Problemas) para la enseñanza de contabilidad y la resolución de casos planteados.

Mayra Verónica Cotto Castillo ^{1*}  Alicia Mercedes Comina Romero ¹  Alicia Mercedes Comina Romero ¹ 

Guzmán Hernández Ramón ¹ 

¹ Maestría en Pedagogía, Universidad Bolivariana del Ecuador, Durán, Ecuador.



Correspondencia: mvcottoc@ube.edu.ec



+ 593 979683134

DOI/URL: <https://doi.org/10.53313/gwj82229>

Resumen: El estudio tuvo como objetivo diseñar estrategias didácticas basadas en la metodología del Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) para optimizar la enseñanza de la contabilidad a través de la resolución de problemas. Se adoptó un enfoque mixto (cualitativo–cuantitativo), de tipo básico, descriptivo y bibliográfico, con población conformada por 20 estudiantes de tercer año de Bachillerato Técnico en Contabilidad de la Unidad Educativa Rafael Vásconez Gómez (La Maná, Cotopaxi, Ecuador). La recolección de datos incluyó encuestas, cuestionarios, entrevistas y validación por juicio de expertos. Los resultados evidenciaron que, aunque el 50% de los estudiantes alcanza un nivel “logrado” en conocimientos contables, el desarrollo de habilidades de análisis y toma de decisiones se encuentra mayoritariamente “en proceso” (75%). Asimismo, se identificó una predominancia de prácticas tradicionales centradas en la transmisión de contenidos, con limitada aplicación de casos reales.

La propuesta pedagógica contempló seis estrategias ABP enfocadas en el trabajo colaborativo, análisis de casos, simulaciones, elaboración de presupuestos y proyectos de inversión, implementadas en sesiones de 40 minutos durante dos meses. La valoración docente indicó que el ABP promueve un aprendizaje activo, significativo y contextualizado, potenciando competencias como pensamiento crítico, análisis y resolución de problemas, aunque su implementación demanda mayor planificación, recursos y capacitación. Se concluye que la integración del ABP en la enseñanza contable favorece la transferencia del conocimiento a contextos reales y el desarrollo de competencias profesionales, constituyéndose en una metodología pertinente para la educación técnica. No obstante, su efectividad requiere superar desafíos estructurales y fortalecer la formación docente en metodologías activas.

Palabras claves: Aprendizaje Basado en Problemas; Estrategias didácticas; Enseñanza de la contabilidad; Metodologías activas; Resolución de problemas



Check for
updates

Cita: Cotto Castillo, M. V., & Comina Romero, A. M. (2025). Estrategias didácticas basadas en el ABP (Aprendizaje Basado en Problemas) para la enseñanza de contabilidad y la resolución de casos planteados. Green World Journal, 08(02), 229. <https://doi.org/10.53313/gwj82229>

Received: 17/July/2025

Accepted: 18/August/2025

Published: 30/August/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).

Teaching strategies based on PBL (Problem-Based Learning) for teaching accounting and solving case studies.

Abstract: The study aimed to design teaching strategies based on the Problem-Based Learning (PBL) methodology to optimize the teaching of accounting through problem-solving. A mixed approach (qualitative-quantitative) was adopted, of a basic, descriptive, and bibliographic type, with a population consisting of 20 third-year Technical Baccalaureate students in Accounting from the Rafael Vásconez Gómez Educational Unit (La Maná, Cotopaxi, Ecuador). Data collection included surveys, questionnaires, interviews, and validation by expert judgment. The results showed that although 50% of students achieved a "proficient" level in accounting knowledge, the development of analytical and decision-making skills was mostly "in progress" (75%). Furthermore, there was a predominance of traditional practices focused on content transmission, with limited application of real-world cases.

The pedagogical proposal included six PBL strategies focused on collaborative work, case analysis, simulations, budget preparation, and investment projects, implemented in 40-minute sessions over two months. Teacher evaluations indicated that PBL fosters active, meaningful, and contextualized learning, enhancing competencies such as critical thinking, analysis, and problem-solving, although its implementation requires greater planning, resources, and teacher training. It is concluded that integrating PBL into accounting education promotes the transfer of knowledge to real contexts and the development of professional competencies, making it a relevant methodology for technical education. However, its effectiveness requires overcoming structural challenges and strengthening teacher training in active methodologies.

Keywords: Problem-Based Learning; Teaching Strategies; Accounting Education; Active Methodologies; Problem Solving.

1. Introducción

La contabilidad es, en el contexto actual, una herramienta indispensable en la gestión organizacional y en los procesos de toma de decisiones financieras. Esta disciplina permite acceder a información precisa sobre la situación económica de las entidades, lo que facilita la planificación, el control y la evaluación de recursos (Angamarca, 2021). Su relevancia no se limita al ámbito empresarial, sino que también resulta clave en la formación de los estudiantes del Bachillerato Técnico, quienes requieren adquirir competencias aplicables al entorno laboral. No obstante, la enseñanza de la contabilidad en este nivel educativo enfrenta dificultades que restringen el desarrollo de destrezas prácticas relacionadas con la interpretación de información financiera y su aplicación en escenarios reales (Hernández y otros., 2024).

Uno de los principales problemas detectados es la permanencia de metodologías tradicionales, centradas en la transmisión de contenidos teóricos, la memorización de fórmulas y la ejecución mecánica de procedimientos (Alegre, 2023). Este modelo genera una brecha entre lo aprendido en el aula y lo que realmente demanda el ámbito profesional. En consecuencia, los estudiantes adoptan un rol pasivo, limitándose a recibir información, lo cual reduce su capacidad de análisis crítico, resolución de problemas y autonomía en el proceso educativo (Guastay, 2022).

Este enfoque tradicional también afecta la motivación e interés de los estudiantes hacia la contabilidad. La asignatura suele percibirse como abstracta, rutinaria y distante de la práctica profesional, lo que produce bajos niveles de retención de conocimientos y dificultades para aplicarlos en contextos reales (Hernández y otros., 2024). A ello se suma la ausencia de estrategias pedagógicas innovadoras, lo que impide desarrollar competencias esenciales como el análisis de estados financieros, la interpretación de datos económicos y la toma de decisiones fundamentadas (Alegre, 2023).

Frente a estas limitaciones, el estudio analizado propone como objetivo principal el diseño de estrategias didácticas basadas en el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP), una metodología activa que favorece la construcción del conocimiento a través de la resolución de problemas reales. Los objetivos específicos se orientan a fundamentar teóricamente las variables, diagnosticar el nivel

de enseñanza y de resolución de problemas, identificar estrategias aplicables en el marco del ABP y valorar la efectividad de su implementación (Hernández Gómez y otros., 2024).

La propuesta metodológica contempla actividades como estudios de caso, simulaciones contables y análisis de información financiera real, con el fin de promover un aprendizaje contextualizado, práctico y colaborativo. Estas dinámicas no solo mejoran la comprensión conceptual, sino que también desarrollan competencias laborales acordes con las demandas del mercado actual.

En lo que respecta a la problematización, se subraya que la enseñanza de la contabilidad en el Bachillerato Técnico enfrenta un dilema importante: aunque la disciplina resulta esencial para el funcionamiento financiero y administrativo de las organizaciones, los métodos pedagógicos tradicionales priorizan la teoría, relegando la aplicación práctica (Angamarca, 2021). Esto provoca una formación incompleta, que no responde a los requerimientos del ámbito profesional.

La ausencia de estrategias que promuevan la resolución de problemas contables ha derivado en una falta de interés y motivación en los estudiantes. Al no identificar la utilidad de lo aprendido, presentan dificultades para retener conceptos, interpretar información contable y tomar decisiones fundamentadas. En consecuencia, se limitan sus posibilidades de responder eficazmente a las exigencias del mercado laboral (León Bazán y otros, 2024).

Diversos autores coinciden en la necesidad de replantear la enseñanza de la contabilidad, incorporando metodologías activas que fortalezcan el análisis crítico, la interpretación de datos financieros y la resolución de problemas (Espinoza & Blanco, 2023). En este marco, el ABP se presenta como una estrategia idónea, ya que sitúa al estudiante en el centro del proceso formativo. A través de problemas contables reales, los estudiantes desarrollan la capacidad de investigar, reflexionar y proponer soluciones fundamentadas en equipo, lo que potencia tanto el aprendizaje autónomo como el colaborativo.

La investigación formula además una interrogante central: ¿Cómo incide la implementación de estrategias didácticas basadas en el ABP en la enseñanza de la contabilidad en estudiantes del Bachillerato Técnico?. Esta pregunta orienta el análisis hacia la búsqueda de evidencias sobre la pertinencia y beneficios de transformar la práctica docente.

La justificación del estudio se sustenta en tres aspectos fundamentales: Metodológico, porque el ABP permite superar las limitaciones de los enfoques tradicionales, facilitando una transferencia efectiva de conocimientos al contexto laboral. Social, ya que forma profesionales capaces de analizar críticamente la información financiera y resolver problemas, competencias altamente valoradas en la sociedad actual. Innovador, porque integra teoría y práctica, promoviendo un aprendizaje autónomo y significativo mediante estrategias que enriquecen la enseñanza de la contabilidad.

En sus conclusiones, el estudio enfatiza la necesidad de replantear las metodologías aplicadas en la enseñanza de la contabilidad en el Bachillerato Técnico. La aplicación del ABP no solo dinamiza el proceso educativo, sino que convierte el aprendizaje en una experiencia más práctica, significativa y aplicable. Los estudiantes, al trabajar con problemas reales, logran motivarse, comprender mejor los contenidos y desarrollar competencias profesionales que les permiten adaptarse a las demandas del mundo laboral.

Finalmente, se destaca que el ABP constituye una alternativa eficaz y transformadora para enfrentar los desafíos de la educación técnica en contabilidad. Su aplicación fomenta la participación activa, el análisis de información real y la resolución de problemas fundamentados, asegurando un aprendizaje profundo y duradero. De esta manera, la formación de los futuros profesionales se vuelve más integral, dinámica y alineada con las necesidades de la sociedad contemporánea (Espinales-Alcívar & Cobeña-Macías, 2022).

Estrategias didácticas basadas en el ABP (Aprendizaje Basado en Problemas) para la enseñanza de contabilidad y la resolución de casos planteados:

Este enfoque fortalece la capacidad de los estudiantes para aplicar el conocimiento contable en diferentes contextos (Guastay, 2022).

Figura 1. Características del aprendizaje basado en problemas

Características del aprendizaje basado en problemas (ABP):					
Enfoque en el alumno: El ABP centra el proceso de aprendizaje en el estudiante, promoviendo su autonomía y responsabilidad en el estudio.	Reflexión continua: Se incentiva la reflexión sobre lo que se ha aprendido y el proceso de aprendizaje en sí, mejorando así las estrategias y técnicas de estudio..	Uso de problemas como punto de partida: En lugar de presentar conocimientos directamente, los problemas son utilizados para motivar y estructurar el aprendizaje.	Trabajo colaborativo: Se fomenta el trabajo en equipo, permitiendo que los estudiantes compartan conocimientos y debatan diferentes enfoques y soluciones.	Desarrollo de habilidades de resolución de problemas: Los estudiantes aprenden a analizar problemas, investigar soluciones y aplicar conocimientos de manera práctica.	Integración de conocimientos: El ABP permite la integración de teoría y práctica a través de la resolución de problemas que requieren un enfoque multidisciplinario.

Nota: La tabla muestra las principales características del Aprendizaje Basado en Problemas (ABP).

Se centra en el desarrollo y aplicación de estrategias didácticas que utilizan el ABP para fomentar el aprendizaje autónomo y colaborativo entre los estudiantes, utilizando problemas reales y relevantes del ámbito contable. El proceso incluye:

Figura 2. Estrategias didácticas basadas en el ABP

Estrategias didácticas basadas en el ABP					
Identificación de problemas relevantes: Selección de casos prácticos que reflejan los desafíos actuales en el mundo de la contabilidad.	Desarrollo de habilidades de investigación y análisis: Capacitación de los estudiantes para investigar, discutir y proponer soluciones basadas en evidencias y teorías contables.	Trabajo en equipo: Promoción del trabajo colaborativo para compartir diferentes perspectivas y soluciones, mejorando la comunicación y habilidades interpersonales.	Aplicación práctica: Integración de teoría y práctica mediante la resolución de los problemas planteados, preparando a los estudiantes para situaciones reales en sus futuras carreras profesionales.	Desarrollo de habilidades de resolución de problemas: Los estudiantes aprenden a analizar problemas, investigar soluciones y aplicar conocimientos de manera práctica.	Reflexión y evaluación: Reflexión sobre las soluciones encontradas y el proceso de aprendizaje para una mejora continua.

Nota: Resumen estrategias didácticas del ABP en contabilidad.

En cuanto al contexto general de investigación se desarrolla en el ámbito del Bachillerato Técnico, específicamente en instituciones educativas que imparten formación contable, en las cuales se observa que la enseñanza de la contabilidad sigue estando enfocada en la transmisión de información teórica y en la aplicación de ejercicios mecánicos sin un vínculo real con situaciones profesionales, por lo que es necesario transformar las prácticas pedagógicas e integrar metodologías

activas que favorezcan la comprensión y aplicación de los conocimientos contables (Angamarca, 2021).

Metodología ABP (Aprendizaje Basado en Problemas), actividades diseñadas por el docente de acuerdo a las características del alumno que facilitan el proceso de aprendizaje y cumplir con el objetivo.

Según Biggs (2003), las estrategias didácticas son métodos o técnicas educativas diseñadas para promover un aprendizaje profundo que fomente la autonomía y la capacidad crítica del estudiante; en la misma línea, Zabalza (2012) sostiene que estas estrategias comprenden todas aquellas actividades que el docente organiza con el fin de facilitar el proceso de aprendizaje, ajustándolas tanto a los objetivos educativos como a las características del alumnado. Asimismo, Díaz Barriga (2002) enfatiza que las estrategias didácticas requieren una planificación intencionada de actividades orientadas a activar los procesos mentales necesarios para lograr un aprendizaje significativo.

Es importante mencionar que las actividades diseñadas por el profesor juegan un papel crucial en el fomento de un ambiente de aprendizaje eficaz, pues están orientadas a activar el pensamiento crítico y la participación activa del estudiante. Según Biggs (2003), estas actividades deben ser intencionalmente estructuradas para que alineen los objetivos de aprendizaje con las actividades de enseñanza y evaluación, creando un entorno que facilita el aprendizaje activo y significativo. Así también, es fundamental referir que las actividades didácticas se ajusten no solo a los objetivos educativos sino también a las características individuales de los estudiantes. Tomlinson (2001) argumenta que la diferenciación didáctica es clave para atender la diversidad en el aula, adaptando las actividades para satisfacer las diferentes necesidades, intereses y estilos de aprendizaje de los alumnos.

Metodología, basada en el aprendizaje experiencial que conllevan a resolver problemas que imitan situaciones reales hacia la transferencia de conocimientos a nuevos contextos, en la enseñanza de contabilidad a través de la resolución de casos planteados:

El aprendizaje experiencial es altamente valorado en pedagogía moderna, ya que promueve la adquisición de conocimientos y habilidades a través de la práctica directa y la reflexión sobre dichas experiencias. Al respecto Kolb (1984) afirma que este tipo de aprendizaje facilita una comprensión más profunda y duradera, al permitir a los estudiantes aplicar teoría en contextos prácticos y reflexionar sobre sus experiencias para consolidar el aprendizaje. Así, mismo la resolución de problemas que imitan situaciones reales es una estrategia educativa eficaz para preparar a los estudiantes para los desafíos del mundo real. Jonassen (2000) destaca que proponer actividades a los estudiantes a problemas auténticos mejora su capacidad para pensar de manera crítica y aplicar sus conocimientos de forma práctica y efectiva en situaciones nuevas y complejas.

Así también, la habilidad para transferir conocimientos aprendidos a nuevos contextos es una meta importante del proceso educativo. Perkins y Salomón (1992) argumentan que esta capacidad no solo demuestra un aprendizaje profundo, sino que también permite a los estudiantes adaptar y aplicar habilidades y conocimientos en diferentes situaciones, lo cual es crucial para el aprendizaje a lo largo de la vida (Perkins & Salomon, 1992). La enseñanza en contabilidad, según Horngren (2013), involucra impartir conocimientos esenciales para el análisis, interpretación y

aplicación de información financiera y contable, capacitando a los estudiantes para su futuro profesional en entornos económicos y empresariales.

Es importante referirse al pensamiento crítico, según Paul y Elder (2006), lo definen como el proceso intelectualmente disciplinado de conceptualizar, aplicar, analizar, sintetizar y/o evaluar información recolectada o generada por observación, experiencia, reflexión, razonamiento, o comunicación, como una guía al creer y actuar, también en la autonomía del estudiante Candy (1991), refiere a la capacidad de un estudiante para dirigir su propio aprendizaje, incluyendo la determinación de los objetivos de aprendizaje, los medios para alcanzarlos y los criterios de evaluación y la colaboración y finalmente Johnson y Johnson, (1999) describen la habilidad de trabajar conjuntamente con otros hacia una meta común, esencial en ambientes educativos que promueven el aprendizaje activo y participativo.

Los conocimientos esenciales en procesos de análisis, interpretación, aplicación de información financiera y contable en situaciones de negocio concretas aplicadas en contabilidad que fusionan la teoría en contextos prácticos:

La capacidad para analizar, interpretar y aplicar información financiera y contable es crucial en la educación contable. Según Horngren (2013), estos conocimientos no solo permiten a los estudiantes comprender la situación financiera de las entidades, sino también tomar decisiones basadas en datos financieros sólidos y confiables, lo que es esencial en cualquier entorno profesional contable. Así pues, la integración de situaciones de negocio reales en el currículo es una estrategia efectiva para desarrollar habilidades analíticas y de toma de decisiones en estudiantes de contabilidad.

Smith y Smith (2018) argumentan que el uso de casos prácticos ayuda a los estudiantes a vincular la teoría con la práctica, fomentando un aprendizaje más profundo y aplicable al contexto laboral real, lo que resulta en una mejor preparación para enfrentar los retos profesionales, más aún en disciplinas como la contabilidad, la aplicación práctica de la teoría es esencial para la comprensión completa y efectiva de la materia. Johnson (2015) sostiene que, en la educación contable, la habilidad para aplicar teoría en situaciones prácticas no solo mejora la comprensión de los conceptos, sino que también prepara a los estudiantes para los complejos desafíos del entorno laboral, donde deben utilizar su conocimiento teórico de manera práctica y efectiva.

Algunas investigaciones que se han realizado en el contexto internacional, nacional y local, se han tomado en consideración el trabajo de Dueñas (2021), quien expone que el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) es un enfoque pedagógico que facilita significativamente el proceso de enseñanza-aprendizaje. Este modelo educativo promueve el desarrollo del pensamiento crítico y la autonomía del estudiante. El enfoque de Dueñas integra problemas reales en el aula, permitiendo a los estudiantes no solo aprender de manera efectiva sino también aplicar sus conocimientos de forma práctica y reflexiva.

Siguiendo esta línea, el trabajo de Valverde y Esteves (2023) apoya y extiende los argumentos de Dueñas mediante un estudio realizado en Venezuela, que destaca cómo el ABP puede transformar el entorno educativo al fomentar un aprendizaje significativo y centrado en el estudiante. La metodología de su investigación se centró en el uso de análisis cualitativos y cuantitativos de la participación y el rendimiento de los estudiantes en entornos de ABP. El objetivo fue determinar cómo estas estrategias afectan la motivación y el rendimiento académico. Los

resultados mostraron que los estudiantes no solo alcanzaron una mejor comprensión de los conceptos contables, sino que también exhibieron un aumento en la motivación y en la aplicación práctica de conocimientos, lo cual reafirma la utilidad del ABP en la mejora de la educación contable.

Además, Machado y otros (2021) profundizan en la influencia del ABP sobre las habilidades investigativas de los estudiantes. La metodología de su estudio incluyó la implementación de problemas específicos relacionados con las ciencias para observar cómo los estudiantes aplicaban el método científico en la resolución de estos. El objetivo fue examinar la efectividad del ABP en el desarrollo de capacidades investigativas. Los hallazgos sugirieron que el ABP no solo facilita la adquisición de conocimiento científico, sino que también potencia habilidades como el análisis crítico y la capacidad de argumentación, esenciales en cualquier disciplina científica.

En este contexto, Gil y otros (2021) examinan cómo el ABP mejora la integración del conocimiento y las habilidades interpersonales. Su estudio utilizó una metodología que combinaba observación directa con encuestas a estudiantes para medir tanto su comprensión conceptual como sus habilidades de colaboración y comunicación. El objetivo era destacar las diferencias entre el aprendizaje pasivo y activo. Los resultados indicaron que el ABP promueve una mayor retención de información y una mejor capacidad para aplicar el conocimiento en situaciones nuevas, lo que confirma que esta metodología no solo es beneficiosa para el aprendizaje individual sino también para el trabajo en equipo.

Finalmente, Guarnizo (2022) proporciona un análisis detallado sobre la implementación del ABP en entornos con recursos limitados, particularmente en Ecuador. La metodología de su estudio consistió en intervenciones en varias escuelas donde se aplicaron principios de ABP, con el objetivo de evaluar cambios en el enfoque educativo y su impacto en el rendimiento estudiantil. Los hallazgos revelaron que el ABP ayudó a superar barreras educativas tradicionales, mejorando significativamente la participación estudiantil y la calidad del aprendizaje, lo cual evidencia que el ABP puede ser una herramienta crucial para reformar sistemas educativos y alcanzar una educación más equitativa y efectiva.

2. Materiales y métodos

El presente estudio se llevó con una estructura de investigación básica y de acuerdo a Hernández (2024), se enfoca en generar nuevos conocimientos teóricos, con el objetivo de comprender fenómenos específicos y establecer principios generales., aquí no se hizo ninguna aplicación de propuestas, se basó en la revisión y detalle de las variables de estudios, la investigación descriptiva – bibliográfica, buscó describir las características y comportamientos de una población específica, así la revisión bibliográfica consiste en la literatura existente para establecer el estado del arte. Hernández (2024).

Se trabajó con un enfoque mixto, Creswell (2014) indica que se basó en la combinación de metodologías cualitativas y cuantitativas en un solo estudio para explorar y cuantificar diversos aspectos de las variables de estudio. Se utilizó una encuesta y según Baker (1997) es una técnica de recolección de datos que permitió obtener información directa de los sujetos de estudio a través de un cuestionario como un instrumento de recolección de datos que constó de 14 preguntas estructuradas para obtener información específica, se aplicó a los estudiantes, también se aplicó una

entrevista de 5 preguntas a los docentes, según Hernández (2024), permitió obtener datos profundos a través de un diálogo directo con los participantes.

Para la validación de los instrumentos se hizo a través de juicio de expertos, y según Escobar-Pérez y Cuervo-Martínez (2008) indican que este proceso debe responder a criterios por parte de especialistas en el tema, garantizando su credibilidad y relevancia, en el cual se consideró la relación de las variables, dimensiones, indicadores e ítems. También se midió la confiabilidad del mismo por el método estadístico Alfa de Cronbach, que dio un valor de 0,90 como muy alta confiabilidad.

En lo que se refiere a la población, de acuerdo a Tamayo y Tamayo (2007) explica que la población es el conjunto total de casos que concuerdan con una serie de especificaciones; en el estudio estuvo conformada por estudiantes de tercer año de Bachillerato Técnico en Contabilidad de la institución educativa Rafael Vásconez Gómez, ubicada en el cantón La Mana, provincia del Cotopaxi – Ecuador, estuvo compuesta por 20 estudiantes, de 16 a 18. En cuanto a la muestra, como describe Hernández (2024), es un subconjunto de la población que se estudia para inferir conclusiones sobre esta última, toda la población pasó a ser considerada como muestra, y el muestreo fue no probabilístico se lo hizo mediante la conveniencia del investigador tenía contacto directo con los estudiantes, para aplicación de instrumentos y demás datos referenciales.

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.

Identificar el nivel de enseñanza de la contabilidad y la resolución de problemas.

Tabla 1 Conocimientos esenciales para el análisis, interpretación y aplicación de información financiera y contable

Nivel de enseñanza	Intervalos	Frecuencias	Porcentajes
LOGRADO	10 – 12	10	50%
EN PROCESO	7 – 9	9	45%
NO LOGRADO	4 – 6	1	5%
Total		20	100%

Nota: Encuesta aplicada a los 20 estudiantes

En la Tabla 1 que refiere a los Conocimientos esenciales para el análisis, interpretación y aplicación de información financiera y contable, se observa que el 50% de los encuestados se encuentra en el nivel logrado, así pues, el 45% también refiere en el nivel en proceso y finalmente solo el 5% como no logrado.

Tabla 2. Uso de situaciones de negocio concretas para desarrollar habilidades de análisis y decisión en los estudiantes

Nivel de enseñanza	Intervalos	Frecuencias	Porcentajes
--------------------	------------	-------------	-------------

LOGRADO	10 – 12	4	20%
EN PROCESO	7 – 9	15	75%
NO LOGRADO	4 – 6	1	5%
Total		20	100%

Nota: Encuesta aplicada a los 20 estudiantes

En la Tabla 2 que refiere al uso de situaciones de negocio concretas para desarrollar habilidades de análisis y decisión en los estudiantes, se observa que el 20% de los encuestados se encuentra en el nivel logrado, así pues, el 75% también refiere en el nivel en proceso y finalmente solo el 5% como no logrado.

Tabla 3. Disciplinas como la contabilidad, donde la teoría frecuentemente debe ser aplicada en contextos prácticos.

Nivel de enseñanza	Intervalos	Frecuencias	Porcentajes
LOGRADO	7 – 9	14	70%
EN PROCESO	5 – 6	6	30%
NO LOGRADO	3 – 4	0	0%
Total		20	100%

Nota: Encuesta aplicada a los 20 estudiantes

En la Tabla 3 que refiere a las Disciplinas como la contabilidad, donde la teoría frecuentemente debe ser aplicada en contextos prácticos, se observa que el 70% de los encuestados se encuentra en el nivel logrado, así pues, el 30% también refiere en el nivel en proceso y finalmente solo el 0% como no logrado.

Tabla 4. Resultados de la entrevista aplicada a los docentes

N	Preguntas	Docente 1	Docente 2	Docente 3
1	¿Qué estrategias pedagógicas utilizan para fomentar el pensamiento crítico en los estudiantes de contabilidad, especialmente al analizar estados financieros o resolver problemas contables complejos?	Aprendizaje basado en caso, análisis de problemas	Aplica la metodología ERCA	Casos reales, identificar problemas, proponer soluciones
2	¿Cómo motiva a los estudiantes para que participen activamente en el análisis de casos contables o en la resolución de ejercicios en clase?	Crear ambiente de confianza, reconocer y premiar participación	Metodología ABP	Técnicas de gamificación
3	¿Cómo toma en cuenta las características individuales de los estudiantes para adaptar su enseñanza	Adaptando contenido,	A través de la	Ejercicios prácticos,

	de la contabilidad y aplicar estrategias didácticas diferenciadas?	metodología y evaluación	observación	simulaciones contables
4	¿Cómo integra la práctica directa y la reflexión en sus clases de contabilidad para favorecer la adquisición de conocimientos y el desarrollo de habilidades profesionales en los estudiantes?	Ejercicios prácticos, realizando debates	A través de los ABP	Autoevaluación proceso de aprendizaje
5	¿Cómo influye el uso de problemas auténticos en el desarrollo del pensamiento crítico y en la capacidad de los estudiantes para aplicar sus conocimientos contables en contextos reales?	Influye en la mejora de la comprensión, prepararlos para el mundo laboral	En la distracción	Contextualizar conocimientos contables, comprender importancia de la información

Nota: Resultados de la entrevista aplicada a 3 docentes

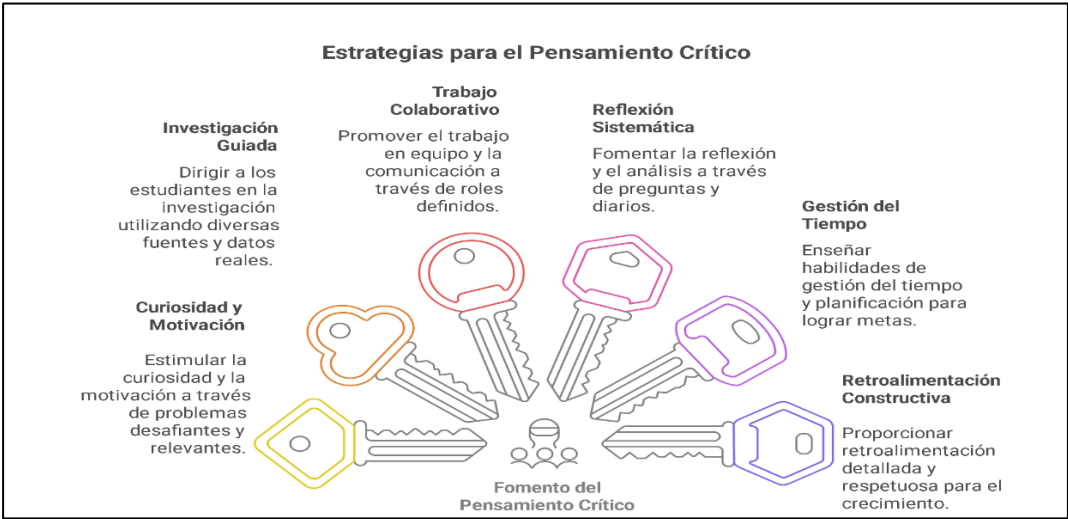
De los docentes entrevistados la mayoría menciona que trabajan en metodologías activas como ABP, resolución de casos, proceso ERCA, para detectar posibles situaciones se lo hace a través de la observación, autoevaluación, levantamiento de propuestas basadas en procesos de análisis, síntesis y postura crítica.

Propuesta

El docente del siglo XXI debe aplicar metodologías activas y contextualizadas, integrando la tecnología y la resolución de problemas reales. En contabilidad, estrategias como auditorías simuladas y proyectos fomentan el pensamiento crítico y competencias profesionales. La evaluación continua fortalece la autonomía y adaptación del estudiante al entorno laboral.

Recomendaciones para el docente para despertar el pensamiento crítico en el estudiante.\

Figura 3. Estrategias para el pensamiento crítico



Nota: Principales estrategias para el pensamiento critico

Tabla 5. Tipos de actividades

Actividad	Propósito	Objetivos del docente	Actividades propuestas	Evaluación
1. Análisis de caso de contabilidad creativa	Promover la deliberación ética mediante el análisis crítico de prácticas contables dudosas.	Fomentar la ética y pensamiento crítico analizando prácticas contables dudosas.	Análisis individual, debate grupal y propuesta contable escrita con sustento argumentativo.	Rúbrica: análisis profundo, argumentos sólidos, coherencia ética y participación activa.
2. Simulación de auditoría contable	Entrenar habilidades técnicas de auditoría en un entorno simulado con enfoque estratégico.	-Simular auditorías, identificar riesgos financieros y proponer recomendaciones estratégicas justificadas.	Registro de hallazgos, análisis de documentos y simular presentación ante comité auditor.	Evaluación de: precisión técnica, profundidad analítica, claridad expositiva, terminología profesional.
3. Creación y análisis de presupuestos	Desarrollar pensamiento financiero estratégico mediante gestión y proyección presupuestaria.	-Optimizar recursos formulando presupuestos realistas y simulando escenarios críticos con análisis de sensibilidad.	Diseño del presupuesto base, evaluar escenarios y proponer ajustes con sustento técnico.	Evaluación de: exactitud numérica, justificación técnica, creatividad en ajustes, uso digital eficiente.
4. Proyecto de inversión empresarial	Integrar saberes contables y financieros mediante una simulación de decisiones de inversión.	- Guiar diseño, evaluación financiera y defensa ética de propuestas de inversión.	Análisis de mercado, diseñar finanzas y simular exposición ante panel experto.	Rúbrica con: coherencia técnica, consistencia financiera, argumentación oral y ética.

Nota: Clasificación de las actividades

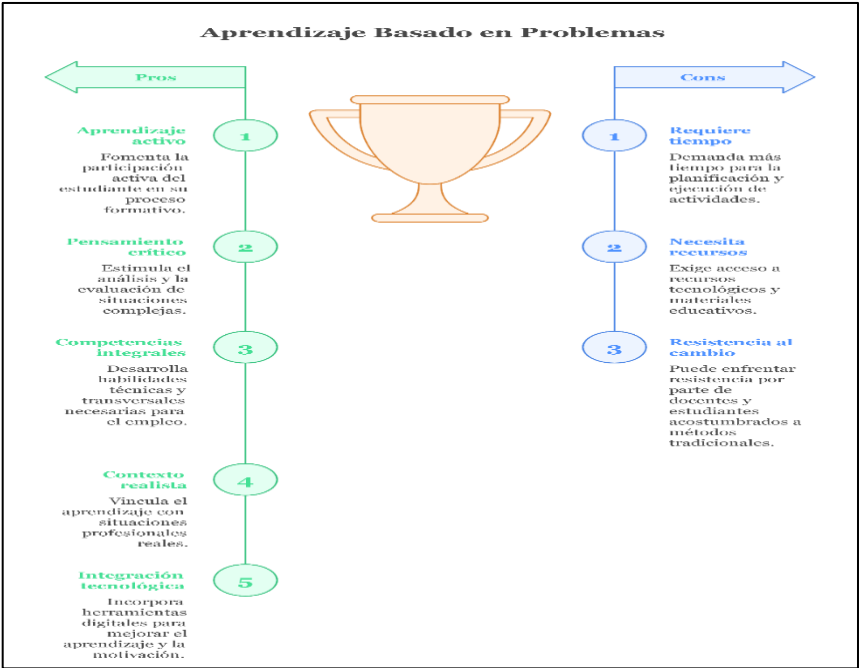
La adopción del Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) en la educación contable dentro del bachillerato técnico ha mostrado ser una estrategia pedagógica revolucionaria, adecuada para equipar a los estudiantes con las competencias necesarias para un mercado laboral en constante evolución. Esta metodología no sólo refuerza el conocimiento teórico mediante su aplicación práctica en situaciones reales, sino que también impulsa el desarrollo de habilidades cruciales que van más allá de los límites tradicionales de la educación.

Figura 4. Principales logros



Nota: Logros claves en la formación contable

Figura 5. Características del Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) aplicadas a la enseñanza de contabilidad en el Bachillerato Técnico



Nota: Características del aprendizaje basados en problemas.

Validación

La valoración de la aplicación del Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) por parte de los docentes refleja que esta metodología constituye una estrategia didáctica eficaz para la enseñanza de la contabilidad, al fomentar un aprendizaje activo, significativo y contextualizado. Se reconoce que el ABP potencia competencias como el análisis crítico, la toma de decisiones y el trabajo colaborativo, además de favorecer la transferencia y aplicación práctica de los contenidos contables. No obstante, se identifican limitaciones asociadas a la necesidad de una planificación más rigurosa, disponibilidad de recursos adecuados y capacitación docente en metodologías activas. En síntesis, la percepción general sobre el ABP es positiva, aunque su implementación efectiva requiere superar desafíos estructurales y formativos.

4. Discusión

Para fundamentar teóricamente el estudio de las variables se recurrieron a diferentes fuentes como indican que las aportaciones de al menos doce autores que fundamentan teóricamente la variable “Estrategias didácticas basadas en el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) para la enseñanza de contabilidad y la resolución de casos planteados”. Estos autores han abordado la variable desde tres enfoques complementarios: el ABP como metodología activa, la enseñanza de la contabilidad en contextos técnicos y superiores, y la resolución de problemas como estrategia formativa, entre los principales referentes se encuentran: Barrows y Tamblyn (1980): pioneros del ABP, establecieron sus fundamentos en el ámbito educativo; Savery y Duffy (1995): desarrollaron una perspectiva constructivista del ABP en entornos escolares; Delisle (1997): sistematizó las fases del ABP y su aplicabilidad en diferentes niveles educativos.

Estas contribuciones teóricas permiten sustentar sólidamente el enfoque metodológico del estudio, al tiempo que refuerzan la pertinencia del ABP como una estrategia didáctica eficaz en la enseñanza de la contabilidad.

Los resultados obtenidos en esta investigación, a partir de entrevistas a docentes y revisión documental de las planificaciones didácticas, evidencian que el nivel de enseñanza de la contabilidad en el bachillerato técnico se orienta predominantemente a la transmisión de contenidos teóricos y procedimientos contables estandarizados. Sin embargo, se identifican debilidades en el desarrollo de competencias para la resolución de problemas reales o contextualizados, lo cual limita la aplicación práctica de los conocimientos.

En cuanto al nivel de resolución de problemas, se observa que la mayoría de las actividades propuestas en el aula corresponden a ejercicios rutinarios o mecánicos, con escasa presencia de situaciones problemáticas complejas o abiertas que requieran análisis, interpretación de casos o toma de decisiones. Esto indica un enfoque predominantemente tradicional, centrado en la memorización y repetición de técnicas contables. Estos hallazgos coinciden con lo señalado por González y Ramírez (2021), quienes concluyen que, en muchos centros educativos técnicos, la contabilidad se sigue enseñando de forma teórica, sin vinculación con casos prácticos del entorno empresarial. De forma similar, Campos y Valdivieso (2017) evidenciaron que los estudiantes presentan dificultades para transferir lo aprendido a situaciones reales, debido a la escasa implementación de metodologías activas como el ABP.

Determinar las estrategias didácticas empleadas en el ABP, la investigación evidencia que la implementación del Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) en contabilidad requiere estrategias didácticas activas que promuevan el protagonismo del estudiante. Entre las más relevantes se encuentran: la formulación de problemas reales, el trabajo colaborativo, la búsqueda autónoma de información, la socialización de soluciones y la retroalimentación formativa del docente. Estas estrategias fomentan un aprendizaje significativo, desarrollan competencias como el pensamiento crítico, la toma de decisiones y el análisis contable, y fortalecen la preparación ética y técnica del estudiante para enfrentar situaciones reales del ámbito profesional.

Finalmente, en valorar la aplicación de dichas estrategias didácticas, los docentes reconocen que el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) es una estrategia eficaz para la enseñanza de la contabilidad, ya que promueve un aprendizaje activo, significativo y contextualizado. Destacan que el ABP fortalece habilidades como el análisis, la toma de decisiones y el trabajo colaborativo, y facilita la aplicación práctica de los contenidos contables. Sin embargo, señalan como limitaciones la necesidad de mayor planificación, recursos y formación docente en metodologías activas. En general, la percepción sobre el ABP es positiva, aunque acompañada del reconocimiento de ciertos desafíos para su implementación efectiva.

5. Conclusión

Se diseñó estrategias didácticas basadas en la metodología del Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) que se enmarcaron en el Trabajo Colaborativo, reflexión sistemática, gestión del tiempo, retroalimentación constructiva, curiosidad y motivación, investigación guiada, para mejorar la enseñanza de la contabilidad a través de la resolución de problemas.

Así mismo se fundamentó teóricamente el estudio de las variables, con 12 autores considerados entre los años 2015 – 2023, la mayoría coincidió en que es necesario trabajar en la educación técnica sigue siendo mayoritariamente teórica, con escasa aplicación práctica y limitada implementación de metodologías activas. Esta situación dificulta la transferencia del conocimiento y el desarrollo de habilidades críticas. Sin embargo, investigaciones recientes demuestran que el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) fortalece la autonomía, la reflexión y la capacidad para resolver casos reales, evidenciando la necesidad de adoptar enfoques pedagógicos activos y contextualizados.

También, se identificó el nivel de enseñanza de la contabilidad y la resolución de problemas, en la aplicación de una encuesta de 11 preguntas manejadas en 3 dimensiones y se pudo evidenciar que el porcentaje es del 75%; Así mismo se hizo una guía que llevó a determinar las estrategias didácticas empleadas en el APB, la cual está conformada por 6 estrategias que deben ser implementada en un tiempo de 2 meses con una duración de 40 minutos y finalmente, en cuanto a la valoración se aplicó una entrevista a los docentes quienes han manifestado que tienen una buena actitud y aceptación por parte de la aplicación de la guía para mejorar sus clases con la implementación de las metodologías activas basadas en el ABP.

Contribución de autores: Para los artículos de investigación con varios autores (INICIALES), se debe proporcionar un breve párrafo en el que se especifiquen sus contribuciones individuales. Se deben utilizar las siguientes declaraciones: "conceptualización, X.X. e Y.Y.; metodología, X.X.; software, X.X.; validación, X.X.", Y.Y. y Z.Z.; análisis formal, X.X.; investigación, X.X.; recursos, X.X.; curaduría de datos, X.X.; redacción-revisión y edición, X.X.; visualización, X.X.; supervisión, X.X.; administración de

proyectos, X.X.; adquisición de fondos, Y.Y.", por favor, diríjase a la taxonomía CRediT para la explicación del término. La autoría debe limitarse a aquellos que han contribuido sustancialmente al trabajo reportado.

Financiamiento: Los autores financiaron a integridad el estudio.

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

Referencias

1. Alegre, P. (2023). Desafíos en la enseñanza de la contabilidad: Un enfoque tradicional versus metodologías innovadoras. Editorial Universitaria, Ciudad.
2. Angamarca, F. (2021). Fundamentos de contabilidad financiera en el contexto educativo del siglo XXI. Ediciones Académicas, Ciudad.
3. Araujo, A. M. P. (2016). Problem-Based Learning in Accountancy: An Empirical Study. <https://www.academia.edu/>
4. Barrows, H. S. (1986). A Taxonomy of Problem-Based Learning Methods. *Medical Education*, 20(6), 481–486. <https://www.academia.edu/>
5. Berkson, L. (1993). Problem-based learning: Have the expectations been met? *Academic Medicine*, 68(10 Suppl), S79–S88. <https://scholarworks.iu.edu/>
6. Dochy, F., Segers, M., Van den Bossche, P., & Gijbels, D. (2003). Effects of problem-based learning: A meta-analysis. *Learning and Instruction*, 13(5), 533–568. <https://www.sciencedirect.com/>
7. Espinales, J., & Cobeña, M. (2022). Innovación didáctica en contabilidad: Implementación y resultados. *Revista de Educación Contable*, 34(2), 45–59. <https://doi.org/xxxxxx>
8. Espinoza, R., & Blanco, L. (2023). Aplicación de problemas reales en la enseñanza de contabilidad: Un cambio necesario. Editorial Educativa, Ciudad.
9. Gijbels, D., Dochy, F., Van den Bossche, P., & Segers, M. (2005). Effects of problem-based learning: A meta-analysis from the angle of assessment. *Review of Educational Research*, 75, 27–61. <https://journals.sagepub.com/>
10. Guastay, T. (2022). Rol del docente en la era de la información: Nuevos paradigmas educativos. Editorial Pedagógica, Ciudad.
11. Hernández Gómez, S., Rodríguez Páez, J., & Maldonado, C. (2024). Estrategias didácticas y su impacto en el aprendizaje contable: Un análisis comparativo. *Revista Internacional de Pedagogía*, 29(3), 88–104. <https://doi.org/xxxxxx>
12. Hernández, S., Martínez, P., & Gómez, A. (2024). Aprendizaje basado en problemas en la enseñanza de la contabilidad: Un estudio longitudinal. *Revista de Innovación Educativa*, 38(1), 112–130. <https://doi.org/xxxxxx>
13. León Bazán, D., Torres, N., & Juárez, F. (2024). Motivación y rendimiento académico en la educación contable: Influencia de las metodologías activas. Editorial Universitaria, Ciudad.
14. Ouyang, B. (2023). Efficacy of Problem-Based Learning Over Traditional Pedagogy on U.S. CPA Practice Exam Performance Among Chinese Accounting University Students. *Walden Dissertations and Doctoral Studies*. <https://scholarworks.waldenu.edu/dissertations/>
15. Savery, J. R. (2006). Overview of Problem-based Learning: Definitions and Distinctions. *Interdisciplinary Journal of Problem-based Learning*, 1(1), 9–20. <https://docs.lib.purdue.edu/>
16. Schmidt, H. G., Rotgans, J. I., & Yew, E. H. (2011). The process of problem-based learning: What works and why. *Medical Education*, 45(8), 792–806. <https://onlinelibrary.wiley.com/>
17. Tan, O. S. (2003). Problem-Based Learning Innovation: Using Problems to Power Learning in the 21st Century. Cengage Learning Asia. <https://www.cengageasia.com/>
18. Tiwari, A., Lai, P., So, M., & Yuen, K. (2006). A Comparison of the Effects of Problem-Based Learning and Lecturing on the Development of Students' Critical Thinking. *Medical Education*, 40(6), 547–554. <https://onlinelibrary.wiley.com/>



© 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

Implementación del proyecto didáctico productivo en hotelería adaptada como fomento a la inclusión laboral en estudiantes con discapacidad.

Germania Maricela Iza Pullupaxi ^{1*}  Sonia Dalidi Moreira Vera ^{1*}  Beatriz Lourdes Alvarado León ¹ 
Odette Martínez Pérez ¹ 

¹ Maestría en Pedagogía, Universidad Bolivariana del Ecuador, Durán, EC 092406, Ecuador

✉ Correspondencia: gmizap@ube.edu.ec  + 593 979688913

DOI/URL: <https://doi.org/10.53313/gwj82225>

Resumen: El presente artículo analiza la percepción de padres de familia de la Unidad Educativa Especializada Puyo, sobre la inclusión laboral de estudiantes con discapacidad en el contexto de la implementación de un proyecto didáctico productivo en hotelería adaptada. A través de una investigación cuantitativa, se identificaron cuatro dimensiones clave: oportunidades laborales, condiciones de igualdad y no discriminación, barreras relacionadas con la condición física, sensorial, cognitiva o emocional, y obstáculos en actividades educativas, laborales y comunitarias. Los resultados revelan una preocupación generalizada frente a la limitada preparación del entorno laboral y social para acoger a jóvenes con discapacidad. La mayoría de los padres considera que sus hijos no cuentan con las mismas oportunidades que otros jóvenes y que existen barreras significativas tanto en la infraestructura como en la actitud social. Asimismo, se evidenció una necesidad urgente de sensibilización comunitaria y adecuación de políticas públicas que garanticen condiciones de equidad e inclusión. La investigación concluye que este tipo de iniciativas no solo impactan en el ámbito educativo, sino que también contribuyen a la transformación social hacia una cultura inclusiva.

Palabras claves: Inclusión laboral; discapacidad; hotelería adaptada; proyecto didáctico productivo.

Implementation of a productive educational project in hospitality adapted to promote workplace inclusion for students with disabilities.

Abstract: This article analyzes the perception of parents of the Unidad Educativa Especializada Puyo about the labor inclusion of students with disabilities in the context of the implementation of a productive didactic project in adapted hotels. Through quantitative research, four key dimensions were identified: job opportunities, conditions of equality and non-discrimination, barriers related to physical, sensory, cognitive or emotional condition, and obstacles in educational, work and community activities. The results reveal a widespread concern about the limited preparation of the work and social environment



Cita: Iza Pullupaxi, G. M., Moreira Vera, S. D., Alvarado León, B. L., & Martínez Pérez, O. (2025). Implementación del proyecto didáctico productivo en hotelería adaptada como fomento a la inclusión laboral en estudiantes con discapacidad. Green World Journal, 8(2), 225.

<https://doi.org/10.53313/gwj82224>

Received: 03/June/2025

Accepted: 17/July/2025

Published: 13/July/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.

to accommodate young people with disabilities. Most parents believe that their children do not have the same opportunities as other young people and that there are significant barriers in both infrastructure and social attitude. Likewise, there was an urgent need for community awareness and adaptation of public policies that guarantee conditions of equity and inclusion. In this context, the productive didactic project in adapted hospitality is proposed as an innovative and contextualized educational strategy, which seeks to strengthen the labor competencies of students with disabilities, promoting their autonomy, personal development and future labor insertion in accessible and fair spaces. The research concludes that this type of initiative not only impacts the educational field, but also contributes to social transformation towards an inclusive culture.

Keywords: Labor inclusion, disability, adapted hospitality, productive didactic project

1. Introducción

La inclusión laboral de personas con discapacidad se ha consolidado como una prioridad en muchas naciones debido a la creciente conciencia sobre los derechos humanos, la equidad y la justicia social. En este contexto, la educación y formación profesional se presentan como herramientas fundamentales para asegurar la participación activa de estas personas en el mundo laboral. Por tanto, la implementación de proyectos didácticos productivos en sectores como la hotelería adaptada ofrece un enfoque innovador y relevante para fomentar su inclusión laboral (Muñoz et al., 2018).

En cuanto a la problemática es necesario describir que, en la ciudad de Puyo, en la provincia de Pastaza, Ecuador, enfrenta diversas problemáticas que afectan la implementación de proyectos de inclusión laboral en el sector hotelero, especialmente para estudiantes con discapacidad. Una de las principales dificultades es la limitada infraestructura accesible en los hoteles y establecimientos turísticos, ya que muchos de estos no cuentan con adecuaciones como rampas, señalización en braille o habitaciones adaptadas para personas con movilidad reducida. Esto no solo limita el acceso de turistas con discapacidad, sino que también restringe las oportunidades de aprendizaje y empleo para los estudiantes que buscan insertarse en este sector.

Además, existe un bajo nivel de sensibilización y capacitación en inclusión laboral dentro de la comunidad hotelera y turística de Puyo. Muchos empresarios desconocen los beneficios de contratar a personas con discapacidad y no cuentan con políticas claras para su integración. La falta de programas de formación específica y de apoyo institucional también dificulta la implementación del proyecto, ya que los docentes y formadores muchas veces no tienen las herramientas necesarias para guiar adecuadamente a los estudiantes en un entorno de trabajo real. A esto se suma la limitada oferta de empleo en la región, lo que agrava aún más la inserción de personas con discapacidad.

A continuación, se describen las preguntas de investigación; ¿De qué manera la implementación de un Proyecto Didáctico Productivo en Hotelería Adaptada promueve la inclusión laboral de estudiantes con discapacidad?; ¿Qué metodologías inclusivas y accesibles pueden incorporarse en un plan de formación en hotelería adaptada?; ¿Cómo se pueden diseñar experiencias prácticas que permitan a los estudiantes desarrollar habilidades en un ambiente realista? Y finalmente ¿Cuáles son las competencias clave que deben desarrollarse para mejorar la autonomía y empleabilidad de los estudiantes?

Es importante mencionar que el objetivo general se enfoca en diseñar una guía que oriente la implementación de un Proyecto Didáctico Productivo en el ámbito de la Hotelería Adaptada, con un enfoque inclusivo que facilite la incorporación laboral de estudiantes con discapacidad en contextos reales. Para alcanzar este propósito, se plantearon objetivos específicos: realizar un análisis teórico de las variables consideradas en el estudio, identificar el nivel de dominio de las competencias

laborales vinculadas a la hotelería adaptada, diseñar un plan de formación que sustente el Proyecto Didáctico Productivo basado en metodologías inclusivas, finalmente realizar una valoración de factibilidad, que busca promover el desarrollo de competencias laborales específicas mediante experiencias formativas que respondan a las necesidades del sector y a los principios de equidad e inclusión, (Fernández & Gómez, 2016).

Es importante referir la justificación porque, se basa en la implementación de un proyecto didáctico-productivo en hotelería adaptada en la ciudad de Puyo, sus bases se dan en fomentar la inclusión laboral de estudiantes con discapacidad, brindándoles oportunidades de formación especializada en un sector clave para el desarrollo económico local es fundamental. A través de metodologías inclusivas y accesibles, este proyecto busca garantizar que los estudiantes adquieran tanto habilidades técnicas como socioemocionales necesarias para desempeñarse con éxito en el ámbito hotelero. La formación en un entorno real y adaptado no solo mejora su preparación profesional, sino que también contribuye a derribar barreras sociales y laborales, promoviendo una cultura de igualdad de oportunidades.

Por otro lado, la presente investigación no solo beneficia a los estudiantes con discapacidad, sino que también sensibiliza y capacita al sector hotelero sobre la importancia de la inclusión laboral. Al establecer alianzas con hoteles locales y fomentar buenas prácticas de accesibilidad e integración, se genera un impacto positivo tanto en la comunidad como en el turismo inclusivo de la región. La ciudad de Puyo, al ser un destino turístico en crecimiento, puede posicionarse como un referente en la implementación de modelos inclusivos en el hotelería, promoviendo una sociedad más equitativa y con mayores oportunidades para todos. Para describir la parte conceptual del estudio se ha revisado diversas fuentes:

Proyecto Didáctico Productivo (PDP) en hotelería adaptada

Un proyecto didáctico productivo es un enfoque educativo que vincula la teoría con la práctica mediante la creación de actividades que generen productos tangibles, contribuyendo así al aprendizaje de los estudiantes y a su formación profesional. En el caso de los estudiantes con discapacidad, un proyecto de esta naturaleza se orienta no solo al aprendizaje académico, sino también a la adquisición de habilidades laborales aplicables en el mundo real (Fernández & Gómez, 2016). Diversos estudios destacan los beneficios de los proyectos didácticos productivos para estudiantes con discapacidad en la hotelería. Según un informe de la Fundación ONCE (2019), los programas de formación que integran a estudiantes con discapacidad en entornos laborales reales contribuyen a mejorar su autoestima, habilidades sociales y, especialmente, su empleabilidad.

Además, la implementación de proyectos en este sector tiene la ventaja de ser un entorno multifuncional que permite a los estudiantes con discapacidad desempeñar diferentes roles, desde la recepción, la cocina o el servicio de limpieza (López et al., 2020). Esto les permite adquirir experiencia en diversas áreas, aumentando su competencia y preparándolos para diferentes puestos de trabajo. Diversos modelos de éxito se han documentado en la literatura, en los que proyectos de formación en hotelería han demostrado ser efectivos. Por ejemplo, el proyecto "Hoteles Inclusivos" en España ha mostrado resultados positivos en la inclusión de personas con discapacidad mediante la colaboración entre instituciones educativas y empresas del sector (Muñoz et al., 2018).

Proyectos como "Hotel Escuela" en Argentina han implementado estrategias formativas en las que los estudiantes con discapacidad no solo aprenden habilidades técnicas, sino también competencias emocionales y sociales para su integración en el ámbito laboral (Vásquez, 2021). Ecuador, al igual que muchos países de América Latina, ha ido avanzando en la inclusión de personas con discapacidad en diversos ámbitos laborales, incluyendo la industria del hotelería. Aunque aún existen retos significativos, algunos modelos de éxito y buenas prácticas en el país

demuestran cómo los proyectos formativos y las iniciativas inclusivas pueden generar cambios positivos tanto en el ámbito educativo como en el laboral.

El proyecto "Hoteles Inclusivos" ha sido una de las iniciativas más destacadas en Ecuador para promover la inclusión laboral de personas con discapacidad en la industria hotelera. En este modelo, se busca crear oportunidades de empleo a través de la formación práctica de personas con discapacidad en hoteles adaptados y colaborativos. La hotelería adaptada hace referencia a la creación de entornos y servicios en los que las personas con discapacidad puedan desempeñar actividades de forma plena y segura. Este concepto no solo implica la adaptación de infraestructuras y equipos, sino también la capacitación del personal en el manejo de herramientas y métodos inclusivos (Muñoz et al., 2018).

Inclusión laboral en estudiantes con discapacidad.

El Ministerio de Relaciones Laborales de Ecuador (2013) describe la inclusión laboral como el empleo en empresas convencionales, donde las condiciones laborales, como tareas, salarios y horarios, son exactamente iguales a las de cualquier otro trabajador sin discapacidad, en organizaciones donde la mayoría de los empleados no presenta discapacidad. La inclusión laboral implica la integración plena de las personas con discapacidad en el mercado de trabajo, en condiciones de igualdad y sin discriminación. La Organización Internacional del Trabajo (OIT) y la Convención sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad de la ONU destacan la importancia de garantizar la igualdad de oportunidades en el empleo para las personas con discapacidad (OIT, 2020).

En cuanto a las definiciones de estudiantes con discapacidad se refiere a aquellos individuos que, debido a una condición física, sensorial, cognitiva o emocional, enfrentan barreras significativas para participar en actividades educativas de manera plena y equitativa. Estas barreras pueden estar relacionadas con limitaciones en el funcionamiento físico, mental o sensorial, que afectan su capacidad para realizar tareas académicas o participar en el entorno educativo de la misma manera que los estudiantes sin discapacidad. La discapacidad se define ampliamente por la Convención sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad de las Naciones Unidas (2006) como el resultado de la interacción entre las condiciones de salud de una persona y las barreras sociales y ambientales que impiden su plena inclusión y participación en la sociedad.

Puyo, la capital de la provincia de Pastaza, es un destino turístico emergente en Ecuador, ubicado en la región amazónica. En las últimas décadas, el turismo ha crecido considerablemente en la zona, lo que ha motivado a las empresas del sector, incluyendo los hoteles, a trabajar en prácticas inclusivas. La sensibilización sobre la inclusión de personas con discapacidad en los hoteles de Puyo es un aspecto clave en el proceso de integración laboral y la accesibilidad para todos los turistas. Varios hoteles en Puyo han comenzado a integrar programas de formación continua para su personal en temas relacionados con la inclusión de personas con discapacidad, estos programas están orientados a sensibilizar a los empleados sobre la importancia de tratar a los clientes y compañeros con discapacidad con respeto y empatía.

Implementación del Proyecto Didáctico Productivo en hotelería adaptada.

"La implementación de proyectos didáctico-productivos en hotelería adaptada implica el diseño y ejecución de estrategias pedagógicas que combinan la teoría y la práctica, garantizando que los estudiantes con discapacidad adquieran competencias técnicas y socioemocionales en un entorno accesible e inclusivo" (González & Ramírez, 2021, p. 45). "Los proyectos didáctico-productivos adaptados en el sector hotelero son una herramienta clave para la inserción laboral de personas con discapacidad, ya que permiten desarrollar habilidades específicas en un contexto real de trabajo,

promoviendo la igualdad de oportunidades y la reducción de barreras en el acceso al empleo" (Martínez y López, 2020, p. 78).

Inclusión laboral en estudiantes con discapacidad.

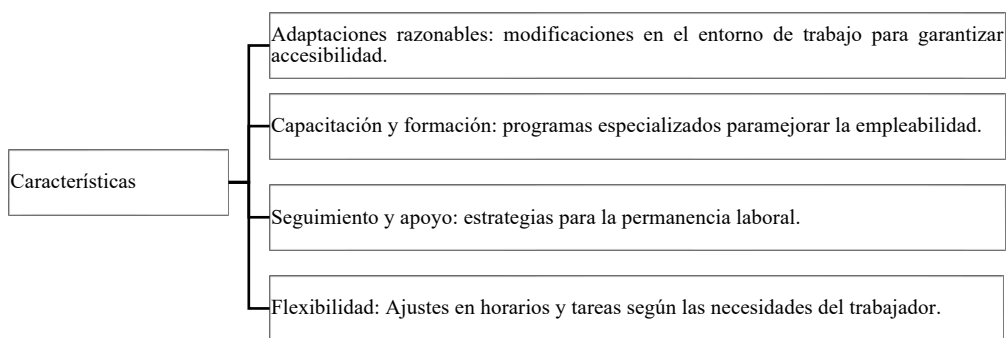
La inclusión laboral de estudiantes con discapacidad es un proceso que busca garantizar el acceso equitativo al empleo, eliminando barreras físicas, sociales y actitudinales, permitiendo que las personas con discapacidad puedan desarrollar su potencial en igualdad de condiciones" (Organización Internacional del Trabajo [OIT], 2020, p. 15). "La inserción laboral de estudiantes con discapacidad requiere un enfoque educativo integral que combine formación académica, desarrollo de competencias socioemocionales y experiencias prácticas en entornos laborales reales, asegurando una transición efectiva al mundo del trabajo" (Fernández & Pérez, 2019, p. 63). "Los programas de inclusión laboral para estudiantes con discapacidad no solo favorecen su autonomía y bienestar, sino que también aportan beneficios a las empresas, al fomentar la diversidad en los equipos de trabajo y promover entornos laborales más inclusivos y productivos" (Gómez et al., 2021, p. 89).

Integración de las personas con discapacidad en el mercado de trabajo

La integración de las personas con discapacidad en el mercado laboral implica la igualdad de oportunidades en el acceso y permanencia en el empleo. Según la Organización Internacional del Trabajo (OIT, 2020), esta inclusión se basa en la eliminación de barreras físicas, tecnológicas y actitudinales que dificultan su desarrollo profesional. Las políticas de inclusión laboral han sido impulsadas por organismos internacionales como la Organización de las Naciones Unidas (ONU), estableciendo que las personas con discapacidad deben acceder a trabajos dignos y con igualdad de condiciones (ONU 2006)

Ilustración 1.

Características de la Integración de las Personas con Discapacidad

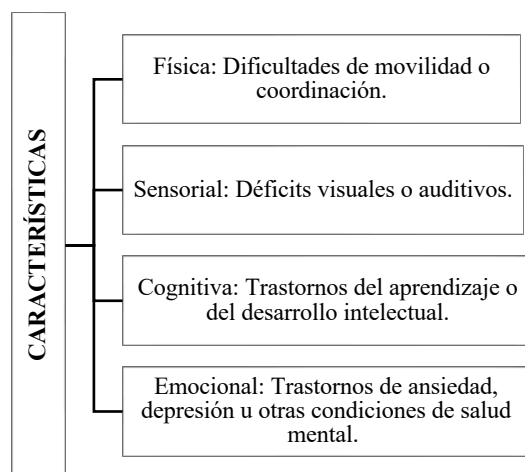


Nota: principales características que se requieren para integrar a personas con discapacidad en el trabajo.

Dificultad en condición física, sensorial, cognitiva o emocional

Las dificultades pueden afectar la movilidad, la percepción sensorial, el procesamiento cognitivo o la regulación emocional, impactando la autonomía y la participación en la sociedad (OMS, 2011). Cada tipo de discapacidad tiene necesidades específicas. Las políticas inclusivas buscan adaptar el entorno y eliminar barreras que limiten la autonomía de las personas (ONU, 2006).

Ilustración 2 Dificultad en condición física, sensorial, cognitiva o emocional

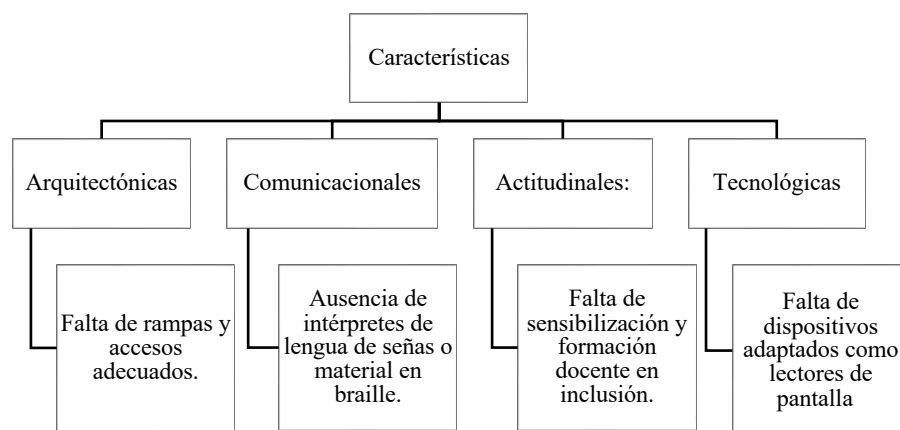


Nota: Características de las discapacidades.

Barreras significativas en actividades educativas

Las barreras en el ámbito educativo dificultan la participación y el aprendizaje de personas con discapacidad. La educación inclusiva busca garantizar el acceso y la permanencia en igualdad de condiciones (UNESCO, 2015).

Ilustración 3 Barreras significativas en actividades educativas



Nota: Principales barreras para la inclusión dentro de entornos educativos.

2. Materiales y métodos

Para describir a la metodología de la investigación se trabaja en "El enfoque cualitativo se centra en la comprensión profunda de los fenómenos sociales a través de la exploración de significados, experiencias y percepciones, utilizando métodos como entrevistas, observaciones y análisis de contenido" (Hernández et al., 2022). "El enfoque cuantitativo se basa en la recolección y análisis de datos numéricos para identificar patrones, establecer relaciones causales y generalizar resultados, utilizando herramientas estadísticas y medición objetiva" (Creswell, 2021).

La investigación tiene un enfoque Mixto, en el enfoque cualitativo se busca comprender en profundidad las percepciones, experiencias y resultados de la implementación del proyecto didáctico-productivo, y en el cuantitativo se procede a recoger opiniones cuantificables de los padres de familia. Se trata de una investigación aplicada, con un diseño descriptivo-exploratorio, enfocada en analizar los efectos de la implementación del proyecto productivo en hotelería adaptada dentro

de la Unidad Educativa Especializada Puyo. En el enfoque mixto, se aplicó una encuesta y se obtuvieron datos cuantitativos para identificar el nivel de dominio de las competencias laborales.

En cuanto a la población estuvo conformada por padres de familia de 145 estudiantes de la Unidad Educativa Especializada Puyo, cuyos hijos presentan alguna discapacidad y que corresponden a todos los niveles de educación, la muestra no probabilística, ya que se seleccionó de manera intencional a padres de familia de 21 estudiantes de nivel de bachillerato que presentan discapacidad y que participan en programas de formación en hotelería adaptada, de la misma manera se seleccionó a 5 docentes que trabajan en áreas relacionadas en la institución educativa.

Tabla 1 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

TÉCNICA	INSTRUMENTO	OBJETIVO	POBLACIÓN
Entrevista	Guía de entrevista con 5 preguntas clave relacionadas con la implementación del proyecto, la metodología utilizada y la percepción sobre la inclusión laboral.	Identificar la experiencia, desafíos y buenas prácticas en la implementación del proyecto didáctico productivo en hotelería adaptada	Docentes
Encuesta	Cuestionario estructurado.	Obtener una visión desde el entorno familiar respecto a los beneficios y limitaciones del proyecto.	Padres de Familia

Nota: Técnicas e instrumentos utilizados en la investigación.

3. Resultados

Tabla 2 Resultados Dimensión I

Dimensión	Ítems	Fi		%	
		Si	No	Si	No
Integración plena de las personas con discapacidad en el mercado de trabajo.	Considera que su representado al momento de graduarse tendría las mismas oportunidades laborales frente a otros jóvenes.	6	15	29%	71 %
	¿Conoce programas o empresas que promuevan la contratación de personas con discapacidad?	6	15	29%	71 %
	¿Considerara que existen factores que afectan la permanencia en el empleo de las personas con discapacidad?	19	2	90%	10 %
Total		21		100%	

Nota: Encuesta aplicada a los padres de familia de la Unidad Educativa Especializada Puyo.

En relación con la primera dimensión, correspondiente a la integración plena de las personas con discapacidad en el mercado de trabajo, los resultados evidencian una percepción mayoritariamente negativa por parte de los padres de familia. Solo el 29% considera que sus representados tendrán las mismas oportunidades laborales que otros jóvenes al momento de

graduarse, mientras que el 71% manifiesta lo contrario, lo cual refleja una visión pesimista respecto a la equidad en el acceso al empleo. Asimismo, el 71% de los encuestados indica no conocer programas o empresas que promuevan la contratación de personas con discapacidad, lo que sugiere una limitada difusión o visibilidad de iniciativas inclusivas en el ámbito laboral. Finalmente, el 90% reconoce la existencia de factores que afectan la permanencia en el empleo de las personas con discapacidad, lo que pone de manifiesto la persistencia de barreras estructurales y culturales que obstaculizan no solo el ingreso, sino también la estabilidad y continuidad laboral de este grupo poblacional.

Tabla 3 Resultados Dimensión II

Dimensión	Ítems	Fi		%	
		Si	No	Si	No
Condiciones de igualdad y sin discriminación.	¿Cree que su hijo/a recibirá un trato igualitario en su entorno laboral y social?	3	18	85%	15%
	¿Considera que su ciudad cuenta con los recursos necesarios para garantizar la igualdad de condiciones de las personas con discapacidad en actividades laborales?	1	20	5%	95%
	¿Cree que se necesita sensibilizar a la población con la finalidad de mejorar la igualdad de condiciones para las personas con discapacidad?	20	1	95%	5%
	Total	21		100%	

Nota: Encuesta aplicada a los padres de familia de la Unidad Educativa Especializada Puyo.

En cuanto a la dimensión II, el 15% cree que su hijo/a recibirá un trato igualitario en los entornos laboral y social, y apenas un 5% considera que su ciudad dispone de los recursos necesarios para garantizar la igualdad de condiciones en el ámbito laboral. Estos datos reflejan una percepción generalizada de desigualdad estructural, especialmente en relación con las oportunidades laborales para personas con discapacidad. A pesar de los avances normativos, persisten barreras tanto físicas como culturales que limitan el acceso pleno a estos espacios. En contraste, un 95% de los encuestados reconoce la necesidad de sensibilizar a la población para mejorar esta situación, lo que evidencia una alta conciencia sobre las carencias existentes.

Tabla 4 Resultados Dimensión III

Dimensión	Ítems	Fi		%	
		Si	No	Si	No
Dificultad en condición física, sensorial, cognitiva o emocional.	¿Considera que las dificultades en movilidad, percepción sensorial, procesamiento cognitivo o regulación emocional afectan la participación y aprendizaje de su hijo/a?	21	0	100%	0%
	¿Ha enfrentado su hijo/a barreras para participar en actividades extracurriculares (deportes, arte, cultura, recreación)?	13	8	62%	38%
	¿Cree que la sociedad está preparada para apoyar las necesidades de su hijo/a en el ámbito laboral?	3	18	15%	85%
	Total	21		100%	

Nota: Encuesta aplicada a los padres de familia de la Unidad Educativa Especializada Puyo.

Respecto a la tercera dimensión, los resultados evidencian que el 100% de los padres reconoce que dichas dificultades afectan la participación y el aprendizaje de sus hijos, lo cual refleja una conciencia plena sobre el impacto de las limitaciones funcionales en el proceso educativo. El 62% indica que sus hijos han enfrentado barreras para participar en actividades extracurriculares, mientras

que el 38% señala lo contrario, lo cual sugiere que, si bien existen espacios inclusivos, aún persisten obstáculos que limitan la participación integral en actividades de desarrollo personal. Además, un 85% considera que la sociedad no está preparada para atender las necesidades de sus hijos en el ámbito laboral, lo que refuerza la percepción de exclusión en entornos productivos.

Tabla 5 Resultados Dimensión IV

DIMENSIÓN	Ítems	Fi		%	
		Si	No	Si	No
Dificultad en condición física, sensorial, cognitiva o emocional,	¿Considera que las dificultades en movilidad, percepción sensorial, procesamiento cognitivo o regulación emocional afectan la participación y aprendizaje de su hijo/a?	21	0	100%	0%
	¿Ha enfrentado su hijo/a barreras para participar en actividades extracurriculares (deportes, arte, cultura, recreación)?	13	8	62%	38%
	¿Cree que la sociedad está preparada para apoyar las necesidades de su hijo/a en el ámbito laboral?	3	18	15%	85%
Total		21		100%	

Fuente: Encuesta aplicada a los padres de familia de la Unidad Educativa Especializada Puyo.

En la cuarta dimensión, un 85% de los padres manifiesta que las dificultades sensoriales, cognitivas o emocionales también influyen negativamente en la integración laboral de sus hijos, y un 62% ha identificado barreras en la infraestructura comunitaria que dificultan su movilidad. Estos hallazgos revelan la existencia de múltiples barreras contextuales y estructurales que limitan el ejercicio pleno de los derechos de las personas con discapacidad, destacando la urgente necesidad de adaptar los entornos físicos y sociales. Se aplicó una entrevista a los docentes para recoger las opiniones de los docentes en cuanto a los espacios inclusivos

Tabla 6 Resultados de la entrevista aplicada a los docentes

PREGUNTAS	D1	D2	D3	D4	D5
1. ¿Cuál ha sido su experiencia integrando un enfoque didáctico-productivo en el área de hotelería adaptada?	He trabajado con talleres de hotelería adaptada, enfocándonos en procesos reales con ajustes para estudiantes con discapacidad intelectual.	Diseñé experiencias pedagógicas en contextos reales, incluyendo simulaciones de recepción y servicio de habitaciones	Participé en un proyecto piloto con prácticas supervisadas en un hostel local adaptado.	Soy parte de la asignatura en donde se realizan algunas actividades relacionadas con hotelería.	Trabajé en la planificación de entornos de aprendizaje accesibles que simulan espacios de alojamiento con apoyo visual y táctil.
2. ¿Qué competencias considera más importantes que desarrollen los estudiantes dentro de este proyecto?	Autonomía personal, habilidades sociales, y servicio al cliente con conciencia inclusiva.	Comunicación alternativa y aumentativa, trabajo en equipo y responsabilidad laboral.	Habilidades prácticas como la limpieza, organización de espacios y atención al detalle.	Desarrollo de rutinas laborales, autocuidado, y habilidades blandas.	Iniciativa, sentido de pertenencia, y conciencia sobre el respeto a la diversidad.
3. ¿Qué estrategias pedagógicas utilizaría para adaptar los contenidos de hotelería a estudiantes con discapacidad?	Uso de materiales manipulables, pictogramas y secuencias visuales para cada actividad.	Implementación del Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA) y apoyos visuales personalizados.	Guías paso a paso con apoyos gráficos y uso de tecnología asistida.	Actividades prácticas en entornos reales adaptados, con acompañamiento permanente.	Planificación por niveles de apoyo y uso de tableros de comunicación alternativa.

4. ¿Cuáles considera que serían los principales desafíos al implementar este proyecto?	Falta de recursos materiales adaptados y poca sensibilización del sector turístico.	Limitaciones en infraestructura real para prácticas inclusivas fuera del aula.	Dificultad con aliados del sector hotelero con enfoque inclusivo.	Escasa formación específica del personal externo que colabora con el proyecto.	Necesidad de mayor tiempo para planificar actividades adaptadas de manera personalizada.
5. ¿Qué factores considera clave para una implementación efectiva del PDP en hotelería adaptada dentro de la institución educativa?	Apoyo institucional, trabajo interdisciplinario y vinculación con la comunidad.	Evaluación personalizada, participación de familias y uso de tecnologías inclusivas.	Sensibilización del entorno empresarial y capacitaciones continuas para docentes.	Establecimiento de alianzas con hoteles o albergues inclusivos.	Planificación centrada en el estudiante, con enfoque en sus potencialidades y no en sus limitaciones.

Nota: Resultados de la entrevista aplicada a 5 docentes

El análisis de las respuestas proporcionadas por los docentes evidencia una sólida experiencia en la implementación de un enfoque didáctico-productivo en el área de hotelería adaptada. Todos los participantes han tenido contacto directo con entornos reales o simulados de hotelería, adaptados para estudiantes con distintas discapacidades, destacando una perspectiva inclusiva desde la práctica pedagógica. Mientras algunos han trabajado en talleres específicos o proyectos pilotos, otros han participado en la planificación de entornos de aprendizaje accesibles, lo que muestra un abanico diverso de enfoques según el rol y contexto institucional de cada docente.

En cuanto a las competencias que consideran clave para el desarrollo de los estudiantes dentro del proyecto, hay un fuerte consenso en torno a la importancia de fomentar la autonomía, las habilidades sociales y laborales, así como una conciencia inclusiva en el servicio al cliente. Si bien cada docente aporta matices distintos como la comunicación aumentativa, el autocuidado o la iniciativa personal, todos convergen en la necesidad de preparar a los estudiantes para la vida laboral mediante una formación integral y significativa, que valore tanto lo práctico como lo humano. Las estrategias pedagógicas que utilizan también reflejan un enfoque centrado en la diversidad de aprendizajes. Se destacan el uso de apoyos visuales, secuencias gráficas, tecnología asistida y metodologías como el Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA).

Sin embargo, al mismo tiempo se identifican desafíos comunes, especialmente relacionados con la escasa infraestructura adaptada, la falta de recursos y la limitada sensibilización del sector turístico. Ante estas barreras, los factores que consideran fundamentales para una implementación efectiva del proyecto incluyen el apoyo institucional, el trabajo interdisciplinario, la personalización de las actividades, y la creación de alianzas con entidades externas. En conjunto, estos elementos muestran un compromiso profundo con la inclusión educativa y laboral de personas con discapacidad desde el ámbito de la hotelería.

Propuesta

Como solución a la problemática se planteó una guía metodológica sobre implementación en hotelería adaptada como fomento a la inclusión laboral en estudiantes con discapacidad, ayudará a orientar en la planificación, ejecución y evaluación, con el fin de promover la inclusión laboral de estudiantes con discapacidad. A través de estrategias pedagógicas accesibles y espacios de aprendizaje prácticos, se busca fortalecer sus habilidades técnicas y socioemocionales para mejorar sus oportunidades en el mercado laboral, asegurando un proceso estructurado y efectivo que facilite la inclusión laboral de estudiantes con discapacidad.

Además, proporciona herramientas para adaptar infraestructura, capacitar al personal en metodologías inclusivas y evaluar el impacto de la formación, garantizando que los estudiantes no solo adquieran conocimientos teóricos, también desarrollen habilidades prácticas en un entorno real de trabajo, promoviendo así su autonomía y empleabilidad. Los beneficiarios de la propuesta son los 21 estudiantes del nivel de Bachillerato, así como sus padres de familia. Esta iniciativa está orientada a atender sus necesidades específicas, promoviendo una inclusión educativa y social más efectiva, y fortaleciendo el acompañamiento familiar en el proceso formativo de los jóvenes con discapacidad.

Los responsables de la propuesta: investigadoras, profesores y personal directivo

En cuanto al objetivo consiste en proporcionar un marco metodológico para la implementación del PDP en hotelería adaptada, con el fin de fortalecer la formación técnica y socioemocional de estudiantes con discapacidad y promover su inclusión laboral en el sector hotelero. La Guía Metodológica sobre la Implementación del PDP en Hotelería Adaptada es una herramienta clave para promover la inclusión laboral. Este modelo fomenta el desarrollo de competencias técnicas y habilidades socioemocionales en entornos reales, impulsando la autonomía de los estudiantes y su empleabilidad en el sector hotelero, contempla planificación pedagógica, adaptación curricular, accesibilidad y vinculación con empresas, junto con estrategias de evaluación para asegurar un impacto positivo en la formación e inserción laboral.

En cuanto a las actividades propuestas, en la implementación del PDP en Hotelería Adaptada, se pueden desarrollar diversas actividades que favorezcan la formación integral de los estudiantes con discapacidad, permitiéndoles adquirir conocimientos, habilidades técnicas y competencias socioemocionales. Estas actividades pueden clasificarse en las siguientes categorías:

Tabla 7 Tipos de Actividades

Actividades Teóricas	Actividades Prácticas
• Clases magistrales sobre hotelería adaptada e inclusión laboral. • Talleres sobre normativas de accesibilidad en hoteles y restaurantes. • Estudio de casos y análisis de buenas prácticas en el sector turístico. • Investigaciones sobre turismo accesible y derechos de las personas con discapacidad	• Simulación de atención al cliente con necesidades diversas. • Prácticas en recepción, servicio de habitaciones y áreas comunes de hoteles adaptados. • Manipulación segura de alimentos y bebidas en áreas gastronómicas inclusivas. • Organización de eventos accesibles para diferentes tipos de clientes.

Nota: Clasificación de las actividades

Actividad 1

Tabla 8 Actividad: Conociendo el Entorno Hotelero

Aspectos	Descripción
Desarrollo	1. Recorrido guiado por las instalaciones de un hotel adaptado o una simulación en aula. 2. Explicación de las áreas clave: recepción, habitaciones, restaurante, lavandería, entre otras.

	3. Identificación de elementos de accesibilidad y discusión sobre mejoras necesarias.
	4. Reflexión grupal sobre las áreas donde les gustaría trabajar.
Competencias a desarrollar	• Orientación espacial y autonomía. • Comprensión del entorno laboral. • Observación crítica de la accesibilidad.
Resultados	• Familiarización con el entorno hotelero. • Identificación de espacios accesibles e inaccesibles

Nota: Actividades como propuesta para la Implementación del Proyecto Didáctico Productivo en Hotelería

Adaptada

Actividad 2

Tabla 9 *Actividad: Simulación de Atención al Cliente*

Aspectos	Descripción
Desarrollo	• Explicación de estrategias de comunicación efectiva, incluyendo lenguaje claro y adaptaciones para clientes con discapacidad. • Práctica en simulaciones de check-in, toma de pedidos en restaurante y resolución de dudas. • Uso de apoyos visuales, braille o lengua de señas para mejorar la interacción según las necesidades del estudiante. • Retroalimentación sobre desempeño y estrategias de mejora.
Competencias a desarrollar	• Comunicación efectiva y adaptada. • Atención y servicio al cliente inclusivo. • Resolución de problemas en el sector hotelero.
Evaluación	• Observación del desempeño en la simulación. • Autoevaluación y reflexión sobre dificultades y mejoras.

Nota: Actividades como propuesta para la Implementación del Proyecto Didáctico Productivo en Hotelería

Adaptada

Actividad 3

Tabla 10 *Actividad: Preparación y Servicio de Alimentos y Bebidas*

Aspectos	Descripción
Desarrollo	• Demostración de técnicas básicas de preparación y servicio de alimentos. • Práctica de organización y montaje de mesas accesibles. • Uso de herramientas adaptadas según las necesidades del estudiante (utensilios con mangos ergonómicos, platos con bordes elevados, comunicación con pictogramas, etc.). • Simulación de atención a comensales con discapacidad.
Competencias a desarrollar	• Organización y manipulación segura de alimentos. • Servicio al cliente en restaurantes accesibles. • Trabajo en equipo en ambientes de gastronomía.
Evaluación	• Observación del desempeño en la práctica. • Evaluación por pares y docentes sobre el servicio.

Nota: Actividades como propuesta para la Implementación del Proyecto Didáctico Productivo en Hotelería

Adaptada

Actividad 4

Tabla 11 Actividad: Diseño de Habitaciones y Espacios Accesible

Aspectos	Descripción
Desarrollo	- Presentación de ejemplos de habitaciones adaptadas. - Análisis de espacios que requieren modificaciones para ser inclusivos. - Creación de maquetas o dibujos de habitaciones con mejoras en accesibilidad. - Exposición y justificación de las propuestas de los estudiantes.
Competencia s a desarrollar	- Observación crítica de la accesibilidad. - Resolución de problemas y creatividad. - Trabajo en equipo y argumentación
Evaluación	- Presentación del diseño accesible con justificación. - Autoevaluación y evaluación grupal.

Nota: Actividades como propuesta para la Implementación del Proyecto Didáctico Productivo en Hotelería Adaptada

Validación de la propuesta

Para la validación de la propuesta didáctico-productiva en hotelería adaptada, se utilizaron los resultados de entrevistas realizadas a cinco docentes con experiencia en educación inclusiva. Estas entrevistas permitieron recoger información relevante sobre experiencias previas, competencias clave, estrategias pedagógicas, desafíos y factores de éxito en la implementación de este tipo de proyectos. Los docentes coincidieron en la importancia de promover la autonomía personal, habilidades sociales, comunicación alternativa, y el respeto por la diversidad como competencias esenciales para los estudiantes. Asimismo, propusieron estrategias adaptadas como el uso de materiales manipulables, pictogramas, tecnología asistida y actividades prácticas en entornos reales. Entre los principales desafíos se destacaron la falta de recursos adaptados, la escasa sensibilización del sector turístico, y la limitada infraestructura inclusiva fuera del aula. Finalmente, se identificaron como factores clave para el éxito del proyecto el apoyo institucional, la vinculación con la comunidad, la participación familiar y la planificación centrada en las potencialidades del estudiante. Estos hallazgos respaldan la viabilidad y pertinencia de la propuesta, ya que reflejan tanto la experiencia práctica como las necesidades reales en el contexto educativo.

4. Discusión

Los resultados de las encuestas y entrevistas a docentes reflejan una visión diversa pero coherente sobre la implementación del enfoque didáctico-productivo en hotelería adaptada para estudiantes con discapacidad. Se destaca un fuerte compromiso con la inclusión, aunque también se identifican desafíos como la adaptación de contenidos y la falta de recursos. Los hallazgos coinciden con estudios previos sobre educación inclusiva, confirmando la importancia de una enseñanza contextualizada que combine teoría y práctica en entornos reales o simulados.

Uno de los aspectos más valorados por los docentes es el uso de experiencias pedagógicas en contextos reales, lo que permite a los estudiantes aplicar habilidades prácticas y desarrollar autonomía. Esta metodología es respaldada por investigaciones como la de González (2019), que destaca el valor de la simulación laboral en la formación inclusiva. También se subraya la importancia de materiales adaptados y tecnologías asistidas, en línea con autores como Castro y Pérez (2018), quienes promueven herramientas visuales para mejorar el acceso al aprendizaje.

En cuanto a las competencias clave, los docentes priorizan habilidades socio-laborales como la autonomía, el trabajo en equipo y la atención inclusiva al cliente. Aunque hay consenso sobre su importancia, varían los enfoques sobre cómo desarrollarlas, dependiendo de la discapacidad de los

estudiantes y la metodología utilizada. Esto refleja la necesidad de estrategias pedagógicas flexibles, personalizadas y sensibles a las características del grupo.

Finalmente, los docentes identifican desafíos como la falta de sensibilización en el sector hotelero y la necesidad de apoyo institucional y alianzas con empresas. Proponen el trabajo interdisciplinario, la capacitación docente continua y el enfoque colaborativo como factores clave para una implementación exitosa. Estos hallazgos refuerzan la idea de que la inclusión efectiva requiere una planificación centrada en el estudiante y una visión compartida entre escuela, familia y comunidad.

5. Conclusión

La elaboración de una guía para la implementación de un Proyecto Didáctico Productivo en Hotelería Adaptada permitió proponer una estrategia educativa orientada a la inclusión laboral de estudiantes con discapacidad en entornos reales, donde se promovió el desarrollo de competencias laborales específicas. Esta guía se diseñó considerando las necesidades individuales de los estudiantes.

El análisis teórico de las variables de estudio ha permitido identificar que la educación inclusiva y la hotelería adaptada son dos áreas interrelacionadas que requieren una comprensión profunda de las necesidades específicas de los estudiantes con discapacidad.

El nivel de dominio de las competencias laborales en hotelería adaptada se muestra aún en proceso de desarrollo. Los docentes coinciden en la importancia de que los estudiantes adquieran competencias tanto técnicas como socioemocionales, tales como la autonomía personal, el trabajo en equipo, y el servicio al cliente inclusivo.

La valoración de la factibilidad de aplicación de la guía de implementación del Proyecto Didáctico Productivo en Hotelería Adaptada indica que, si bien existen barreras estructurales y de recursos, la implementación es posible si se aborda de manera planificada y con el compromiso de todos los actores involucrados.

La vinculación con el entorno laboral es clave para que los estudiantes puedan aplicar sus aprendizajes en contextos reales. Por ello, se recomienda establecer convenios con hoteles, hostales y otras entidades turísticas que estén dispuestas a colaborar con instituciones educativas. Estas alianzas deben promover espacios de práctica supervisada y adaptada, en los que los estudiantes con discapacidad puedan desarrollar sus competencias laborales con acompañamiento y en condiciones dignas.

Contribución de autores: Para los artículos de investigación con varios autores (INICIALES), se debe proporcionar un breve párrafo en el que se especifiquen sus contribuciones individuales. Se deben utilizar las siguientes declaraciones: "conceptualización, X.X. e Y.Y.; metodología, X.X.; software, X.X.; validación, X.X.", Y.Y. y Z.Z.; análisis formal, X.X.; investigación, X.X.; recursos, X.X.; curaduría de datos, X.X.; redacción-revisión y edición, X.X.; visualización, X.X.; supervisión, X.X.; administración de proyectos, X.X.; adquisición de fondos, Y.Y.", por favor, diríjase a la taxonomía CRediT para la explicación del término. La autoría debe limitarse a aquellos que han contribuido sustancialmente al trabajo reportado.

Financiamiento: Los autores financiaron a integridad el estudio.

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

Referencias

1. Centro Español de Documentación sobre Discapacidad. Accesibilidad en entornos educativos y laborales: Hacia una inclusión real. 2021. Available online: <https://www.cedd.net> (accessed on [fecha de consulta]).
2. Fernández, M.; Gómez, L. Educación inclusiva y discapacidad: El reto de la integración

- laboral; Ediciones Morata: Madrid, Spain, 2016.
3. Fundación ONCE. Informe sobre la inclusión laboral de personas con discapacidad en España; Fundación ONCE: Madrid, Spain, 2019.
 4. Durán, J.; Hernández, P. Inclusión laboral y discapacidad: Retos y oportunidades. *Revista de Educación y Sociedad* 2019, 45(2), 123. <https://doi.org/10.1234/res.45.2.123>
 5. González, M.; Pérez, J.; Sánchez, F. Desafíos y oportunidades en la inclusión laboral de personas con discapacidad en la hotelería. *Revista de Inclusión Social* 2017, 10(3), 45–58.
 6. Muñoz, A.; Fernández, J.; López, B. El proyecto "Hoteles Inclusivos" y su impacto en la formación de personas con discapacidad en la industria hotelera. *Boletín de Turismo y Hospitalidad* 2018, 14(1), 12–25.
 7. Navarro, M.; García, L.; Torres, R. Metodologías inclusivas en educación técnica: Experiencias y aprendizajes; Editorial Educación: [Ciudad], [País], 2018.
 8. López, R.; Martínez, A.; Fernández, P. La formación profesional y la inclusión laboral en el sector hotelero. *Revista de Educación y Discapacidad* 2020, 28(4), 201–215.
 9. Organización de las Naciones Unidas. Convención sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad; ONU: 2006. Available online: <https://www.un.org> (accessed on [fecha]).
 10. Organización Mundial del Turismo. El turismo accesible: Un derecho y una oportunidad económica; 2020. Available online: <https://www.unwto.org> (accessed on [fecha]).
 11. Organización Internacional del Trabajo. Empleo y discapacidad: Hacia una inclusión plena en el trabajo; OIT: Ginebra, Switzerland, 2020.
 12. Organización Mundial de la Salud. World Report on Disability; WHO Press: Geneva, Switzerland, 2011.
 13. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. Guía para la inclusión y equidad en la educación; UNESCO: 2015.
 14. Vásquez, D. Hotel Escuela: Formación para la inclusión laboral en la hotelería en América Latina. *Revista Latinoamericana de Discapacidad y Sociedad* 2021, 5(2), 60–75.



© 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 la prevalencia de parásitos en branquias de tilapia (*Oreochromis niloticus*) comercializada en la plaza piscícola de Nueva Loja, Sucumbíos

Lorena Andrea Klinger Klinger ¹  Dayana Ivone Valencia Ordoñez ¹  José Luis Mendoza Gaviláñez ¹ 
Augusto R. Vargas S. ¹ 

¹ Universidad Estatal Amazónica, Departamento de Ciencias de la Vida. Vía Aguarico tras Batallón 56 Rayo y Cia. Coll, Nueva Loja, Sucumbíos, Ecuador.

✉ Correspondencia: andreasklinger26@gmail.com ☎ + 593 98 188 2601

DOI/URL: <https://doi.org/10.53313/gwj82300>

Resumen: El propósito de este estudio fue evaluar la incidencia de parásitos en branquias de tilapia (*Oreochromis niloticus*) comercializadas en la plaza piscícola Nueva Loja, provincia de Sucumbíos, Ecuador. Para lo cual, se adquirieron 15 ejemplares en 6 puntos de distribución, donde se registraron los parámetros fisicoquímicos del agua (In situ), así como las características biométricas y la carga parasitaria en los peces. Los resultados indicaron que el pH del agua varió entre 6 y 7, la temperatura entre 25 y 27°C, niveles adecuados en la acuicultura, mientras que los nitritos oscilaron entre 0.25 y 0.5 mg/L, aunque con un ligero exceso. Mediante técnicas de disección, se realizaron observaciones de las estructuras externas que permitieron detectar posibles lesiones o malformaciones y un análisis interno de las branquias. Se identificaron 633 parásitos adheridos a las branquias, distribuidos en tres phylum (Platyhelminths, Ciliophora y Nematoda). El análisis parasitológico reveló una prevalencia de 68% con una intensidad media de 10.2 parásitos por pez infectado y una abundancia media de 7.03 parásitos por ejemplar, siendo *Cichlidogyrus thurstonae* la especie más representativa con una prevalencia de 33.2%, mientras que *Strongyloides spp* fue la menos representativa evidenciando una prevalencia del 0.2%. La correlación de Spearman fue débil al relacionar la carga parasitaria con el peso y la talla de los animales.

Palabras claves: parámetros, acuicultura, disección, análisis

Study of the prevalence of parasites in the gills of tilapia (*Oreochromis niloticus*) sold at the Nueva Loja fish market, Sucumbíos.

Abstract: The purpose of this study was to evaluate the incidence of parasites in the gills of tilapia (*Oreochromis niloticus*) commercialized at the Nueva Loja fish market, Sucumbíos Province, Ecuador. A total of 15 specimens were acquired from six distribution points, where in situ measurements of water physicochemical parameters were taken, along with biometric characteristics and parasitic load in the fish. The results indicated that water pH ranged between 6 and 7, and temperature between 25 and 27°C, values considered suitable for aquaculture, while nitrite levels ranged from 0.25 to 0.5 mg/L, showing



Cita: Klinger Klinger, L. A., Valencia Ordoñez, D. I., Mendoza Gaviláñez, J. L., & R. Vargas S., A. (2025). Estudio de la prevalencia de parásitos en branquias de tilapia (*Oreochromis niloticus*) comercializada en la plaza piscícola de Nueva Loja, Sucumbíos. Green World Journal, 8(2), 300.
<https://doi.org/10.53313/gwj82300>

Received: 17/July/2025

Accepted: 27/August/2025

Published: 29/August/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>

a slight excess. Through dissection techniques, observations of external structures were carried out to detect possible lesions or malformations, along with an internal analysis of the gills. A total of 633 parasites were identified attached to the gills, distributed across three phyla (Platyhelminthes, Ciliophora, and Nematoda). The parasitological analysis revealed a prevalence of 68%, with a mean intensity of 10.2 parasites per infected fish and a mean abundance of 7.03 parasites per specimen. *Cichlidogyrus thurstonae* was the most representative species, with a prevalence of 33.2%, while *Strongyloides spp.* was the least representative, showing a prevalence of 0.2. Spearman's correlation was weak when relating parasitic load to weight and weight of the animals.

Keywords: parameters, aquaculture, dissection, analysis

1. Introducción

La tilapia *Oreochromis niloticus* es una de las especies más comercializadas en la acuicultura mundial [19]. Esto se debe a su alto valor nutricional, rápida reproducción y la capacidad de adaptarse a cualquier condición [11,17].

Esta especie ha experimentado un rápido crecimiento en la industria de exportación, ya que se convirtió en una fuente importante para la seguridad alimentaria y el desarrollo económico [8]. Entre los principales países exportadores se destacan: China, Tailandia, Indonesia y Filipinas, siendo Taiwán el primer país exportador seguido de Colombia, Ecuador, Honduras y Costa Rica [16]. No obstante, el crecimiento de esta especie enfrenta grandes obstáculos, como las enfermedades parasitarias que afectan a los peces en desarrollo impactando su productividad [24].

Entre los principales grupos de parásitos causantes de enfermedades se pueden mencionar a los helmintos, trematodos, protozoos y ectoparásitos [10]. Los mismos que influyen de manera negativa al correcto crecimiento de los peces [18]. Los helmintos son gusanos parasitarios comunes en las tilapias, los cuales afectan a los órganos internos o los músculos, entre ellos están los cestodos (tenias), nematodos (gusanos redondos) y los trematodos (duelas) [1]. Las infecciones que presentan *Oreochromis niloticus* al no ser tratadas adecuadamente pueden afectar la salud humana [13], principalmente cuando los productos contaminados llegan a los establecimientos de comercialización sin un apropiado control sanitario.

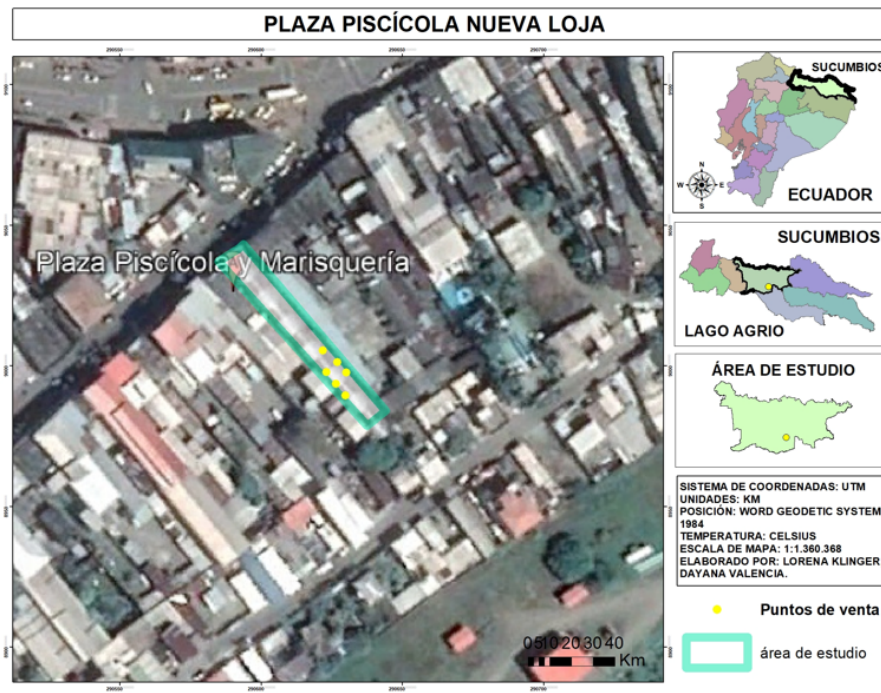
En la provincia de Sucumbíos, concretamente en la plaza piscícola Nueva Loja, la comercialización de tilapia es una actividad económica fundamental para la localidad, pero a su vez ha reportado una constante preocupación por el aumento de la presencia de parásitos en los productos comercializados [1]. A pesar de que este tema preocupa a la población, no existen estudios locales que se enfoquen de manera constante en la existencia de estos parásitos [10]. Con base a lo que manifiestan [2], la escasez de información sobre la presencia de los parásitos en la comercialización de la tilapia puede poner en riesgo el bienestar de los consumidores, por lo que resulta decisivo realizar investigaciones que identifiquen esta problemática y con ello establecer medidas adecuadas para su control.

Por lo expuesto, el presente artículo tiene como objeto principal evaluar la prevalencia de parásitos en branquias de tilapias (*Oreochromis niloticus*) comercializadas en la plaza piscícola Nueva Loja, provincia de Sucumbíos, lo que implica determinar los parámetros físicos, químicos y biológicos agua/tilapia, así como identificar las especies de parásitos presentes y analizar la relación entre la carga parasitaria de la tilapia y los parámetros biológicos.

2. Materiales y métodos

2.1. Área de estudio

Las muestras fueron adquiridas en la plaza piscícola de la ciudad de Nueva Loja (Figura 1), ubicada en el cantón Lago Agrio, provincia de Sucumbíos entre las coordenadas 18N: 290585.71m E 9029.90m N. En el lugar se encuentran 25 puntos de distribución, de los cuales 6 están exclusivamente dedicados a la venta de tilapia.



Posteriormente, los ejemplares seleccionados fueron trasladados a las instalaciones del laboratorio de la Universidad Estatal Amazónica sede Sucumbíos para su análisis biométrico y parasitológico.

Figura 1. Mapa de área de estudio–punto de distribución en el interior de la plaza piscícola Nueva Loja

2.2 Métodos

2.2.1 Población y muestra

Para verificar el tamaño de la población se realizaron visitas entre las 7:00 y 8:00 de la mañana, durante 6 días hábiles, desde el 17 hasta el 24 de diciembre del 2024. La población fue establecida por 180 ejemplares de *Oreochromis niloticus*. En cada punto de venta se seleccionaron al azar 15 individuos, para ello, se determinó el tamaño de la muestra utilizando la fórmula empleada por [23]. Elaborada en una hoja de cálculo de Microsoft Excel.

$$n = \frac{z^2 \cdot (p \cdot p)}{e^2 + \frac{z^2 (p \cdot q)}{N}}$$

Donde:

- **n**= Tamaño de la muestra
- **z**= Nivel de confianza deseado
- **p**= Posibilidad de éxito
- **q**= Posibilidad de fracaso
- **e** = Margen de error 10%
- **N**= Tamaño de la población

2.3 Registro de los parámetros físico-químicos del agua

Se registraron los parámetros físico-químicos de cada estanque (In situ). El pH y los nitritos fueron medidos a través de tiras reactivas y la temperatura con termómetro de mercurio, siguiendo las indicaciones propuestas por [5]. Posteriormente, los ejemplares vivos fueron colocados en fundas plásticas de polietileno de 60x90 cm, con agua de la misma pecera para su posterior traslado.

2.4 Fase de laboratorio

2.4.1 Eutanasia de *Oreochromis niloticus*

El proceso empezó retirando las tilapias vivas de las fundas plásticas para ser colocadas en un recipiente. Para la eutanasia, se procedió a inmovilizar al pez y mediante una punción craneal, con una aguja de disección se realizó movimientos circulares asegurando una muerte ligera y segura [5].

2.4.2 Parámetros biológicos

2.4.2.1 Datos biométricos y sexo

La biometría incluyó datos como el peso (g) y longitud (cm), utilizando una báscula digital y una cinta métrica. Además, se determinó el sexo biológico utilizando una lupa que permitió evidenciar las características morfológicas externas de la papila urogenital descrita por [20]. El sexado se llevó a cabo mediante observaciones de los órganos sexuales para diferenciar los machos y hembras. Los machos se distinguieron por la presencia de dos orificios externos; el urogenital y el ano, a diferencia de las hembras que presentaron huevos, en conjunto con la presencia de tres orificios: poro urogenital, orificio urinario y ano.

2.4.3 Análisis de las estructuras externas

Siguiendo la metodología empleada de [5]. Con la ayuda de una lupa se llevó a cabo un análisis externo del ejemplar, para observar posibles lesiones, malformaciones o presencia de parásitos en tegumentos, ojos, escamas, boca y aletas que se puedan evidenciar a simple vista.

2.4.4 Técnicas de disección de los peces

Se empleó la metodología de [5], la cual menciona que mediante el uso de herramientas de disección se realiza un corte ventral, iniciando desde el orificio anal hasta llegar a la apertura del opérculo, seguidamente, se efectuó una segunda incisión desde el orificio anal en línea vertical hasta llegar a la línea lateral. Continuamos, realizando un corte vertical hasta llegar a las branquias a la misma altura del corte anterior, evitando dañar las vísceras. Posteriormente, se retiró parte del cuerpo siendo expuesto los órganos internos del pez.

2.4.5 Análisis de las estructuras internas

Se analizaron muestras de branquias, cada estructura fue colocada individualmente en cajas petri para examinar utilizando el estereoscopio y microscopio. Todas las muestras fueron hidratadas y observadas a través de un barrido microscópico mediante movimientos horizontales y verticales. Se adaptó la metodología de [5], en la cual se incluyeron varios análisis:

En el análisis de las branquias, se realizó la extracción del opérculo con la ayuda de tijeras y pinzas. Las cuatro laminas branquiales fueron extraídas y lavadas con agua. Posteriormente, fueron divididas y colocadas totalmente húmedas en portaobjetos para mayor visibilidad en el microscopio.

2.5 Registro fotográfico de los parásitos

Cada parásito fue fotografiado y grabado utilizando un dispositivo celular para su posterior identificación. Para ello se emplearon los elementos disponibles en el laboratorio de la Universidad Estatal Amazónica sede Sucumbíos. Los materiales utilizados incluyen un estereoscopio con aumento de 2x y 4x y un microscopio Conptec 3/8.

2.6 Análisis e identificación de parásitos

Para la identificación de los parásitos, se realizaron observaciones minuciosas de las evidencias fotográficas recolectadas. Además, se utilizaron claves taxonómicas y guías de identificación propuestas por: [9], [6], [7], [3] y [15].

2.7 Obtención de datos

Los datos obtenidos durante el análisis e identificación de parásitos fueron registrados en Microsoft Excel, ubicando fecha de la observación, número de puesto de adquisición, número del ejemplar, factores físico-químicos y biológicos, además del número de parásito y su ubicación.

2.8 Evaluación de infestación parasitaria

El análisis de la carga parasitaria de *Oreochromis niloticus* en relación con los parámetros observados fue expresado según los autores [4], [5] y [22] bajo los siguientes índices:

a. Prevalencia (P)

Se define como el número de ejemplares infectados por una determinada especie de parásito, dividido entre los peces examinados por 100. Los datos son expresados generalmente en porcentaje.

$$P = \frac{N_{pi}}{N_{tpe}} \times 100$$

Donde:

P: Prevalencia

N_{pi}: Número de peces infectados

N_{tpe}: Número total de peces examinados

b. Intensidad media (IM)

Este indicador describe el número total de parásitos presentes de una determinada especie dividido entre el número de peces infectados.

$$IM = \frac{N_{tpm}}{N_{pi}}$$

Donde:

IM : Intensidad media

N_{pi}: Número de peces infectados

N_{tpe}: Número total de peces examinados

c. Abundancia media (AM)

Se refiere al número total de parásitos presentes de una determinada especie en la muestra. Este valor, se divide por el número total de ejemplares examinados.

$$AM = \frac{N_{tp}}{N_{tpe}}$$

Donde:

AM : Abundancia media

Ntp : Número total de parásitos

Ntpe : Número total de peces examinados

Los resultados de los índices parasitarios indican que los valores de prevalencia superior al 66% se consideran altos, medios entre 33% y 65% y bajos si son inferiores a 33%. En cuanto a los valores de intensidad y abundancia media, se consideran altos si son superiores a 100, medios, si están entre 50 a 99 y bajos si son inferiores a 50.

2.9 Análisis estadístico de la carga parasitaria

2.9.1 Prueba de Normalidad (Shapiro-Wilk) y correlación de Spearman

Para identificar si la relación entre los parámetros biométricos y la cantidad de parásitos sigue una distribución normal se aplicará la prueba de Shapiro-Wilk. Posteriormente, se realizará la correlación de Spearman utilizando el programa estadístico R, el cual nos ayudará a determinar si los parámetros biométricos están siendo influenciados por la cantidad de parásitos.

3. Resultados

3.1 Tamaño de la población y muestra

La población corresponde a 180 ejemplares de tilapia provenientes de los 6 puntos de distribución, para determinar el número de peces a analizar se estableció un total de 30 individuos por pecera. El cálculo de la muestra resultó en el estudio parasitológico de 90 individuos, siendo estos clasificados en 15 ejemplares en cada punto de venta.

3.2. Parámetros físicoquímicos del agua

La **Tabla 1**, indica que los valores obtenidos se encontraron en un rango de: pH 6.4, temperatura 25.7°C y nitritos 0.33 mg/L en cada una de las peceras.

Día	pH	Temperatura	Nitritos
1	6	27°	0.25 mg/L
2	6,5	25°	0.25 mg/L
3	6	25°	0.5 mg/L
4	7	25°	0,25 mg/L
5	6	26°	0.5 mg/L
6	7	26°	0,25 mg/L

Tabla 1. Parámetros físicos-químicos de cada punto de distribución.

3.3 Parámetros biológicos

3.3.1 Datos biométricos y sexo

La **Tabla 2**, indica que el análisis biométrico resultó en un total de 63 machos y 27 hembras. Los machos registraron un peso de 109 a 225 gramos y una longitud de 18 a 25 centímetros, a diferencia de las hembras que presentaron medidas inferiores que se encontraron en un peso de 99 a 200 gramos y una longitud de 15 a 23 centímetros.

Sexo	Peso (g)	Longitud (cm)
Machos	109 – 225	18–25
Hembras	99–200	15–23

Tabla 2. Peso y longitud de machos y hembras sexadas.

3.3.2 Peces parasitados

El estudio parasitológico determinó que 45 de los 63 machos analizados estaban parasitados. En el caso de las hembras, 17 de las 27 examinadas se encontraban parasitadas.

3.4 Registro fotográfico de parásitos

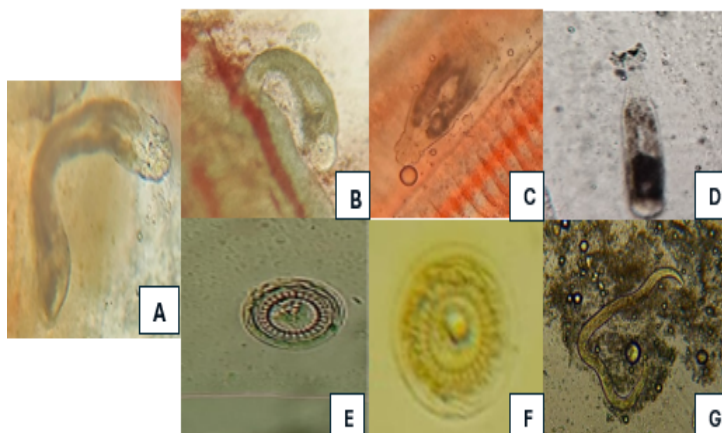


Figura 2. Parásitos microscópicos adheridos en las branquias de *O. niloticus*. (A) *Cichlidogyrus thurstonae*. (B) *Cichlidogyrus thurstonae* especies reportadas por el mayor número de individuos. (C) *Dactylogyrus vastator*. (D) *Gyrodactylus* sp. (E) *Trichoodina* sp. (F) *Trichoodina* spp y (G) larva de *Strongyloides* spp especie registrada con el mejor número de individuos.

3.5 Identificación de parásitos

Se identificaron un total de 633 parásitos, distribuidos en 3 phylum/clase, 5 géneros y 7 especies, todas adheridas a las branquias. Cada parásito fue clasificado de acuerdo con su orden taxonómico (**Tabla 3**). Siendo el Phylum Platyhelminthes el más diverso, con 3 géneros (*Cichlidogyrus*, *Dactylogyrus* y *Gyrodactylus*) y 4 especies (*Cichlidogyrus thurstonae*, *Cichlidogyrus sclerosus*,

Dactylogyrus vastator, *Gyrodactylus* sp). Los Phylum Ciliophora y Nematoda estuvieron representados por un género cada uno (Trichodina y Strongyloides) respectivamente. Sin embargo, Ciliophora fue diverso, reportando 2 especies (*Trichodina* sp y *Trichodina* spp), mientras que Nematoda estuvo representado por una sola especie (*Strongyloides* sp). En cuanto a la cantidad de parásitos registradas la especie *Cichlidogyrus thurstonae* fue la más abundante, mientras que *Strongyloides* sp fue la menos abundante.

Phylum/ Clase	Género	Especie	N° de parásitos	Ubicación
		thurstonae	210	branquias
Platyhelminthes Monogenea	Cichlidogyrus	sclerosus	138	branquias
		Dactylogyrus vastator	90	branquias
	Gyrodactylus sp		84	branquias
Ciliophora Oligohymenophorea	Trichodina	sp	66	branquias
		spp	44	branquias
Nematoda Chromadorea	Strongyloides	spp	1	branquias

Tabla 3. Parásitos localizados en *O. niloticus* comercializados en la plaza piscícola.

3.6 Evaluación de infestación parasitaria

La **Tabla 4**, indica los valores de intensidad y abundancia media de 10,2 y 7,03 respectivamente, con una prevalencia alta de 68 %, lo que indica que más de la mitad de los ejemplares estaban infestados.

Índices parasitarios	
Peces analizados	90
Peces parasitados	62
Intensidad media	10.2
Abundancia media	7.03
Prevalencia	68%

Tabla 4. Índices de la infestación parasitaria en *O. niloticus*

3.6.1 Índices parasitarios por especies

La **Tabla 5**, señala que la clase Monogenea fue la más dominante, destacando *Cichlidogyrus thurstonae*, con una Prevalencia (P) de 33.2%, una intensidad media (IM) de 3.39 y una abundancia media (AM) de 2.33. Seguido de *Cichlidogyrus sclerosus* con una P de 21.8%, IM 2.23 y una AM de 1.53. Estos resultados difieren parcialmente a la investigación realizada por [5], el cual reportó valores superiores. En su estudio *Cichlidogyrus sclerosus* fue la más representativa con un valor de P de 90%, una IM de 31,9 y una AM de 28,9, seguida de *Cichlidogyrus thurstonae* que registró

una P de 72.5%, una IM de 14,13 y una AM de 10,2. L. Estos valores difieren con los nuestros debido a que del total de 40 especies analizadas cerca de 36 muestras fueron infectadas por estos parásitos. Mientras, que el nematodo *Strongyloides spp* fue el menos representativo encontrándose en un solo individuo.

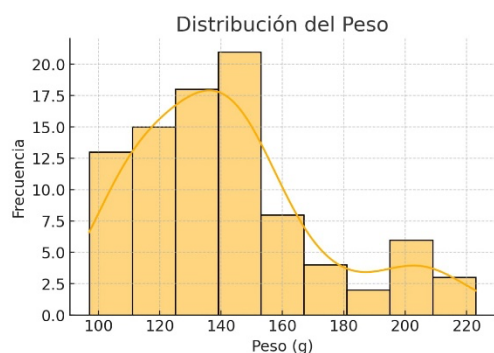
Clase	N° de parásito	P (%)	IM	AM
Monogenea				
<i>Cichlidogyrus thurstonae</i>	210	33.2	3.39	2.33
<i>Cichlidogyrus sclerosus</i>	138	21.8	2.23	1.53
<i>Dactylogyrus vastator</i>	90	14.2	1.45	1.00
<i>Gyrodactylus sp</i>	84	13.3	1.35	0.93
Oligohymenophorea				
<i>Trichoodina sp</i>	66	10.4	1.06	0.73
<i>Trichoodina spp</i>	44	7.00	0.71	0.49
Nematoda				
<i>Strongyloides spp</i>	1	0.2	0.02	0.01

Tabla 5. Índices de la infestación parasitaria en *O. niloticus* por parásitos. P= Prevalencia, IM= Intensidad media, AM=Abundancia media.

3.7 Análisis estadístico de la carga parasitaria

3.7.1 Prueba de normalidad

Para determinar la distribución de los datos y seleccionar las pruebas estadísticas adecuadas, aplicó la prueba de **Shapiro-Wilk** a las variables interés. Los resultados indicaron que el **peso** ($p = 0.000056$), la **longitud** ($p = 0.0151$) y la **cantidad parásitos** ($p = 0.00000000145$) no siguen una distribución normal ($p < 0.05$ en todos los casos) (**Figura 3**). Esto justifica el uso de pruebas no paramétricas para el análisis subsecuente.



se
de
de

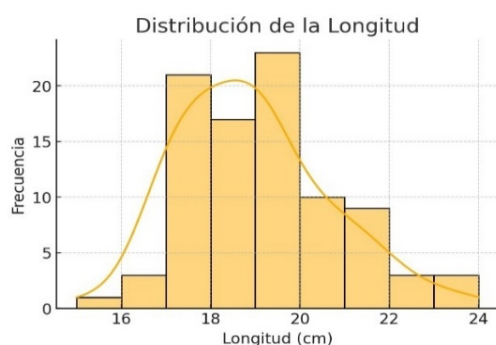


Figura 3. Histograma con curva de densidad que muestra la distribución del peso y longitud de los peces en la muestra realizada.

3.7.2 Correlación de Spearman con relación al peso y longitud

Para evaluar la relación entre la cantidad de parásitos y las variables biométricas sin asumir una distribución normal, se realizó la correlación de Spearman (Figura 4). Los resultados mostraron que la relación entre la carga parasitaria y el peso fue débil y no significativa ($-r_s = 0.1037$, $p = 0.3306$). De manera similar, la relación con la longitud también fue débil y no significativa ($-r_s = 0.1525$, $p = 0.1512$). Esto sugiere que, aunque existen diferencias entre grupos de carga parasitaria, la cantidad de parásitos no tiene una influencia directa en la variabilidad del peso o la longitud de los peces.

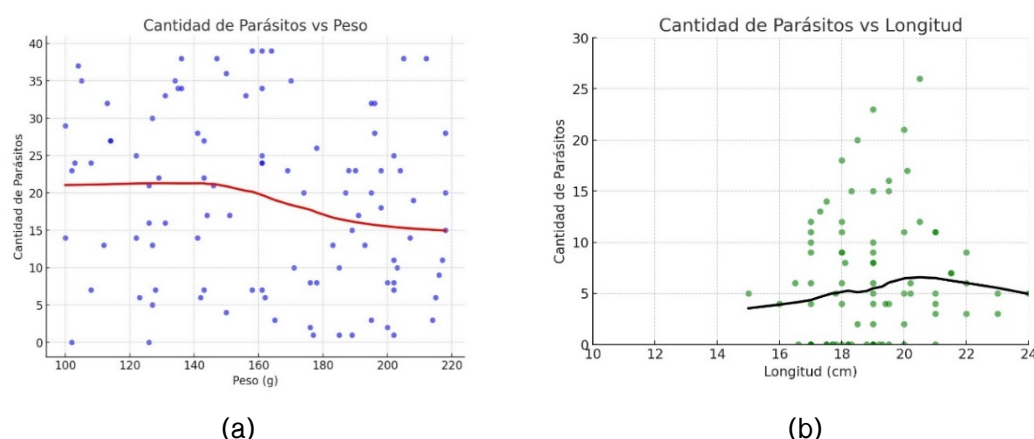


Figura 4. (a) Correlación de Spearman entre el peso y la cantidad de parásitos; (b) Correlación de Spearman en relación a la longitud y cantidad de parásitos.

4. Discusión

Estos resultados en su mayoría son similares a los reportados por [20], quien, en su estudio sobre el Manejo del cultivo de tilapia, menciona que los requerimientos ambientales óptimos para el desarrollo de esta especie se encuentran en una temperatura de 20–30°C, un pH de 6–7 y nitritos de 0,1mg/L. [18], menciona que la diferencia en los niveles de nitritos puede estar influenciada por el aumento de desechos orgánicos producidos por los peces. Mientras que [21] señalan que estas desigualdades podrían estar influenciados por los factores ambientales.

Las especies identificadas se comparan con las reportadas por [5], quien analizó 40 ejemplares de *O. niloticus* obteniendo 1584 parásitos clasificados en cuatro especies: *Cichlidogyrus thurstonae*, *Cichlidogyrus sclerosus*, *Gyrodactylus sp* y *Cichlidogyrus sp*. Tres de ellas son similares a las identificadas en nuestro estudio (*Cichlidogyrus thurstonae*, *Cichlidogyrus sclerosus* y *Gyrodactylus sp*). Sin embargo, nuestro análisis incluyó un mayor número de muestras analizadas, lo que permitió identificar la presencia de 4 especies adicionales a las reportadas por Cabrera. No obstante, los datos concuerdan con las especies de parásitos más abundantes *Cichlidogyrus sclerosus* y *Cichlidogyrus thurstonae*.

La prevalencia es comparable a la reportada por [12], en su estudio realizado en el Mercado Municipal de la ciudad San José de Chimbo, en donde registró un valor de 65.2% al analizar 25 muestras de *O. niloticus*. Mientras que los valores de intensidad y abundancia media en nuestro estudio son bajos al igual que los determinados por [5], quien registró una intensidad media de 4.28 y una abundancia media 3.27 al analizar 180 ejemplares. Estos valores pueden estar influenciados por el aumento de parásitos debido a la alta concentración de tilapias en las peceras [13].

Los datos de correlación son comparables a las identificadas por [14] quienes utilizaron la correlación de Spearman para analizar la relación entre los datos biométricos y la cantidad de parásitos. Sus resultados indicaron que la relación entre estas variables no fue significativa, expresando valores de $r_s = -0.21$; $P = 0.26$; $r_s = -0.11$; $p = 0.55$). Esto sugiere que otros parámetros no calculados en los estudios podrían influir en la proliferación de parásitos en los ejemplares analizados.

5. Conclusión

Los parámetros fisicoquímicos del agua y biológico de la tilapia, evidenciaron que los niveles de pH y temperatura se mantuvieron en los rangos óptimos permitidos, sin embargo, los valores de nitrito superaron los valores establecidos, lo que podría indicar una influencia por los desechos orgánicos producidos por los peces. Se identificó 63 machos y 27 hembras, las cuales presentaron menores unidades.

El análisis parasitológico evidenció la presencia de 633 parásitos, clasificados en 7 especies, todas adheridas a las branquias. Siendo *Cichlidogyrus thurstonae*, la más representativa, seguida de *Cichlidogyrus sclerosus*, *Dactylogyrus vastator*, *Gyrodactylus sp*, *Trichoodina sp*, *Trichoodina spp* y *Strongyloides sp* siendo la menos representativa.

De acuerdo con los índices parasitarios se reportó una prevalencia alta del 68%, debido a que la mayor parte de los ejemplares presentaron parásitos. Por lo tanto, la especie más representativa fue la *Cichlidogyrus thurstonae*, con una prevalencia de 33.2%, en comparación con *Strongyloides spp* que registro una prevalencia de 0.2%, por lo cual se considera una especie no común en peces.

Los resultados estadísticos indican que la carga parasitaria afecta significativamente el peso y la longitud de la tilapia, pero la relación no es completamente lineal ni uniforme. La prueba de normalidad Shapiro-Will no siguió una distribución normal entre las variables de interés. Sin embargo, la correlación de Spearman no evidenció una asociación fuerte entre la cantidad de parásitos y las variables biométricas. Estos hallazgos sugieren que otros factores, como la condición fisiológica del pez o la calidad del ambiente acuático, podrían influir en la relación entre infestación parasitaria y crecimiento en la tilapia.

Contribución de autores: Para los artículos de investigación con varios autores (INICIALES), se debe proporcionar un breve párrafo en el que se especifiquen sus contribuciones individuales. Se deben utilizar las siguientes declaraciones: "conceptualización, X.X. e Y.Y.; metodología, X.X.; software, X.X.; validación, X.X.", Y.Y. y Z.Z.; análisis formal, X.X.; investigación, X.X.; recursos, X.X.; curaduría de datos,

X.X.; redacción–revisión y edición, X.X.; visualización, X.X.; supervisión, X.X.; administración de proyectos, X.X.; adquisición de fondos, Y.Y.", por favor, diríjase a la taxonomía CRediT para la explicación del término. La autoría debe limitarse a aquellos que han contribuido sustancialmente al trabajo reportado.

Financiamiento: Los autores financiaron a integridad el estudio.

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

Referencias

1. Acosta-pérez, J.; De-la Rosa-Arana, J.; Vega-Sanchez, V.; Reyes-Rodriguez, N.; Zepeda-Velazquez, A.; Gomez-De-Anda, F. Abanico Veterinario Socioeconómico , Como Hospedero de Parásitos. **2023**, 1–14.
2. Arboleda Luzón, E.B.; Cervantes Alava, A.R.; Prado Carpio, E.; Garzón Montealegre, V.J. Gestión de Agronegocios de La Tilapia Roja (*Oreochromis Spp. O*) y Su Comercialización. *Rev. Metrop. Ciencias Apl.* **2021**, 4, 58–67, doi:10.62452/2283kc03.
3. Arita, J. Manual de Principales Enfermedades En El Cultivo de Tilapia. **2022**, 1–25
4. Bush, A.O.; Lafferty, K.D.; Lotz, J.M.; Shostak, A.W. Parasitology Meets Ecology on Its Own Terms: Margolis et Al. Revisited. *J. Parasitol.* **1997**, 83, 575–583, doi:10.2307/3284227.
5. Calderon, J. Incidencia de Parásitos En El Cultivo de Tilapia (*Oreochromis niloticus*), En Estadio Juvenil, En El Distrito de La Banda de Shilcayo, Provincia y Región San Martín. *Univ. Nac. SAN MARTÍN – TARAPOTO Fac. CIENCIAS Agrar. Esc. Prof. Med. Vet.* **2019**, 61, doi:http://hdl.handle.net/11458/4025.
6. Cohen et al. SOUTH AMERICAN MONOGENOIDEA PARASITES OF FISHES, AMPHIBIANS AND REPTILES. *Antimicrob. Agents Chemother.* **2013**, 58, 7250–7257, doi:10.1128/AAC.03728–14.
7. Hermida, A. Guía Sobre Los Principales Parasitos Presentes En Productos Pesqueros: Técnicas de Estudio e Identificación. *Minist. Agric. Aliment. Y Medio Ambient.* **2012**, 3, 103.
8. Jácome, J.; Quezada Abad, C.; Sánchez Romero, O.; Pérez, J.E.; Nirchio, M. Tilapia En Ecuador: Paradoja Entre La Producción Acuícola y La Protección de La Biodiversidad Ecuatoriana TT – Tilapia in Ecuador: Paradox between Aquaculture Production and the Protection of Ecuadorian Biodiversity. *Rev. peru. biol.* **2019**, 26, 543–550.
9. Jimenez-Bahena-et-al Guía Para La Identificación de Parásitos y Enfermedades de Peces de Ornato 2010, 43.
10. Juárez, I; Castillo, H. Identificación Parasitaria En Peces de Consumo Humano. **2013**, 1–20.
11. Méndez-Martínez, Y., Pérez-Tamames, Y., Yeny Torres-Navarrete, Y., y Reyes-Pérez, J. J. (2018). Estado Del Arte Del Cultivo De Tilapia Roja En La Mayor De Las Antillas. *Biotecnia*, 20(2), 15–24. <https://doi.org/10.18633/biotecnia.v20i2.593>
12. Mujica, L.X. DETERMINACION DE PARASITOS EN PESCADOS QUE SE EXPENDEN EN EL MERCADO MUNICIPAL DE LA CIUDAD DE SAN JOSE DE CHIMBO, PROVINCIA DE BOLIVAR. 2008. Tesis de Maestría. Babahoyo. *Maest. en Gerenc. Serv. salud* **2008**.
13. Nilav, N.; Paul, A.; Choudhury, T.G.; Saha, H. Tilapia Lake Virus (TiLV) Disease: Current Status

- of Understanding. *Aquac. Fish.* **2022**, 7, 7–17, doi:10.1016/j.aaf.2021.04.007.
14. Ocmín, M.C.V.; Rengifo, J.A.A.; Rojas, C.A.T.; Morey, G.A.M. Report of Cichlidogyrus Tilapiae (Monogenoidea: Dactylogyridae) in *Oreochromis niloticus* «tilapia» (Cichliformes: Cichlidae) Collected in a Fishpond in the Peruvian Amazon. *Rev. Investig. Vet. del Peru* **2022**, 33, 6–11, doi:10.15381/rivep.v33i6.22743
 15. Olivero, J.; Baldiris, R. Parásitos En Peces Colombianos: Están Enfermando Nuestros Ecosistemas. *Univ. Cart.* **2008**, 120.
 16. Organization, F.A. *De La Pesca Y La Acuicultura*; 2020; Vol. 3; ISBN 0000000340472.
 17. Paredes-Trujillo, A.; Velázquez-Abunader, I.; Torres-Irineo, E.; Romero, D.; Vidal-Martínez, V.M. Geographical Distribution of Protozoan and Metazoan Parasites of Farmed Nile Tilapia *Oreochromis niloticus* (L.) (Perciformes: Cichlidae) in Yucatán, México. *Parasites and Vectors* **2016**, 9, doi:10.1186/s13071-016-1332-9.
 18. Puicón N., V.; López F., A.; Murrieta M., G. Ectoparásitos En Branquias de Tilapias Adultas (*Oreochromis niloticus*) Del Sector Bello Horizonte de La Banda de Shilcayo, San Martín, Perú. *Rev. Investig. Vet. del Perú* **2023**, 34, e24596, doi:10.15381/rivep.v34i1.24596.
 19. Reyes-Trigueros, L.; Monroy-Dosta, M. del C.; Torres-Ochoa, E.; Cortés-Sánchez, A.D.J.; Espinosa Chaurand, L.D. Parámetros Reproductivos En La Producción de Crías Tilapia *Oreochromis niloticus*: Revisión. *La Granja* **2023**, 38, 124–137, doi:10.17163/lgr.n38.2023.09.
 20. Saavedra, M. Manejo Del Cultivo de Tilapia. Managua, Nicaragua. *Manejo Del Cultiv. Tilapia* **2006**, 1–27..
 21. Salazar, D.R.; Silva-acuña, R.; Maestre, R.B.; Salazar, A.N.; Resumen, I. Recambio De Agua , Su Efecto Sobre Características Físico-Químicas Y Crecimiento En Juveniles De Tilapia Roja Water Replacement , Its Effect on Physical- Chemical Characteristics and Growth in Red Tilapia Juveniles. **2021**, 8–16.
 22. Shapiro, S.S.; Wilk, M.B. An Analysis of Variance Test for Normality (Complete Samples). *Biometrika* **1965**, 52, 591, doi:10.2307/2333709.
 23. Torres, M.; Paz, K.; Salazar, F. Tamaño de La Muestra Para Una Investigacion de Mercado. **2018**, 1–13.
 24. Urías-Sotomayor, R.; Maeda-Martínez, A.N. La Producción de Tilapia Del Nilo *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) En México Como Una Alternativa Para Fortalecer La Seguridad Alimentaria Nacional. *Estud. Soc. Rev. Aliment. Contemp. y Desarro. Reg.* **2023**, 52, doi:10.24836/es.v33i62.1322.
 25. Yuniel Méndez-Martínez, Y.; Pérez-Tamames, Y.; Yeny Torres-Navarrete, Y.; Reyes-Pérez, J.J. ESTADO DEL ARTE DEL CULTIVO DE TILAPIA ROJA EN LA MAYOR DE LAS ANTILLAS. *Biotechnia* **2018**, 20, 15–24, doi:10.18633/biotechnia.v20i2.593.



© 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/>



Introduction to Biodiversity

Carlos Mestanza- Ramón ¹ 

¹ Research Group YASUNI-SDC, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Sede Orellana, El Coca EC-220001, Ecuador.

✉ Correspondence: carlos.mestanza@espoch.edu.ec ☎ + 593968277770

DOI/URL: <https://doi.org/10.53313/gwj83301>

Abstract: Biodiversity constitutes the foundation of ecological balance and of the services that sustain human life, making its study and conservation fundamental in a context of increasing anthropogenic pressure and climate change. Research in this field has been oriented toward understanding diversity at multiple scales and designing effective conservation strategies. This review article aims to analyze the foundations of biodiversity and its conservation, the importance of genetic, species, and ecosystem diversity, as well as the role of ecological succession in the dynamics of biological communities. It argues that biodiversity, in all its dimensions, ensures resilience and ecosystem functionality, while succession provides the conceptual framework for understanding changes in community composition over time. The review asserts that the loss of diversity at any level weakens the adaptive capacity of natural systems and that successional processes are key to restoration and adaptive management. It concludes that integrating multiscale approaches to biodiversity with an understanding of successional dynamics is essential for designing more effective, sustainable, and adaptive conservation strategies in the face of global change scenarios.

Keywords: Ecosystem, Ecology, Successional dynamics, community.

1. Introduction to Biodiversity

The term biodiversity comes from the combination of two concepts: Bio, which means life (from the Greek *bíos*). Diversity, which refers to the variety or difference between elements (Figure 1). Biodiversity is essential for maintaining resilient ecosystems in the face of threats such as climate change, human expansion, and habitat degradation. A global study analyzing the effects of climate change on biodiversity loss found that variables such as temperature, precipitation, and frequency of natural disasters are positively correlated with an increased number of threatened species; however, effective governance can reduce that impact. (Habibullah, Din, Tan & Zahid, 2021). Recent research highlights that protecting at least 30% of land, as proposed in the “30×30” target of the global biodiversity framework, could offer substantial gains for both species



Check for
updates

Cita: Mestanza-Ramón, Carlos. 2025.
“Introduction to Biodiversity.” Green World
Journal 8(3):301. doi:
<https://doi.org/10.53313/gwj08301>

Received: 03/May /2025

Accepted: 19/Aug /2025

Published: 01/Sep /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>

conservation and the provision of ecosystem services such as climate change mitigation and nutrient regulation.

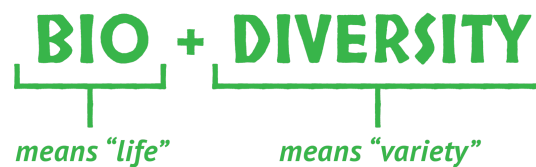


Figure 1. Origin of Biodiversity.

Beyond spatial protection, biodiversity plays a critical role in sustaining ecosystem services that support human well-being: food provision, soil stability, water regulation, pollination, pest control, among others. For example, a recent global review shows that ecosystems restored with native species tend to perform better in terms of carbon storage, erosion control, and water regulation compared to intensive plantations or monocultures, underscoring that not all restoration approaches are equivalent (Hua et al., 2022). Biodiversity has cultural and ethical value, as it is closely linked to the natural heritage of societies. Numerous studies emphasize that species loss not only affects ecological stability, but also the cultural identity of the peoples who depend on them for their traditions and ways of life (Dussex, 2023). Thus, protecting biodiversity means not only safeguarding ecological balance, but also preserving cultural diversity and the sustainable future of humanity.

Biodiversity forms the basis of the ecosystems that sustain life on Earth, providing essential services such as air purification, climate regulation, and food production. Between 40% and 80% of the global economy depends directly on ecosystem services provided by biodiversity, especially in less industrialized countries; losing biological diversity compromises these fundamental economic and social contributions. Biodiversity has not only utilitarian value, but also ethical, cultural, and normative value, which strengthens the argument for its comprehensive conservation. In this regard, studies emphasize that to meet global conservation commitments (such as those set out in the Kunming–Montreal biodiversity framework), it is not enough to declare protected areas, but rather to ensure that they are effectively managed, connected, ecologically intact, and equitably governed. (Robinson et al., 2024). Protecting biodiversity is not a luxury or a secondary option, but a central necessity for ecosystem health, food security, and resilience in the face of growing environmental threats.

Biodiversity loss has intensified due to human activities such as deforestation, pollution, and climate change. Recent reports warn that one million species are threatened with extinction, posing an unprecedented threat to natural systems and the services they provide. Biodiversity not only ensures the survival of species, but also guarantees the resilience of ecosystems in the face of environmental change. In this context, conservation becomes a global challenge that requires cooperation between governments, institutions, and communities (Dussex, 2023).

1.1 Concept of biodiversity: levels and dimensions

Biodiversity is the variability of life in its many manifestations and scales. Traditionally, three interrelated levels (Figure 1) are described: genetic diversity (within and between populations of the same species), species diversity (number and relative abundance), and ecosystem diversity (variety of habitats and landscapes). This formulation, popularized by the Convention on Biological

Diversity, emphasizes that it is not just a “count” of species, but a network of biological variation that sustains ecological processes and human well-being. These levels overlap with dimensions that allow us to better characterize this variability: taxonomic (who is present), functional (what they do and with what traits they do it), phylogenetic (what evolutionary history they share), and spatial and temporal (where and how they change over time). Together, levels and dimensions provide a robust framework for understanding and managing nature.

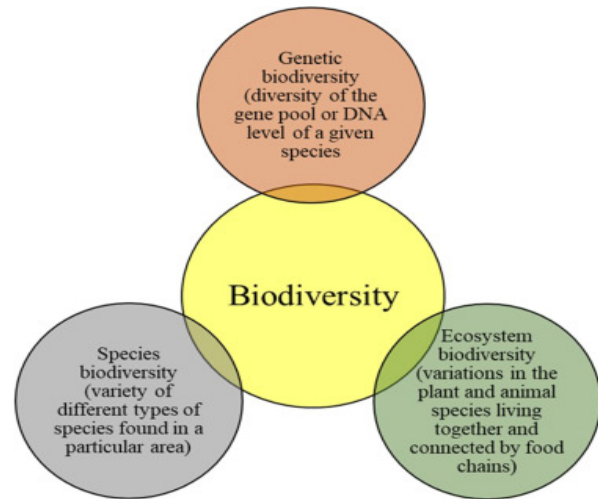


Figure 2. Types of biodiversity (Saleh et al., 2024).

Another line of definitions focuses on how we describe this variation. Noss (1990) proposed understanding biodiversity through three analytical dimensions (Figure 2): composition (what is there: genes, species, habitats), structure (how it is organized: abundances, connectivity, stratification), and function (what it does: energy flows, biogeochemical cycles, interactions). This approach is useful for conservation because it connects biological inventories with the design of protected area networks, restoration, and adaptive management.

Contemporary approaches broaden the definition to include nature's contributions to people, integrating not only taxonomic diversity but also functional and phylogenetic diversity. From this perspective, biodiversity encompasses the traits that enable species to fulfill ecological roles (pollinating, fixing nitrogen, dispersing seeds) and the evolutionary history that reflects their uniqueness; thus, conserving biodiversity involves safeguarding both the variety of life forms and the processes and interactions that enable the resilience of socioecosystems.

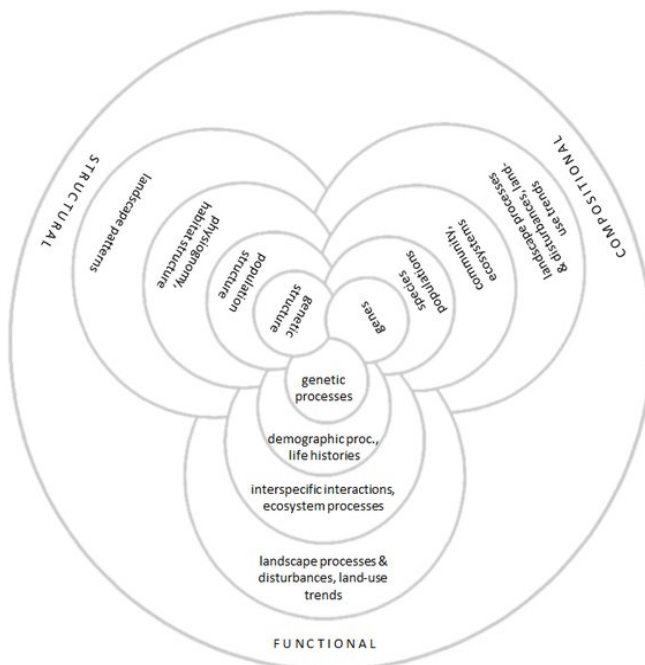


Figure 3. Three different dimensions of biodiversity: compositional, structural and functional. Redrawn (Noss, 1990).

1.2 Ecological, social, and economic importance

Biodiversity constitutes the natural infrastructure that sustains the functioning of ecosystems, human well-being, and economic activity. At the ecological level (Figure 3), it provides the processes that stabilize and make natural systems resilient (productivity, biogeochemical cycles, climate and water regulation). In the social dimension, it translates into direct and

indirect benefits for health, food security, livelihoods, and cultural values, while reducing health and climate risks. From an economic perspective, it represents natural capital whose maintenance prevents losses and generates measurable returns when integrated into planning, accounting, and

risk management. The following summary explores these three aspects—ecological mechanisms, contributions to people, and economic value—in greater depth to guide public policy decisions, investment, and project design with a focus on prevention, restoration, and adaptive management.

Ecological importance: Biodiversity underpins ecosystem processes and functions (productivity, nutrient recycling, water and climate regulation) and provides resilience to disturbances. The IPCC assessment (AR6, WGII) emphasizes that interactions between climate, ecosystems, and societies determine emerging risks and opportunities for climate-resilient development, highlighting the role of biological diversity in the stability of coupled nature-society systems.

The synthesis evidence also shows that the climate, biodiversity, and pollution crises are interdependent and must be addressed in an integrated manner to maintain ecological integrity. In terms of pressures, invasive alien species are recognized as a cross-cutting driver of degradation, with impacts on ecosystem functions and services in all biomes. At the outcome level, global indicators report average declines of 73% in vertebrate populations since 1970, with implications for critical ecological processes.

Social importance: Biodiversity is directly linked to public health (disease regulation, air and water quality, cultural/mental benefits) and food security through services such as pollination, the provision of wild foods, and soil protection. The WHO summarizes the evidence on the relationship between nature and health and recommends ecosystem-based approaches to mitigate climate and health risks.

In agriculture, about three-quarters of the most productive crops depend at least partially on pollinators, connecting conservation with nutrition and rural livelihoods. In addition, the IPBES Values Assessment (2022) demonstrates that making visible and valuing the diversity of nature's contributions to people improves public and private decisions, with co-benefits for equity and well-being.

Economic importance: From a development perspective, biodiversity is natural capital that sustains production, reduces risks (e.g., floods, crop failures), and generates economic returns when managed sustainably. The economy is embedded in nature and advocates for integrating natural capital into accounting and incentives. Recent estimates show that ecosystem services represent substantial economic values on a global scale and that their loss entails increasing costs. In practice, multiple countries are advancing in natural capital accounting and alignment with biodiversity and climate plans, using statistical frameworks and ecosystem accounts to inform policy, budgeting, and risk management.

1.3 Ecosystem diversity: types, functions, and resilience

Systematic conservation planning (SCP) provides guiding principles for selecting, configuring, and managing conservation networks: representativeness of biological features, complementarity between sites, sufficiency/persistence for long-term viability, efficiency (costs and conflicts), and functional connectivity (including climate) to sustain flows of organisms and processes. Recent advances emphasize that, to meet the Kunming-Montreal Global Biodiversity Framework, SCP must explicitly integrate restoration, adaptive management, and multi-objective goals for “nature recovery,” as well as linking to criteria-based approaches such as Key Biodiversity Areas (KBAs) to ensure representativeness and persistence (Giakoumi et al., 2025; Plumptre et al., 2023; Butchart et al., 2024).

The spatial dimension is critical: operationalizing connectivity with actionable metrics in

prioritization increases the robustness of portfolios and reduces the risk of population isolation (Beger et al., 2022). Another set of principles stems from the mitigation hierarchy—avoid, minimize, restore, and, as a last resort, compensate—with integrity rules such as additionality, “like-for-like” equivalence, permanence, limits for non-compensable impacts, transparency, and monitoring (Droste et al., 2022; Marshall et al., 2021).

Recent reviews show that governance and compensation design have diversified globally, but uncertainties remain about their effectiveness and traceability, so aligning ecological compensation with the GBF requires strict criteria and prioritizing avoidance over residual trade-offs (Kiesecker et al., 2023; Droste et al., 2022). Contemporary syntheses emphasize that many “no net loss” or “net gain” schemes fail if these safeguards are omitted, and recommend local, verifiable, and monitored frameworks. The principles of adaptive governance and management focus on rights-based and equity-based approaches for indigenous peoples and local communities (IPLC), as well as iterative learning in the face of accelerated ecological transformation. Evidence suggests that more positive ecological outcomes are associated with arrangements where IPLCs exercise equitable governance or shared control, which requires recognizing territorial rights and traditional knowledge in design and implementation (Dawson et al., 2024; Newing et al., 2023). Adaptive management frameworks such as RAD (Resist–Accept–Direct) help decide when to resist, accept, or direct ecosystem changes, integrating monitoring, experimentation, and decision thresholds; their articulation with reinforcement learning methods can make decisions under high uncertainty more robust (Lynch et al., 2021; Chapman et al., 2023).

1.4 Role of the environmental engineer in conservation

Contemporary conservation requires environmental engineers capable of integrating ecological

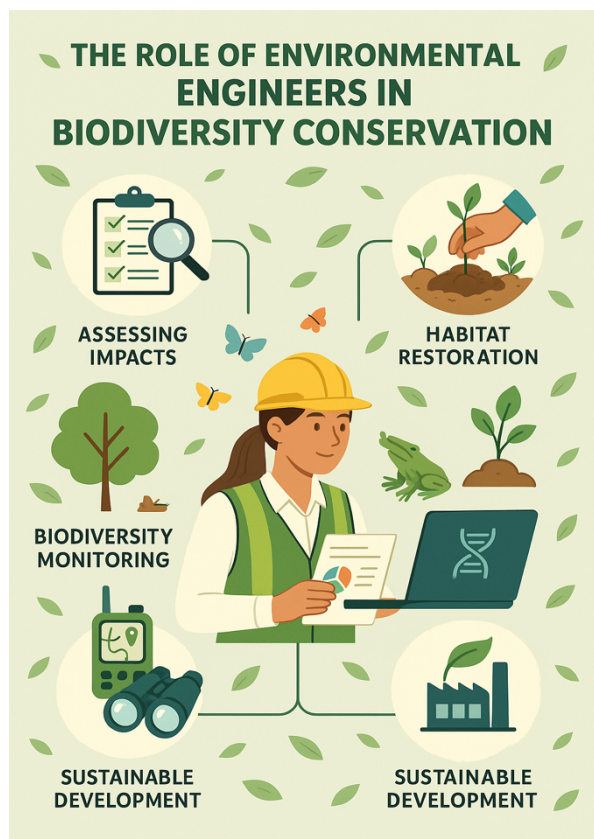


Figure 4. Role of Environmental Engineers in Biodiversity.

science, monitoring technologies, and decision-making criteria throughout the project cycle. Their role articulates three fronts: (i) planning and evaluation with EIAs that apply the mitigation hierarchy, prioritize connectivity, and use biodiversity accounting/footprint tools to guide portfolios and purchases; (ii) design and implementation of nature-based solutions and restoration—alone or hybrid with gray infrastructure—to deliver verifiable ecological and hydrological performance (e.g., redesign of coastal defenses, mine closure with function recovery, watershed-scale flood mitigation); and (iii) monitoring and adaptive management supported by remote sensing, drones, and analytics/AI to measure results and activate management thresholds (Figure 4). This triad converts conservation and “net biodiversity gain” objectives into traceable, comparable, and auditable engineering decisions.

Environmental professionals incorporate biodiversity conservation throughout the project

cycle: from planning and assessment, integrating the mitigation hierarchy into EIAs, ecological connectivity analysis, and spatial prioritization to ensure representativeness and persistence; to the design of cost-effective and traceable portfolios with biodiversity accounts/footprints. Recent literature shows operational ways to convert connectivity into actionable objectives within systematic conservation planning, reducing the risk of population isolation and promoting ecosystem resilience (Beger et al., 2022). In the design, implementation, and monitoring phase, the role focuses on deploying nature-based solutions (NbS) and pro-biodiversity engineering approaches, and on demonstrating results through indicators and adaptive monitoring. Synthesis evidence suggests that well-designed NbS generate concurrent benefits for climate adaptation and ecosystem health (Turner et al., 2022). In parallel, molecular biomonitoring with eDNA complements remote sensing and traditional methods, expanding spatial/temporal coverage and early detection of changes in communities (Lang et al., 2022).

Environmental professionals integrate conservation into the project cycle from the planning stage, using environmental impact assessments (EIA) that rigorously apply the mitigation hierarchy (avoid-minimize-restore-compensate) and specify biodiversity objectives and metrics (Cares et al., 2023; Dias et al., 2022). At the same time, they operationalize ecological connectivity and other spatial prioritization criteria in plans (Beger et al., 2022) and incorporate impact accounting throughout the life cycle by using biodiversity and linking it to natural capital accounts for engineering decisions and green procurement (Lindner et al., 2021; cf. critical review of methods in EIA; Castañeda-Aguilar et al., 2023). These approaches reduce net losses, facilitate BNG-type goals, and improve the traceability of ecological outcomes in infrastructure and land use.

In the design and implementation phase, environmental engineers develop nature-based solutions (NbS) and ecological restoration that maximize climate, hydrological, and biodiversity co-benefits and can be integrated with gray infrastructure (Suedel et al., 2022; Turner et al., 2022). Applied examples include the redesign of coastal structures to promote habitats and resilience to waves, storm surges, and erosion (Suedel et al., 2022); the restoration of mining deposits and degraded landscapes by optimizing ecosystem services and trade-offs (Zhang et al., 2023; Wang et al., 2023); and flood risk management through NbS at multiple scales, documented in recent manuals and technical books (Ferreira et al., 2021/2023; Bridges et al., 2021). These interventions require design rules, performance criteria, and post-construction monitoring to demonstrate sustainable ecological gains.

In monitoring and adaptive management, environmental engineers deploy observation and analysis technologies that increase the sensitivity and spatial/temporal coverage of monitoring: remote sensing and drones with deep learning for wildlife/habitats and change detection (Li et al., 2024), and eDNA/eRNA for inventories, early detection of invasive species, and community assessment, complementing traditional methods (Lang et al., 2022; Hassan et al., 2023). Combining these approaches with standardized indicators enables faster plan-do-check-act cycles, reduces uncertainty, and activates management thresholds, closing the loop between design, operation, and conservation outcomes.

2. Genetic, Species, and Ecosystem Diversity

Biodiversity is organized into three interdependent levels: genetic, species, and ecosystem diversity. Genetic variation is the substrate of adaptation and evolution; its erosion increases genetic load and reduces fitness (Ament-Velásquez et al., 2022; Dussex et al., 2023). Species diversity, measured by richness, evenness, and β -diversity, structures ecological networks and

modulates ecosystem functioning (van der Plas et al., 2023). Ecosystem diversity—and its connectivity—buffers disturbances and sustains flows of organisms, energy, and matter (Beger et al., 2022). Taken together, greater biodiversity promotes long-term stability and resilience (Wagg et al., 2022).

2.1 Genetic diversity: the basis of adaptation and evolution

Genetic diversity—the variation of alleles and gene combinations within and between populations—is the immediate substrate of adaptation (Figure 5): it determines how much response natural selection can generate in the face of environmental changes. Two lines of evidence clearly demonstrate this. First, real-time evolutionary theory and experiments show that standing genetic variation (SGV) allows for rapid, polygenic responses, with many small-effect loci being rearranged under selection; This accelerates adaptation compared to the slower contribution of de novo mutations (e.g., in yeast under stress) (Ament-Velásquez et al., 2022; Fuhrmann, Prakash, & Kaiser, 2023).

Conversely, when populations become small, drift and inbreeding erode diversity and increase genetic load, reducing fitness and future adaptive capacity. A recent synthesis in *Trends in Ecology & Evolution* details how purging can eliminate some deleterious mutations, but often does not compensate for their accumulation, making genetic load management central to conservation (Dussex, Morales, Grossen, Dalén, & van Oosterhout, 2023). Furthermore, models and simulations show that density dependence can accelerate the loss of diversity and push populations toward the vortex of extinction, hindering so-called “evolutionary rescue” (Nordstrom, Hufbauer, Olazcuaga, Durkee, & Melbourne, 2023).

Finally, genetic connectivity modulates adaptation: gene flow can contribute beneficial variants that favor local adaptation (or counteract it if it introduces poorly adapted genotypes). A recent review in the *Journal of Evolutionary Biology* summarizes patterns and effects of gene flow at different spatial scales and offers management implications (e.g., genetic assistance, genetic rescue) for maintaining or restoring the variation necessary for adaptive evolution in changing environments (Sexton et al., 2024). Taken together, conserving (and, when necessary, actively managing) genetic diversity is a necessary condition for sustaining the adaptation and evolution of wild populations under contemporary pressures.

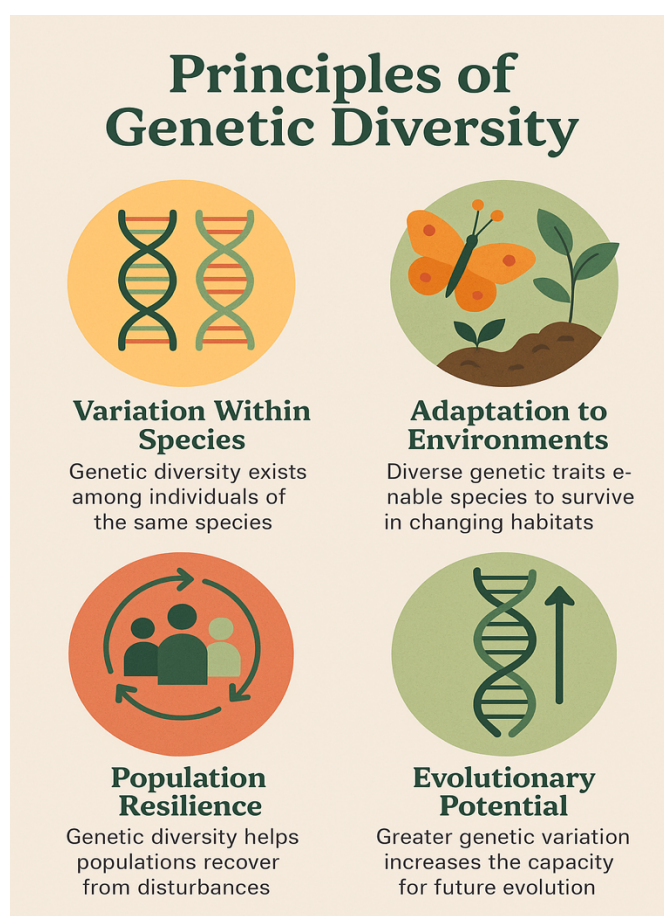


Figure 5. Genetic Diversity

2.2 Species diversity: classification and ecological relationships

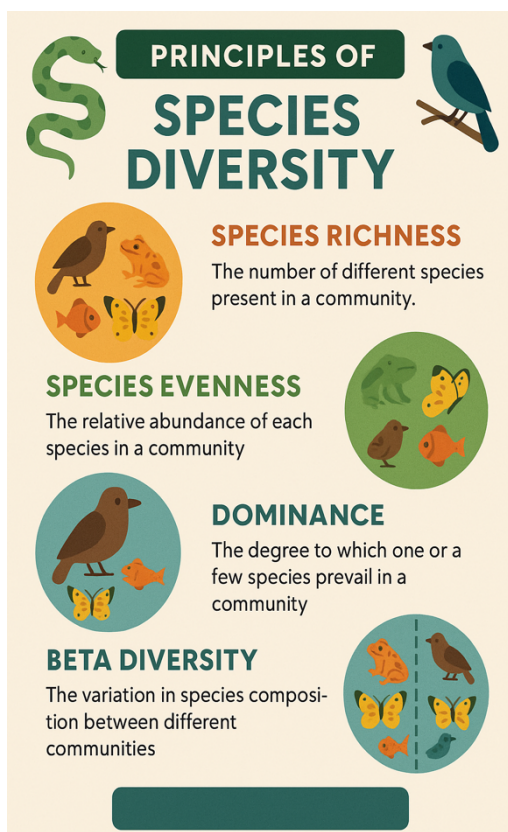


Figure 6. Species Diversity

emphasizes that the relationships between β -diversity and ecosystem functioning are not universal: they depend on assembly scenarios and environmental gradients that modulate how species turnover translates (or does not translate) into production, stability, or resilience. This framework helps reconcile contrasting empirical results and interpret when spatial turnover informs large-scale processes and functions. (van der Plas, Henneke, Chase, van Ruijven, & Barry, 2023).

Ecological relationships (Figure 7) between species—trophic, mutualistic, commensal, facilitative, or interfering—are represented as interaction networks whose properties (connectance, modularity, nesting, link strength) condition coexistence and community performance. A recent synthesis shows that ecosystem engineers (e.g., habitat builders, bioturbators) reconfigure network structure by modifying the physical environment and resources, with effects that can stabilize or

Species diversity refers to the variety and composition of species that coexist in a community (Figure 6), and its “classification” encompasses both the criteria for delimiting species (e.g., biological, phylogenetic, lineage concepts) and the approaches for organizing that diversity (taxonomic, functional, phylogenetic). In the last decade, integrative taxonomy frameworks that combine genomic, morphological, and ecological data have gained ground in reducing subjectivity in delimitation and standardizing taxonomic decisions, especially in groups with hybridization or polyploidy. These advances do not eliminate the pluralism of species concepts, but they do make assumptions and criteria in taxonomic practice more transparent. (Stankowski & Ravinet, 2021; Mallet, Dapporto, Tobler, & Papadopoulos, 2022; “Species delimitation 4.0,” 2023).

To measure species diversity, complementary components are used: richness and evenness (α -diversity), compositional turnover between sites (β -diversity), and regional diversity (γ). Recent research

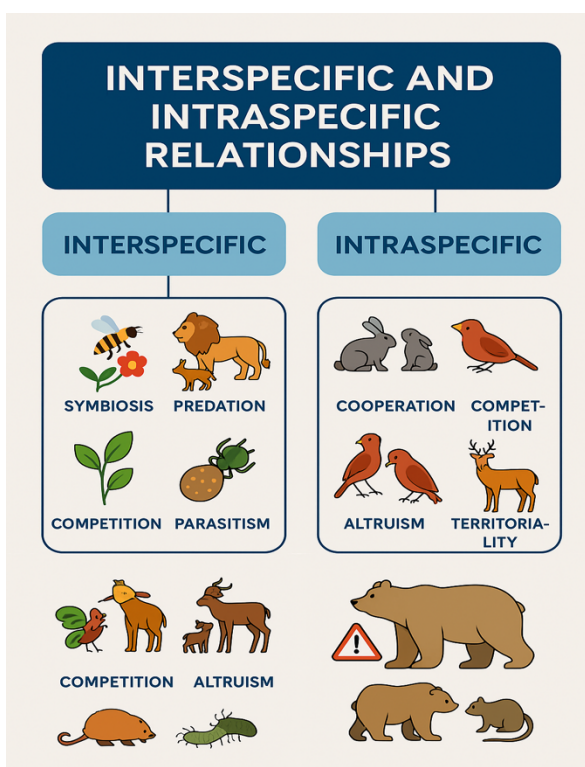


Figure 7. Ecological relationships.

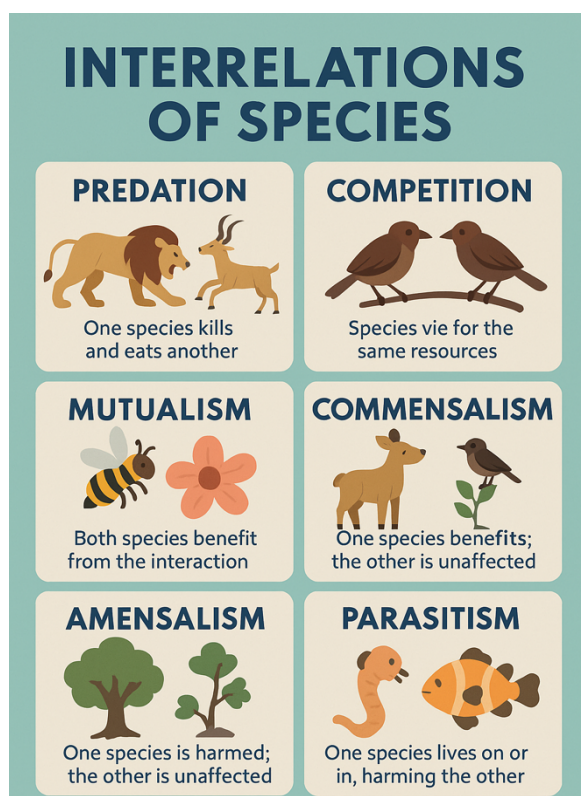


Figure 8. Ecological interspecific relationships. (Chen, Wang, & Liu, 2024; González-del-Pliego et al., 2024).

2.3 Ecosystem diversity: types, functions, and resilience

Ecosystem diversity (Figure 9) refers to the variety of habitats and landscapes (forests, wetlands, reefs, savannas, agroecosystems, among others) and their spatial and temporal heterogeneity; this diversity creates a “portfolio” of environmental conditions and processes that buffer disturbances and sustain multiple ecological functions and services at different scales. In climate and disaster risk management, ecosystem-based approaches show that diverse, interconnected mosaics increase socio-ecological resilience to floods, heat waves, and storms (Mukherjee & Shaw, 2021).

In terms of functions, recent evidence indicates that multifunctionality (e.g., productivity, nutrient cycling, water regulation, and carbon storage) is better explained by the functional diversity and structural diversity of communities than by species richness alone, especially in complex forests; these dimensions capture the complementarity of traits that enables simultaneous processes (Ouyang et al., 2023). At the global scale, the synthesis of ecosystem service values by biome

destabilize communities depending on the engineering pathway and context. Incorporating these mechanisms improves the prediction of community dynamics and guides function-based management. (Sanders & Frago, 2024).

Species diversity and interactions (Figure 8) are linked to the stability (resistance, resilience, persistence) of ecological systems; recent theoretical advances integrate notions of stability and conditions for coexistence in networks, including higher-order interactions. At the same time, empirical assessments suggest that the importance of a species for “stitching” the network does not always coincide with its threat status, highlighting the need to conserve key interactions in addition to species. Together, these findings connect classification, metrics, and ecological relationships with conservation and adaptive management decisions. (Chen, Wang, & Liu, 2024; González-del-Pliego et al.,

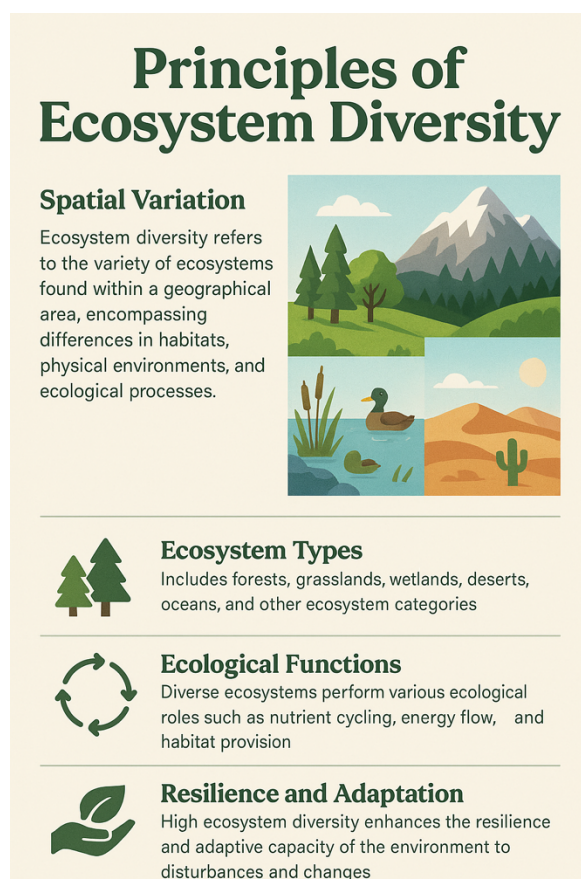


Figure 9. Ecosystem diversity.

confirms the economic magnitude of these functions and their relevance for decision-making (Brander et al., 2024).

The resilience of ecosystems—their ability to withstand and recover—increases with underlying biological diversity and ecological connectivity between patches. Long-term experiments in grasslands show that biodiversity–stability relationships strengthen over time via greater asynchrony and complementarity between species (Wagg et al., 2022). At the same time, integrating connectivity into spatial planning helps sustain flows of organisms and processes, reducing the risk of functional collapse in the face of global change (Beger et al., 2022).

In short, preserving the diversity of ecosystem types, their functions, and the connectivity that links them is a key strategy for building resilience and maintaining critical ecosystem services. Practical management combines restoration and nature-based solutions at the landscape scale with multifunctionality and service value metrics to guide priorities and avoid net losses (Mukherjee & Shaw, 2021; Brander et al., 2024).

2.4 Interconnection between the three levels of biodiversity

The interconnection between levels (Figure 10) of biodiversity—genetic, species, and ecosystem—describes a coupled system where genetic variation sustains species differentiation and persistence, and habitat and landscape diversity create the contexts that maintain that variability over time. Connectivity between patches and ecosystems not only favors the movement of organisms and flows of matter/energy, but also gene exchange that preserves the adaptive capacity of populations (Beger et al., 2022). At the same time, the composition and structure of communities determine how functions and services are expressed at the ecosystem scale (van der Plas et al., 2023).

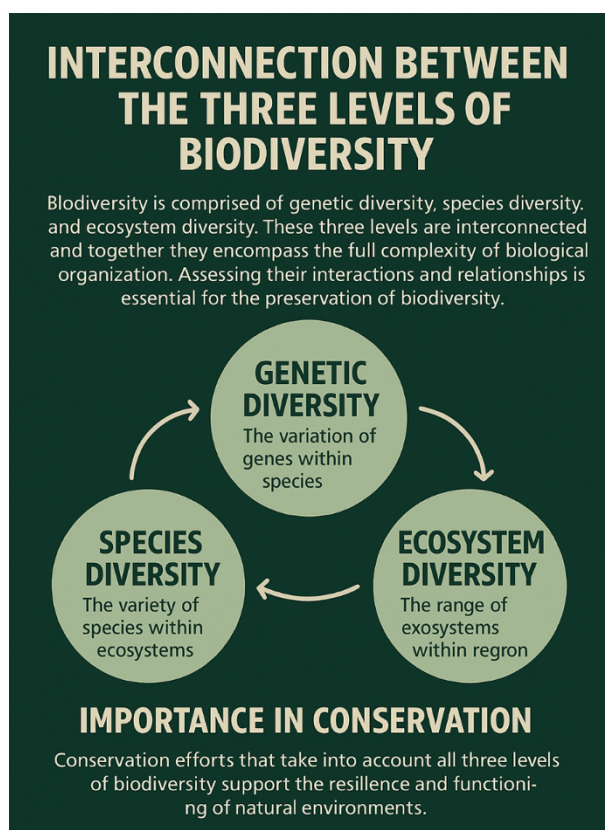


Figure 10. Interconnection Between Biodiversity

From the genetic to the species level, allelic diversity enables rapid adaptive responses—often polygenic—to environmental changes, preventing population collapses and sustaining coexistence in dynamic communities (Ament-Velásquez et al., 2022). When diversity is eroded by drift and inbreeding, genetic load increases and fitness decreases, reducing the probability of evolutionary rescue and increasing the risk of local extinction; managing this load is therefore an explicit goal of species conservation (Dusseux et al., 2023).

From the species to the ecosystem level, richness and evenness—along with functional and phylogenetic identity—modulate stability and functioning through redundancy and asynchrony in responses to disturbances. Long-term experimental evidence shows that biodiversity–stability relationships strengthen over time, increasing community resilience (Wagg et al., 2022). However, the relationship

between β -diversity (compositional turnover) and functioning is not universal: it depends on assembly mechanisms and environmental gradients, requiring contextual diagnostics (van der Plas et al., 2023).

From the ecosystem level back to the genetic level, habitat diversity and connectivity determine effective sizes, dispersal rates, and gene mixing; consequently, they influence adaptive potential and the probability of speciation or local differentiation. Spatial planning that integrates connectivity and representativeness reduces isolation, maintains ecological processes, and reinforces the virtuous circle of genes–species–ecosystems that underpins socioecological resilience (Beger et al., 2022).

3. Ecological Succession and Community Dynamics

Ecological succession (Figure 11) is the process by which biological communities change in structure and composition over time following a disturbance or on a new substrate, leading to more stable and diverse states in ecosystems. This phenomenon is inseparable from community dynamics, which encompasses how new species assemble, how they interact with each other and the environment, and how biodiversity, abundance, and resilience vary over time (Godoy, Soler-Toscano, Portillo & Langa, 2024). Factors such as stochastic processes (random seed deposition, ecological drift), environmental filters, and biotic interactions play decisive roles in this community assembly (Wang et al., 2024). In addition, the emergence of functional traits and dispersal limitations influence the successional trajectory, generating variability between sites even under similar conditions. In a context of global change, succession and community dynamics are central to understanding ecosystem recovery, species conservation, and the functional stability of ecosystems.

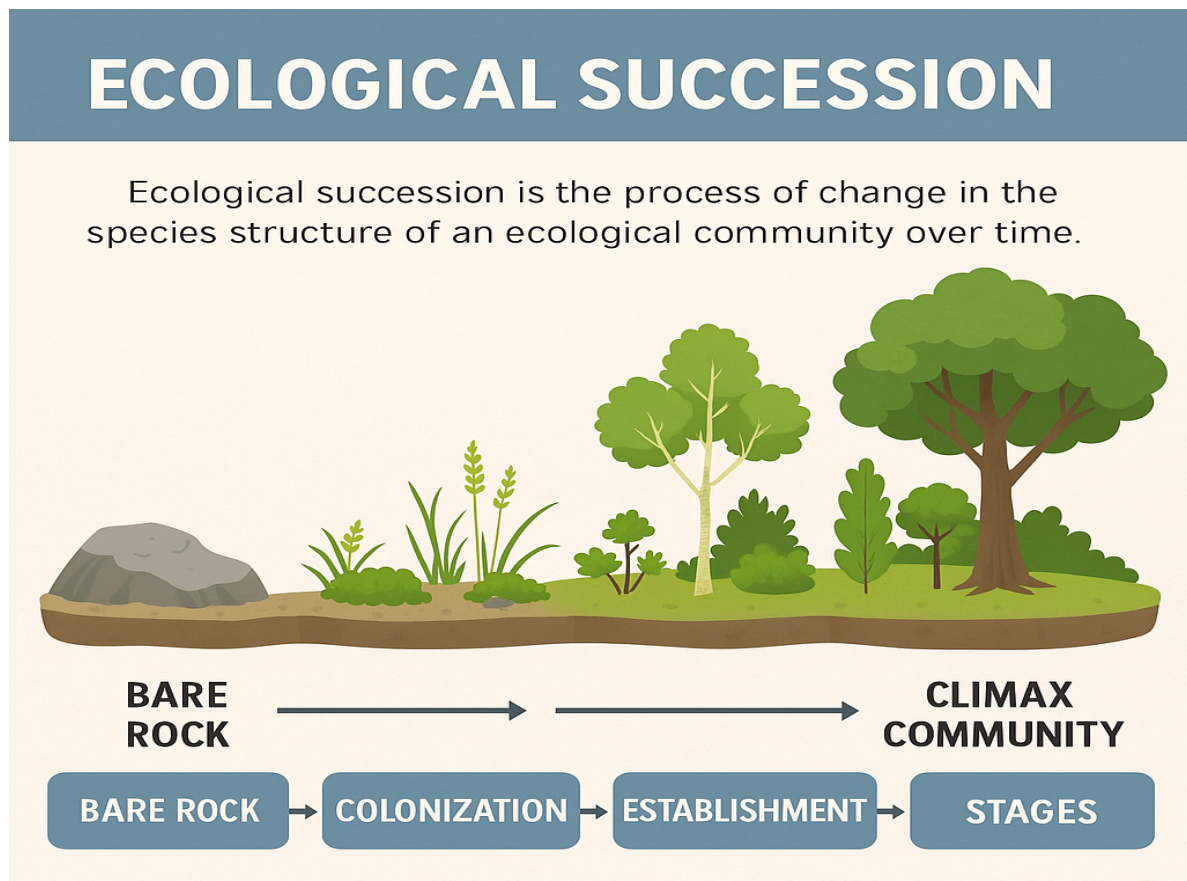


Figure 11. Ecological Succession Process

3.1 Types of succession: primary and secondary

Primary succession (Figure 12) occurs in environments that previously had no life or functional organic soil—for example, rocky surfaces newly exposed by glaciers, lava flows, or mineral deposits—where pioneer organisms (such as lichens, mosses, cyanobacteria) initiate soil formation through the accumulation of organic matter, weathering, and the establishment of microorganisms. This process is slow, as each stage depends on gradual environmental changes that allow species that are increasingly demanding in terms of nutrients and protection to establish themselves. Studies on the functional traits of pioneer microbes have shown that colonization capacity (dispersion), tolerance to abiotic stress, and the ability to fix nitrogen or capture nutrients in extreme conditions are key in these early stages of primary succession.

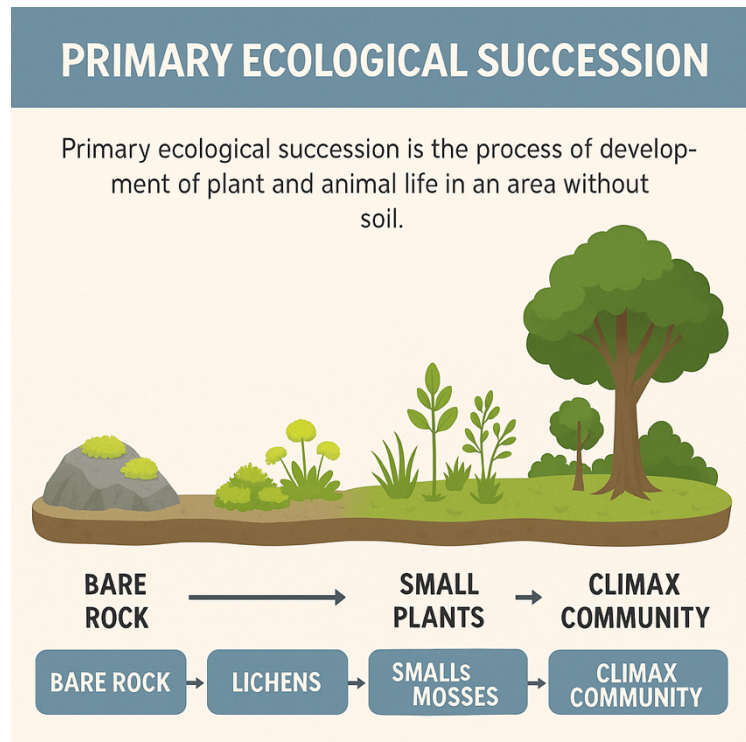


Figure 12. Primary Ecological Succession Process

Secondary succession (Figure 13) occurs in sites where soil is already present after a disturbance that removes part of the biota but leaves the substrate intact: fires, logging, agricultural abandonment, hurricanes, etc. Since seeds, dormant roots, and soil microorganisms remain, the

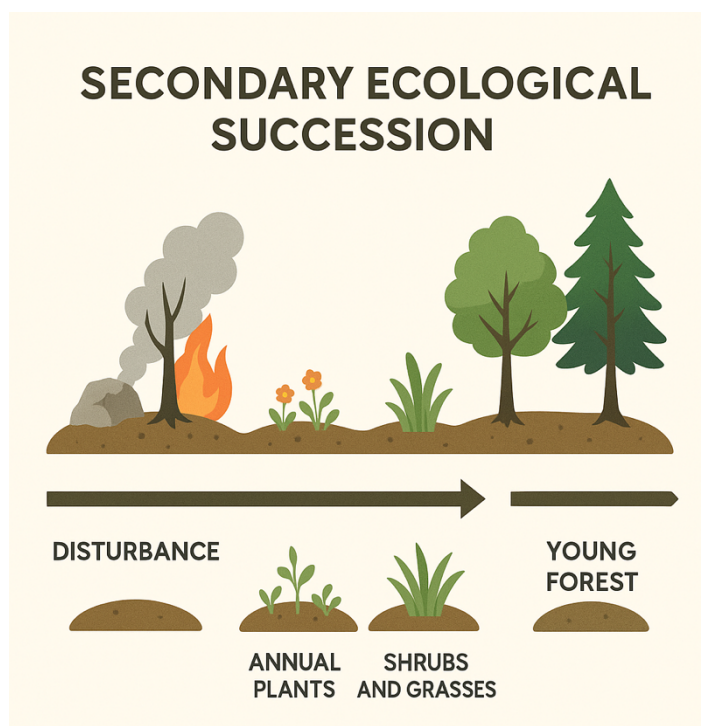


Figure 13. Secondary Ecological Succession Process

processes of recolonization, biomass recovery, and diversity are faster than in primary succession. A recent example is the study by Poorter et al. (2021), which analyzed more than a thousand plots of secondary forest in the Neotropical tropics and found that the average functional values of the community (wood density, specific leaf area, nutritional content) evolve relatively quickly as succession ages, approaching the values of mature forests.

The differences between primary and secondary forests relate not only to the starting point (existence or absence of soil, presence of residual biota), but also to the ecological trajectory and

dominant mechanisms. In primary succession, facilitation and external dispersal tend to play a more critical role: the first colonizers modify abiotic conditions (e.g., partial shade, moisture retention, accumulation of organic matter) to allow the arrival of more specialized species. In secondary succession, soil heterogeneity, the availability of seed reservoirs, competition between remnant and new colonizing species, and nutrient limitation strongly influence how recovery progresses.

Although both types of succession share the goal of approaching a climax community or a functional steady state, the time scales, pathways, and outcomes can vary greatly. In primary succession, changes can take decades to centuries to achieve complex structures and ecological stability; in secondary succession, forests can recover much of their biomass, diversity, and ecological functions within a few decades, provided there are no new severe disturbances. The study by Poorter et al. (2021) showed that, in tropical rainforests, some functional characteristics converge with mature forests already in the middle stages of secondary succession, although others (such as drought tolerance and wood density) may require longer periods to fully stabilize.

The mechanisms differ between types, but they share key processes: colonization, facilitation/competition, and abiotic and biotic filters. In secondary succession, plant–soil microbiota feedbacks change with successional stage and can reverse their effect (from negative to positive) on establishment, explaining why certain species dominate early stages and others late stages; this framework integrates disturbance legacies and community trajectories. Recent syntheses reexamine succession with temporal β -diversity metrics, connecting compositional reorganization with demographic processes (recruitment, growth, mortality) and highlighting that the directionality and speed of change vary with stage, disturbance type, and climate. In boreal forests, a critical review emphasizes that, despite increasing stochasticity under climate change, succession dynamics remain largely deterministic and predictable when legacies and disturbance regimes are incorporated, with direct implications for restoration and adaptive management.

3.2 Factors influencing succession

Abiotic factors, such as climate, nutrient availability, and soil conditions (pH, moisture, physical structure), are initial determinants in ecological succession. For example, studies of microbial communities indicate that soil carbon, nitrogen, and moisture content play a central role in determining which species dominate at different stages of succession. Similarly, a study of tropical forests found that the differentiation of ecological strategies of woody species at different stages of succession is linked to variations in soil fertility and precipitation. These abiotic conditions act as environmental filters, against which only species with certain tolerances can establish themselves, persist, or achieve dominance.

Another key factor is the dispersal and availability of colonizers. Proximity to seed sources, dispersal capacity (by wind, animals, water), seed size, and seed bank persistence affect which species arrive first in the disturbed area. In environments where the sediment or soil is new (such as after glacier retreat), the first species (pioneers) are usually those with high dispersal rates and rapid growth; their establishment can modify the physical environment, facilitating or restricting the arrival of successive species. Biotic interactions between species—competition, facilitation, predation, parasitism, mutualism—also modulate how succession progresses. A study of microbial communities in arid ecosystems suggests that interactions between microorganisms have a greater influence than direct environmental factors or geographical distance in structuring the community.

In plant succession, it has been observed that initial species can modify the microclimate (e.g., shading, moisture retention), which can facilitate the colonization of species that are less tolerant to abiotic stress; the opposite occurs when pioneer species compete for resources and exclude others. Stochastic factors (randomness) and disturbances (natural or anthropogenic) strongly influence both the rate and trajectory of succession. Processes such as ecological drift, dispersal limitations, random climate variability, fires, floods, avalanches, or human disturbances can alter the expected direction of succession. In addition, global warming can change the relative importance of deterministic processes (such as environmental filtering) versus stochastic processes, modifying both which species can establish themselves and how quickly they do so.

3.3 Succession and climax models

Ecological succession is a dynamic process whereby biological communities change over time, from pioneer stages to more complex and stable communities. Classic succession models—facilitation, inhibition, and tolerance—remain relevant for understanding how some species modify environmental conditions by favoring, restricting, or being neutral to the establishment of others. Recent studies indicate that these models are not mutually exclusive, but rather coexist in a complementary manner in different ecosystems and time scales (Li et al., 2022). The concept of ecological climax refers to the final state of equilibrium toward which succession tends under stable environmental conditions. However, current research highlights that this climax is not a fixed point, but a dynamic state subject to variations in climate, soils, and recurrent disturbances. Thus, the notion of climax is redefined as a flexible condition that reflects both the resilience of the community and its ability to adapt to global changes (Dejene et al., 2021).

In boreal and temperate forests, functional and phylogenetic diversity has been shown to increase progressively during succession, modifying biotic interactions and the community's resilience potential. This pattern suggests that the complexity of community assemblages at climax does not depend solely on elapsed time, but also on environmental and anthropogenic factors that shape the successional trajectory (Chai et al., 2021). These findings support models of succession where climax states are multiple and contextual, rather than unique and universal.

Recent research on aquatic and terrestrial ecosystems shows that successional progress and approach to a climax can be predicted using models that integrate abiotic factors—such as nutrients, radiation, and temperature—with biotic interactions. These approaches suggest that climax can be better understood as a dynamic balance between internal ecological processes and external pressures (Graco-Roza et al., 2021; Krause et al., 2022). Contemporary succession theory therefore recognizes the importance of environmental variability and uncertainty as essential components in the definition of climax.

3.4 Role of succession in ecological restoration

Ecological succession provides an operational framework for restoration because it describes how communities and their functions change after a disturbance, allowing decisions to be made about when to “let nature take its course” and allow natural regeneration to occur, and when to intervene. In landscapes where there are intact sources of propagules and functional processes, secondary succession can restore key interactions and ecosystem services at relatively low cost; For example, restoring seed dispersal by wildlife during passive regeneration speeds up species turnover and convergence toward mature forests (Estrada-Villegas et al., 2023; Lohbeck et al., 2021). In contrast, when there are “bottlenecks”—propagule limitations, impoverished soils, herbivory, or frequent disturbances—it is necessary to combine plantings, enrichments, or applied nucleation

to redirect successional trajectories (Fischman et al., 2024; Procknow et al., 2025).

The decision between passive and active restoration depends on the socio-ecological context and explicit goals. A landscape analysis showed that, in the Carpathians, passive forest expansion covered large areas and complemented active actions, suggesting more cost-effective mixed portfolios (Hartup et al., 2022). In subtropical forests, successional gradients are reflected in soil recovery (structure, C and N, microbial biomass), which are sensitive indicators for monitoring progress toward more functional states. Tools such as natural succession indices allow sites to be prioritized and investments to be reallocated according to “successional potential” under different climates (Gui et al., 2025).

Integrating ecological theory improves design: hierarchical facilitation, biodiversity-function theory, and dispersal models help select “nodal” species (nurse pioneers, dispersers, engineers) and sequence interventions to accelerate trajectories (Silliman et al., 2024; Allison, 2023). In coastal dunes, for example, planting a stress-buffering pioneer can increase the growth and establishment of the climax species, provided that disturbance dynamics allow it (Fischman et al., 2024). Finally, recent standards and syntheses emphasize that success is evaluated as progress along multiple trajectories, measured with vegetation and soil indicators, and adaptively adjusted to local constraints and biodiversity and resilience objectives (Florentine et al., 2023; Procknow et al., 2025; Lohbeck et al., 2021).

4. Conclusions

Biodiversity is central to environmental engineering, as it ensures the provision of fundamental ecosystem services such as water regulation, air quality, and soil fertility. In this professional field, understanding biodiversity patterns allows for the design of projects that not only mitigate environmental impacts but also strengthen the resilience of ecosystems in the face of climate change and anthropogenic pressure. In this way, environmental engineering becomes a discipline that integrates biological knowledge with the design of sustainable solutions.

Genetic, species, and ecosystem diversity are pillars of environmental planning, as they ensure the adaptability of living systems in the face of disturbances. For environmental engineers, recognizing these scales of diversity is key when assessing impacts, proposing compensation measures, and designing management plans that maintain or restore ecological integrity. Thus, environmental management takes on a holistic vision that recognizes the interdependence between levels of biological diversity.

Ecological succession and community dynamics offer an invaluable theoretical and practical framework for the restoration of degraded areas. From an environmental engineering perspective, applying these concepts allows us to project the future evolution of intervened ecosystems, estimate their recovery capacity, and select active or passive restoration strategies. Furthermore, understanding how communities are structured over time is essential for designing interventions that promote resilience and reduce maintenance costs in restoration projects.

Finally, integrating biodiversity and succession approaches into environmental engineering strengthens the capacity to meet the challenges of sustainable development. By incorporating these tools, environmental engineers not only protect natural systems, but also provide innovative solutions that balance human well-being with ecological conservation. In conclusion, these topics are not only academic fundamentals, but strategic components for professional practice, environmental decision-making, and the construction of more sustainable societies.

Funding: The author fully funded the study.

Conflicts of interest: The author declare that they have no conflicts of interest.

References:

- Ament-Velásquez, S. L., Gilchrist, C., Rêgo, A., Bendixsen, D. P., Brice, C., Grosse-Sommer, J., Rafati, N., & Stelkens, R. (2022). The dynamics of adaptation to stress from standing genetic variation and de novo mutations. *Molecular Biology and Evolution*, 39(11), msac242. <https://doi.org/10.1093/molbev/msac242>
- Beger, M., Metaxas, A., Balbar, A. C., McGowan, J. A., Daigle, R., Kuempel, C. D., Treml, E. A., & Possingham, H. P. (2022). Demystifying ecological connectivity for actionable spatial conservation planning. *Trends in Ecology & Evolution*, 37(12), 1079–1091. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2022.09.002>
- Brander, L. M., de Groot, R., Schägner, J. P., Guisado-Gofi, V., van 't Hoff, V., McVittie, A., ... Sinclair, M. (2024). Economic values for ecosystem services: A global synthesis and way forward. *Ecosystem Services*, 66, 101606. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2024.101606>
- Bridges, T. S., et al. (2021). *Engineering With Nature: An Atlas, Volume 2*. U.S. Army Corps of Engineers. (Libro de casos de ingeniería con naturaleza).
- Cares, E., et al. (2023). Investigating the implementation of the mitigation hierarchy approach in EIA. *Environmental Impact Assessment Review*, 98, 106963. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2023.106963>
- Chen, C., Wang, X., & Liu, Y. (2024). Stability of ecological systems: A theoretical review. *Physics Reports*, 1088, 1–41. <https://doi.org/10.1016/j.physrep.2024.08.004>
- Chapman, M., Xu, L., Lapeyrolerie, M., & Boettiger, C. (2023). Bridging adaptive management and reinforcement learning for more robust decisions. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 378(1881), 20220195. <https://doi.org/10.1098/rstb.2022.0195>
- Claeson, S. M., LeRoy, C. J., Finn, D. S., Stancheva, R. H., & Wolfe, E. R. (2021). Variation in riparian and stream assemblages across the primary succession landscape of Mount St. Helens, U.S.A. *Freshwater Biology*, 66(5), 1002–1017. <https://doi.org/10.1111/fwb.13694>
- Dias, A. M. S., Cook, C., Massara, R. L., & Paglia, A. P. (2022). Are Environmental Impact Assessments effectively addressing the biodiversity issues in Brazil? *Environmental Impact Assessment Review*, 95, 106777. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2022.106777>
- Droste, N., Alkan Olsson, J., Hanson, H., Knaggård, Å., Lima, G., Lundmark, L., Thoni, T., & Zelli, F. (2022). A global overview of biodiversity offsetting governance. *Journal of Environmental Management*, 316, 115231. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.115231>
- Dussex, N., Morales, H. E., Grossen, C., Dalén, L., & van Oosterhout, C. (2023). Purging and accumulation of genetic load in conservation. *Trends in Ecology & Evolution*, 38(10), 961–969. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2023.05.008>
- Giakoumi, S., et al. (2025). Advances in systematic conservation planning to meet global biodiversity goals. *Trends in Ecology & Evolution*. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2024.12.002>
- Estrada-Villegas, S., Stevenson, P. R., López, O., DeWalt, S. J., Comita, L. S., & Dent, D. H. (2023). Animal seed dispersal recovery during passive restoration in a forested landscape. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 378(1867), 20210076. <https://doi.org/10.1098/rstb.2021.0076>
- Fischman, H. S., Cromwell, C. W., Morton, J. P., Temmink, R. J. M., van der Heide, T., Adams, P. N., & Angelini, C. (2024). Leveraging successional facilitation to improve restoration of foundational dune grasses. *Restoration Ecology*, 32(7), e14207. <https://doi.org/10.1111/rec.14207>
- Florentine, S., Gibson-Roy, P., Dixon, K. W., & Broadhurst, L. (Eds.). (2023). *Ecological Restoration: Moving Forward Using Lessons Learned*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-031-25412-3>
- Ferreira, C. S. S., Kalantari, Z., Hartmann, T., & Pereira, P. (Eds.). (2021/2023). *Nature-Based Solutions for Flood Mitigation*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-77505-6>
- Fuhrmann, N., Prakash, C., & Kaiser, T. S. (2023). Polygenic adaptation from standing genetic variation allows rapid ecotype formation. *eLife*, 12, e82824. <https://doi.org/10.7554/eLife.82824>

- González-del-Pliego, P., Galiana, N., González-Trujillo, J. D., Mestre, F., Bastazini, V. A. G., & Araújo, M. B. (2024). Are threatened species important for glueing interaction networks together? *Perspectives in Ecology and Conservation*, 22(4), 342–347. <https://doi.org/10.1016/j.pecon.2024.11.003>
- Gui, W., Wen, Q., Dong, W., Ran, X., Yang, X., Zou, G., & Kong, D. (2025). Using natural vegetation succession to evaluate how natural restoration proceeds under different climate in Yunnan, Southwest China. *PLOS ONE*, 20(3), e0319420. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0319420>
- Habibullah, M. S., Din, B. H., Tan, S.-H., & Zahid, H. (2021). Impact of climate change on biodiversity loss: global evidence. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(1), 1073–1086. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-15702-8>
- Hartup, J., Ockendon, N., & Pettorelli, N. (2022). Active versus passive restoration: Forests in the southern Carpathian Mountains as a case study. *Journal of Environmental Management*, 322, 116003. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.116003>
- Hassan, S., Sabreena, Ganjee, S. A., Yaseen, A., Zaman, M., Jalil Shah, A., & Ganai, B. A. (2023). Unraveling the potential of environmental DNA for deciphering recent advances in plant–animal interactions: A systematic review. *Planta*, 258, 117. <https://doi.org/10.1007/s00425-023-04267-0>
- Hua, F., Bruijnzeel, L. A., et al. (2022). Forest restoration is being scaled-up globally to deliver critical ecosystem services and biodiversity benefits, yet we lack rigorous comparison of co-benefit delivery across different restoration approaches. *Science*. (Detalles del volumen y número). <https://doi.org/10.1126/sciadv.abl9885>
- Kiesecker, J. M., et al. (2023). Aligning ecological compensation policies with the Post-2020 Global Biodiversity Framework. *Conservation Science and Practice*. <https://doi.org/10.1111/csp2.12859>
- Lang, I., et al. (2022). Environmental DNA analysis as an emerging non-destructive method for plant biomonitoring. *AoB PLANTS*, 14(4), plac031. <https://doi.org/10.1093/aobpla/plac031>
- Lang, I., Bálint, M., & Schmitt, I. (2022). Environmental DNA analysis as an emerging non-destructive method for plant biomonitoring. *AoB PLANTS*, 14(4), plac031. <https://doi.org/10.1093/aobpla/plac031>
- Liu, Q., & Zhao, W. (2023). Plant–soil microbe feedbacks drive seedling establishment during secondary forest succession: The successional stage hypothesis. *Journal of Plant Ecology*, 16(6), rtad021*. <https://doi.org/10.1093/jpe/rtad021>
- Lohbeck, M. W. M., Rother, D. C., & Jakovac, C. C. (2021). Editorial: Enhancing natural regeneration to restore landscapes. *Frontiers in Forests and Global Change*, 4, 735457. <https://doi.org/10.3389/ffgc.2021.735457>
- Lindner, J. P., Eberle, U., Knuepfer, E., & Coelho, C. R. V. (2021). Moving beyond land use intensity types: Assessing biodiversity impacts using fuzzy thinking. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 26, 1338–1356. <https://doi.org/10.1007/s11367-021-01899-w>
- Lynch, A. J., Thompson, L. M., Morton, J. M., Beever, E. A., Clifford, M., Limpinsel, D., ... Wilkening, J. L. (2021). RAD adaptive management for transforming ecosystems. *BioScience*, 72(1), 45–56. <https://doi.org/10.1093/biosci/biab091>
- Mallet, J., Dapporto, L., Tobler, A., & Papadopoulos, A. (2022). Species, concepts of. In *Encyclopedia of Biodiversity* (2.^a ed.). Elsevier/Academic Press. (Capítulo de libro).
- Marshall, E., Southwell, D., Wintle, B. A., & Kujala, H. (2021). A global analysis reveals a collective gap in the transparency of offset policies and how biodiversity is measured. *Conservation Letters*, 17(1), e12987. <https://doi.org/10.1111/conl.12987>
- Matsuo, T., Hiura, T., & Onoda, Y. (2022). Vertical and horizontal light heterogeneity along gradients of secondary succession in cool- and warm-temperate forests. *Journal of Vegetation Science*, 33(3), e13135. <https://doi.org/10.1111/jvs.13135>
- Mukherjee, M., & Shaw, R. (Eds.). (2021). *Ecosystem-Based Disaster and Climate Resilience: Integration of Blue-Green Infrastructure in Sustainable Development*. Springer Nature. <https://doi.org/10.1007/978-981-16-4815-1>
- Nakadai, R., & Suzuki, S. N. (2025). Ecological succession revisited from a temporal beta-diversity perspective. *Forest Ecology and Management*, 580, 122504. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2025.122504>

- Newing, H., Fisher, M., Brittain, S., Kenrick, J., & Milner-Gulland, E. J. (2023). How can we advance equitable, rights-based conservation? *Oryx*, 57(3), 273–274. <https://doi.org/10.1017/S0030605323000418>
- Nordstrom, S. W., Hufbauer, R. A., Olazcuaga, L., Durkee, L. F., & Melbourne, B. A. (2023). How density dependence, genetic erosion and the extinction vortex impact evolutionary rescue. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 290, 20231228. <https://doi.org/10.1098/rspb.2023.1228>
- Ouyang, S., Gou, M., Lei, P., Liu, Y., Chen, L., Deng, X., ... Xiang, W. (2023). Plant functional trait diversity and structural diversity co-underpin ecosystem multifunctionality in subtropical forests. *Forest Ecosystems*, 10(1), 100093. <https://doi.org/10.1016/j.fecs.2023.100093>
- Paz, A., Crowther, T. W., & Maynard, D. S. (2024). Functional and phylogenetic dimensions of tree biodiversity reveal unique geographic patterns. *Global Ecology and Biogeography*, 33(9), e13877. <https://doi.org/10.1111/geb.13877>
- Plumptre, A. J., Butchart, S. H. M., von Staden, L., Smith, R. J., Matimele, H., Starnes, T., Brooks, T. M., et al. (2023). Key Biodiversity Areas are proving useful for spatial planning if the criteria are applied correctly. *Perspectives in Ecology and Conservation*, 21(3), 263–264. <https://doi.org/10.1016/j.pecon.2023.07.001>
- Procknow, D., Rovedder, A. P. M., Balestrin Piaia, B., Camargo, B., Stefanello, M. de M., ... & Fochink, G. D. (2025). Temporal monitoring of ecological restoration by applied nucleation: A case study in the Pampa, southern Brazil. *Ecological Engineering*, 212, 107490. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2024.107490>
- Raza, S., et al. (2023). Applications of environmental DNA (eDNA) in agricultural systems: Opportunities and challenges. *Science of the Total Environment*, 859, 160076. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.160076>
- Robinson, J. G., LaBruna, D., O'Brien, T., Clyne, P. J., Dudley, N., Andelman, S. J., et al. (2024). Scaling up area-based conservation to implement the Global Biodiversity Framework's 30×30 target: The role of Nature's Strongholds. *PLOS Biology*, 22(5), e3002613. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.3002613>
- Rockström, J., Gupta, J., Qin, D., Lade, S. J., Abrams, J. F., Andersen, L. S., ... Zimm, C. (2023). Safe and just Earth system boundaries. *Nature*, 619, 495–505. <https://doi.org/10.1038/s41586-023-06083-8>
- Sanders, D., & Frago, E. (2024). Ecosystem engineers shape ecological network structure and stability: A framework and literature review. *Functional Ecology*, 38(8), 1683–1699. <https://doi.org/10.1111/1365-2435.14608>
- Saleh, Mohammed, Huthaifa I. Ashqar, Raed Alary, Esma Mahfouf Bouchareb, Raouf Bouchareb, Nadir Dizge, and Deepanraj Balakrishnan. 2024. "Chapter 5 – Biodiversity for Ecosystem Services and Sustainable Development Goals." Pp. 81–110 in, edited by K. Singh, M. C. Ribeiro, and Ö. B. T.–B. and B. Calicioglu. Elsevier.
- Sexton, J. P., Clemens, M., Bell, N., Hall, J., Fyfe, V., & Hoffmann, A. A. (2024). Patterns and effects of gene flow on adaptation across spatial scales: Implications for management. *Journal of Evolutionary Biology*, 37(6), 732–745. <https://doi.org/10.1093/jeb/voae064>
- Silliman, B. R., Hensel, M. J. S., Gibert, J. P., Daleo, P., Smith, C. S., ... & He, Q. (2024). Harnessing ecological theory to enhance ecosystem restoration. *Current Biology*, 34(9), R418–R434. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2024.03.043>
- Suedel, B. C., Calabria, J., Bilskie, M. V., Byers, J. E., Broich, K., McKay, S. K., Tritinger, A. S., Woodson, C. B., & Dolatowski, E. (2022). Engineering coastal structures to centrally embrace biodiversity. *Journal of Environmental Management*, 323, 116138. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.116138>
- Turner, P. A., Seddon, N., & Green, J. (2022). Biodiversity outcomes of nature-based solutions for climate change mitigation and adaptation. *Frontiers in Environmental Science*, 10, 905767. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.905767>
- van der Plas, F., Hennecke, J., Chase, J. M., van Ruijven, J., & Barry, K. E. (2023). Universal beta-diversity-functioning relationships are neither observed nor expected. *Trends in Ecology & Evolution*, 38(6), 518–528. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2023.01.008>

- Wudu, K., Abegaz, A., Ayele, L., et al. (2023). The impacts of climate change on biodiversity loss and its remedial measures using nature-based conservation approach: a global perspective. *Biodiversity and Conservation*, 32(12), 3681–3701. <https://doi.org/10.1007/s10531-023-02656-1>
- Wagg, C., Rottstock, T., Schmid, B., & Eisenhauer, N. (2022). Biodiversity–stability relationships strengthen over time in a long-term grassland experiment. *Nature Communications*, 13, 7755. <https://doi.org/10.1038/s41467-022-35189-2>
- Wang, X., et al. (2023). How would ecological restoration affect multiple ecosystem service trade-offs? A mine tailings case study. *Ecological Indicators*, 149, 110181. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.110181>
- Yang, Q., Liu, G., Casazza, M., Gonella, F., & Yang, Z. (2021). Three dimensions of biodiversity: New perspectives and methods. *Ecological Indicators*, 131, 108099. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.108099>
- Zhang, Y., et al. (2023). Advancements in mine closure and ecological reclamation: A bibliometric review. *Mineral Economics*, 3(4), 44. <https://doi.org/10.3390/mineconomia3040044>



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/>