



Green World Journal

ISSN: 2737-6109

Environmental sustainability – changing world



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.

CaMeRa

ISSN: 2737-6109

Volume 7 / Issue 1 / January - April 2024

Green World Journal

Volume 7 / Issue 1 / January – April 2024

Prof. Carlos Mestanza Ramón, Ph.D.

Editor-in-Chief

editor@greenworldjournal.com

Chimborazo Polytechnic School

Riobamba, Ecuador

carlos.mestanza@esPOCH.edu.ec

University of Calabria

Rede, Italy

mstcls88h06z605e@studenti.unical.it

University of Seville

Seville, Spain

cmestanza@us.es

Cover Design : CaMeRa Editorial

Cover Image : CaMeRa Editorial

Editorial Office

Vía Nueva Loja – El Coca Km3 – margen derecho, sector la playa; Nueva Loja, EC210150, Ecuador



© 2024 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/>

CaMeRa
ISSN: 2737-6109

RESEARCH ARTICLE

Oswaldo Muñoz Mariño: El Arte del Viaje en la Formación de un Visionario

Diego Valle Romero 

Universidad Nacional de Chimborazo, EC060104 Riobamba, Ecuador.

✉ Correspondence: dpvr@outlook.com

DOI/URL: <https://doi.org/10.53313/gwj71098>

Resumen: Este artículo analiza el papel transformador de los viajes en la configuración de la trayectoria artística y arquitectónica de Oswaldo Muñoz Mariño. Desde sus primeras inclinaciones artísticas bajo la tutela de Leonardo Tejada hasta los encuentros con figuras influyentes como Frida Kahlo y Josef Albers durante sus extensos viajes, se sigue el desarrollo de Muñoz Mariño. La investigación, llevada a cabo en 2022 mediante archivos familiares y entrevistas, arroja luz sobre los desafíos para acceder a la biografía completa de Muñoz Mariño. La carrera arquitectónica de Muñoz Mariño, marcada por propuestas innovadoras que fusionan tradición y modernidad, enfrentó resistencia social. Además de sus esfuerzos arquitectónicos, contribuyó significativamente a la educación. En conclusión, este estudio subraya cómo los viajes influyeron profundamente en la identidad artística y arquitectónica de Muñoz Mariño, expandiendo sus conocimientos y fomentando conexiones con figuras influyentes.

Palabras clave: Viaje; Formación Artística; Desarrollo Arquitectónico; Oswaldo Muñoz Mariño.

Abstract: This article analyzes the transformative role of travel in shaping the artistic and architectural trajectory of Oswaldo Muñoz Mariño. From his early artistic inclinations under the tutelage of Leonardo Tejada to encounters with influential figures such as Frida Kahlo and Josef Albers during his extensive travels, Muñoz Mariño's development is traced. The research, conducted in 2022 through family archives and interviews, sheds light on the challenges of accessing Muñoz Mariño's complete biography. Muñoz Mariño's architectural career, marked by innovative proposals that fused tradition and modernity, faced social resistance. In addition to his architectural efforts, he contributed significantly to education. In conclusion, this study highlights how travel profoundly influenced Muñoz Mariño's artistic and architectural identity, expanding his knowledge and fostering connections with influential figures.

Keywords: Travel; Artistic Formation; Architectural Development; Oswaldo Muñoz Mariño.



Cita: Valle Romero, D. (2024). Oswaldo Muñoz Mariño: El Arte del Viaje en la Formación de un Visionario. Green World Journal, 7(1), 098.

<https://doi.org/10.53313/gwj71098>

Received: 20/Oct /2023

Accepted: 15/Jan /2024

Published: 06/Feb /2024

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.



© 2024 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

Viajar abre espacios a una nueva forma de vivir y de ser. En este proceso se experimentarán nuevas conexiones con personas y lugares posibilitando sumergirse en diferentes culturas, lo que puede ayudar a ampliar una perspectiva previamente adoptada. Esta actividad contribuirá en la ayuda de aspectos como emocionales, mentales, físicos y espirituales. Viajar presenta diversos beneficios y puede afectar áreas importantes en la vida de quién lo práctica. Permite cambiar la forma de vida cotidiana y conocer nuevas perspectivas culturales y conectar con diferentes personas y lugares. Proporciona un aprendizaje continuo y aumentar la resiliencia ante situaciones difíciles.

El conocimiento artístico se refiere a la comprensión, las habilidades y la experiencia que son específicas de la creación e interpretación del arte. Abarca una amplia gama de áreas, incluidas las técnicas, materiales y procesos utilizados en diferentes formas de arte, así como el contexto histórico, cultural y teórico en el que se crea y experimenta el arte. Ejemplos de conocimiento artístico incluyen la comprensión de la teoría, la composición y la perspectiva del color en la pintura; comprensión de la notación musical, el contrapunto y la armonía en la música; y comprensión de las técnicas de actuación, el arte escénico y el análisis de guiones en teatro. Además, el conocimiento artístico también incluye una comprensión de la importancia cultural y el significado del arte, así como la capacidad de evaluar e interpretar críticamente el arte.

Hay diferentes tipos de conocimiento, por lo que podríamos preguntarle al conocimiento artístico qué tipo de conocimiento es. Aristóteles distinguía entre conocimiento teórico o proposicional, conocimiento práctico y conocimiento técnico: entre saber eso (que el cielo es azul o que la nieve es blanca), saber cómo actuar (cómo devolver un favor, cómo persuadir a alguien) y saber cómo hacerlo (cómo girar un cuenco, cómo escribir un poema). Es evidente que los artistas son hacedores y creadores; Los artistas son personas que saben hacer arte. En cualquier caso: el conocimiento artístico es una especie de saber hacer. Es una habilidad, la capacidad de hacer arte. ¿Pero qué es eso? ¿Qué es arte? Algunos filósofos piensan que este es un problema importante, porque no parece posible definir el arte.

Desde esta perspectiva, el conocimiento artístico parece implicar conocimientos prácticos además de técnicos. Los artistas saben algo importante sobre lo que es ser humano: experimentar alegría, miedo, pérdida y anhelo; tener éxito y fracasar, y lo saben en el sentido de que saben cómo crear cosas que encarnan y expresan sus ideas. Los artistas se conocen a sí mismos de una manera que les permite captar lo universal en lo particular y crear particulares que exhiban universales.

Desde la antigüedad, la arquitectura se ha considerado principalmente un arte visual. Sin embargo, históricamente los edificios también han respondido a otros ámbitos sensoriales. La invención de la imprenta y todos los medios posteriores han fortalecido el papel de la visión en la cultura occidental. La modernidad ha privilegiado especialmente la visión y el tacto suprimido. Por otra parte, la atracción en el aspecto arquitectónico y social juega un papel importante a la hora de atraer a las personas hacia el centro. Los centros urbanos son un escenario constante de cambios y reformas. Sin embargo, la flexibilidad con la que las ciudades –y sus centros polimórficos– crecen y se contraen genera una diversidad de usos y permite que surjan diferentes representaciones y usos culturales. En tales centros, toda la jerarquía de las relaciones de poder, los paisajes políticos, los planes de desarrollo y la demografía cambian rápidamente.

Sin embargo, la arquitectura es esencialmente una forma de arte multisensorial y encarnada. Normalmente pensamos en nuestros cinco sentidos aristotélicos, pero nuestra relación sensorial

con el mundo es mucho más compleja. Considero nuestro sentido existencial como el sentido más importante en la experiencia arquitectónica, porque a través de ese sentido integramos la multitud de sensaciones y las fusionamos en nuestra existencia corporal. En mi opinión, el papel de la visión periférica e inconsciente también es esencial en la percepción espacial, pero apenas ha sido reconocido en la teoría y la práctica arquitectónicas. La tarea principal de la arquitectura sigue siendo defender y fortalecer la integridad y la dignidad de la vida humana, y proporcionarnos un punto de apoyo existencial en el mundo.

Parte de la arquitectura son los lienzos y sus diversas formas para transmitir un sinnúmero de mensajes. La pintura de acuarela es un medio artístico versátil. Puedes utilizar pinturas de acuarela para aplicarlas, sobre todo, desde telas y madera hasta piedra, lienzo y papel. Sin embargo, la mayoría de los artistas profesionales suelen utilizar papel de acuarela para crear pinturas. Durante cientos de años, la pintura con acuarela ha seguido siendo el medio artístico más popular en Asia. Se hizo un lugar en el arte occidental a finales del siglo XVIII y condujo a la Edad de Oro de la pintura con acuarela.

En el tapiz del siglo XX, donde la creatividad y la innovación se entrelazaron en un baile efervescente, la figura de Oswaldo Muñoz Mariño se erige como un faro distintivo en el panorama artístico y arquitectónico ecuatoriano. Este artículo se sumerge en la vida y obra de un hombre cuyo viaje personal y profesional convergieron de manera única, dando forma a su identidad como artista y arquitecto. A través de un meticuloso examen de archivos familiares, entrevistas y recursos digitales como el Archivo Digital de Arquitectura Moderna (ADAM), desentrañamos la rica narrativa de Muñoz Mariño, iluminada por los trazos de su pluma y las líneas de sus pinceles.

Desde sus primeros días en Riobamba, donde el arte se convirtió en el lenguaje de sus emociones, hasta su travesía en México, donde las influencias de Diego Rivera y Frida Kahlo dejaron una marca indeleble, cada capítulo de su vida se entreteje con la urdimbre de sus experiencias de viaje. Este artículo no solo se sumerge en la evolución de sus obras de arte y proyectos arquitectónicos, sino que también explora las complejidades de su visión política, su conexión con luminarias del arte y la fusión poética que caracteriza su narrativa única.

Aunque reconocemos las limitaciones inherentes a la recopilación de datos, nuestro propósito es arrojar luz sobre la trascendencia de Muñoz Mariño como uno de los arquitectos más destacados del Movimiento Moderno en Ecuador. A través de esta exploración, el presente documento tiene por objetivo capturar la esencia de un hombre cuyo viaje a través de lienzos y estructuras arquitectónicas dejó una impronta perdurable, no solo en la historia de la arquitectura ecuatoriana sino en el tejido mismo de nuestra comprensión sobre la intersección entre la experiencia personal y la creación artística y arquitectónica.

2. Metodología

Este estudio se enmarca en una investigación teórico-descriptiva, cuya estructura se ha conformado a través de una rigurosa búsqueda documental. El procedimiento metodológico comprende diversas fases que abarcan desde la indagación hasta el análisis de un conjunto de textos, con el objetivo de arrojar luz sobre la influencia de los viajes en la formación académica y el desarrollo profesional de Oswaldo Muñoz Mariño.

La investigación se ha organizado cuidadosamente en los siguientes pasos. Primero, Se llevó a cabo una exhaustiva búsqueda bibliográfica que abarca las categorías establecidas en el siguiente organizador gráfico (Figura 1). Este enfoque sistemático permitió recopilar información relevante para la construcción de la biografía de Oswaldo Muñoz Mariño. Se consideró esencial

trazar una narrativa que se fundamente en sus lugares de residencia y sus experiencias de viaje, aportando así una visión integral de su formación.

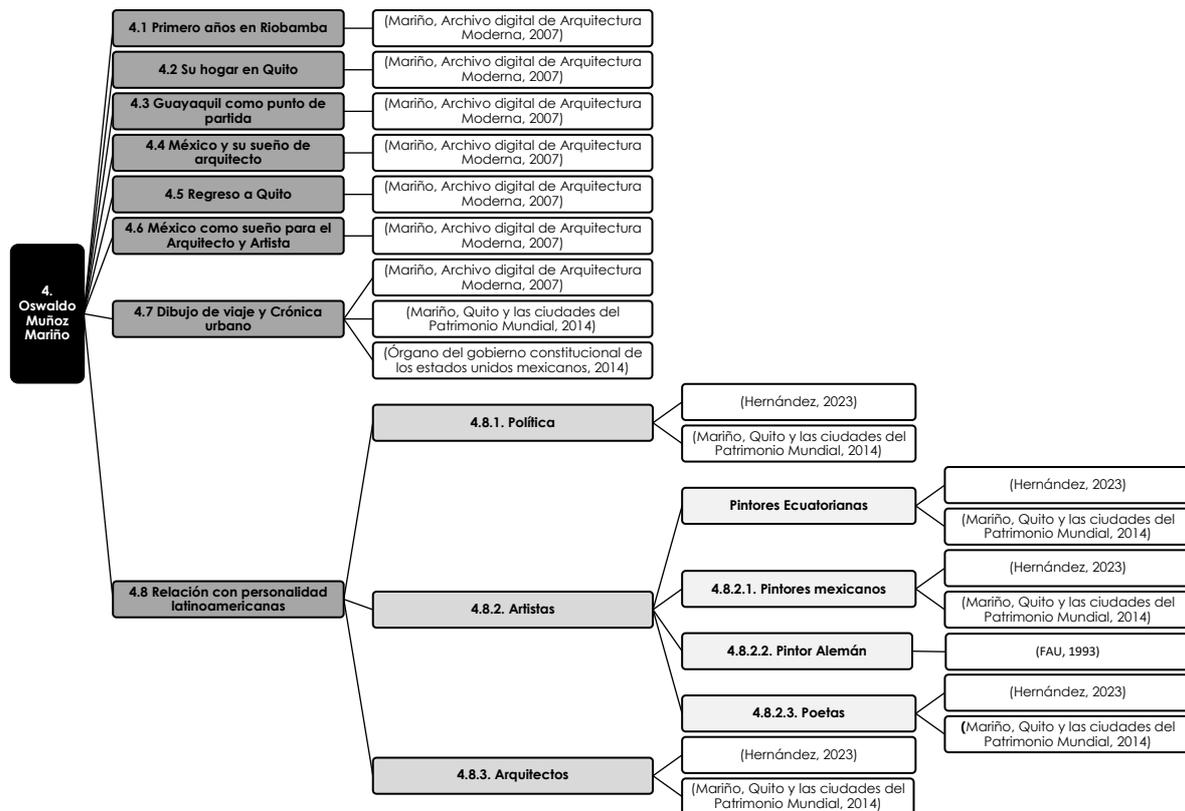


Figura 1. Adaptado de *Metodología del capítulo IV* (p.19), por D. Valle, 2023, <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/11901>

Como Segundo paso, Se dedicó una sección específica para reconocer las influencias derivadas de los viajes en la formación académica y el desarrollo profesional de Muñoz Mariño. Este paso incluyó la identificación de interacciones clave durante sus viajes, destacando conexiones con personalidades del ámbito artístico y arquitectónico. Asimismo, se exploraron las maneras en que estas experiencias influyeron en su pensamiento y práctica, contribuyendo a la construcción de su identidad artística y profesional.

En el tercer paso, una vez recopilados los datos mediante la búsqueda bibliográfica y el reconocimiento de influencias, se procedió a un análisis minucioso y al contraste de los resultados obtenidos. Este enfoque crítico permitió identificar patrones, relaciones causales y discrepancias significativas en la información recopilada. Se prestó especial atención a la coherencia y consistencia de los datos, buscando establecer conclusiones fundamentadas en evidencia sólida.

La utilización de un enfoque metodológico estructurado proporciona una base robusta para la investigación, asegurando la integridad y confiabilidad de los resultados obtenidos. La combinación de búsqueda documental, reconocimiento de influencias y análisis riguroso permite abordar de manera integral la temática propuesta, brindando una visión completa de cómo los viajes moldearon la vida y obra de Oswaldo Muñoz Mariño. Este enfoque metodológico riguroso contribuye a la solidez y credibilidad del presente estudio, ofreciendo una perspectiva valiosa sobre la intersección entre los viajes y la formación de un destacado artista y arquitecto.

3. Resultados

Primera etapa en Riobamba. Desde temprana edad, Oswaldo evidenció su inclinación artística al plasmar un dibujo del automóvil de su progenitor. Este talento llamó la atención del artista Leonardo Tejada, quien, al residir cercano, lo introdujo al mundo de las acuarelas. Así, Oswaldo pintó las letras de álbumes, marcando sus primeros pasos en el arte.

Influencias tempranas y cambio a Quito. A medida que Muñoz Mariño creció, su obra destacó al reflejar la vida rural, tradiciones indígenas y la esencia de Ecuador. La experiencia de su padre enseñando letras durante un levantamiento indígena marcó profundamente su aprecio por esta comunidad. Tras la muerte de su padre a los 14 años, la familia se mudó a Quito, donde, a pesar de desafíos educativos, Oswaldo combinó estudio, trabajo y contribuciones al hogar.

Formación en Quito y Reconocimiento. Establecidos en Quito en 1937, la perseverancia de Oswaldo lo llevó a la atención del alcalde Vallarino y del pintor Guerrero, influyendo significativamente en su desarrollo artístico. Su participación en la creación de "Ecuador en gráficos" y la invitación a exponer en la Casa de la Cultura Ecuatoriana amplificaron su visibilidad.

Experiencia laboral en Guayaquil. Inmerso en el ámbito laboral, Muñoz Mariño contribuyó a proyectos clave como las carreteras Guayaquil–Salinas y Quito–Esmeraldas. Su habilidad en el diseño de edificios se consolidó durante dos años en una oficina de ingenieros. Sin embargo, su verdadera aspiración de estudiar en México persistía.

Realización académica en México. En 1945, con una carta de protección del arquitecto Donoso Barba, cónsul del Ecuador y la recomendación de Benjamín Carrión, Oswaldo viajó a México. Tras demostrar sus habilidades, se integró como dibujante de planos y luego se graduó como arquitecto, dejando una marca con su tesis sobre el plan de la nueva ciudad Potrero de la Cruz.

Regreso y consolidación como artista y arquitecto. De regreso en Ecuador en 1962, Muñoz Mariño enfrentó desafíos en su carrera arquitectónica, especialmente con el controvertido concurso para el Palacio Municipal en Quito. A pesar de desafíos, se consolidó como arquitecto y artista, ganando reconocimiento tanto en Ecuador como en México.

Últimas etapas y legado. En la década de los 70, Muñoz Mariño regresó a Ecuador, enfocándose en la pintura y cerrando su estudio de arquitectura en 1976. A partir de entonces, sus obras se exhibieron internacionalmente, y en 1991 adquirió una casa en Quito que se convirtió en el Museo de Acuarela y Dibujo Muñoz Mariño.

Reconocimientos y fallecimiento. Por su producción artística, Muñoz Mariño recibió el Premio Nacional de Cultura Eugenio Espejo en 1999 y la Condecoración de la Orden Mexicana del Águila Azteca en 2014. Su legado artístico y arquitectónico perdura tras su fallecimiento el 20 de febrero de 2016.

Relación con personalidades destacadas. En la Figura 2 se detalla la relación de Oswaldo Muñoz Mariño con personalidades.

RESEARCH ARTICLE

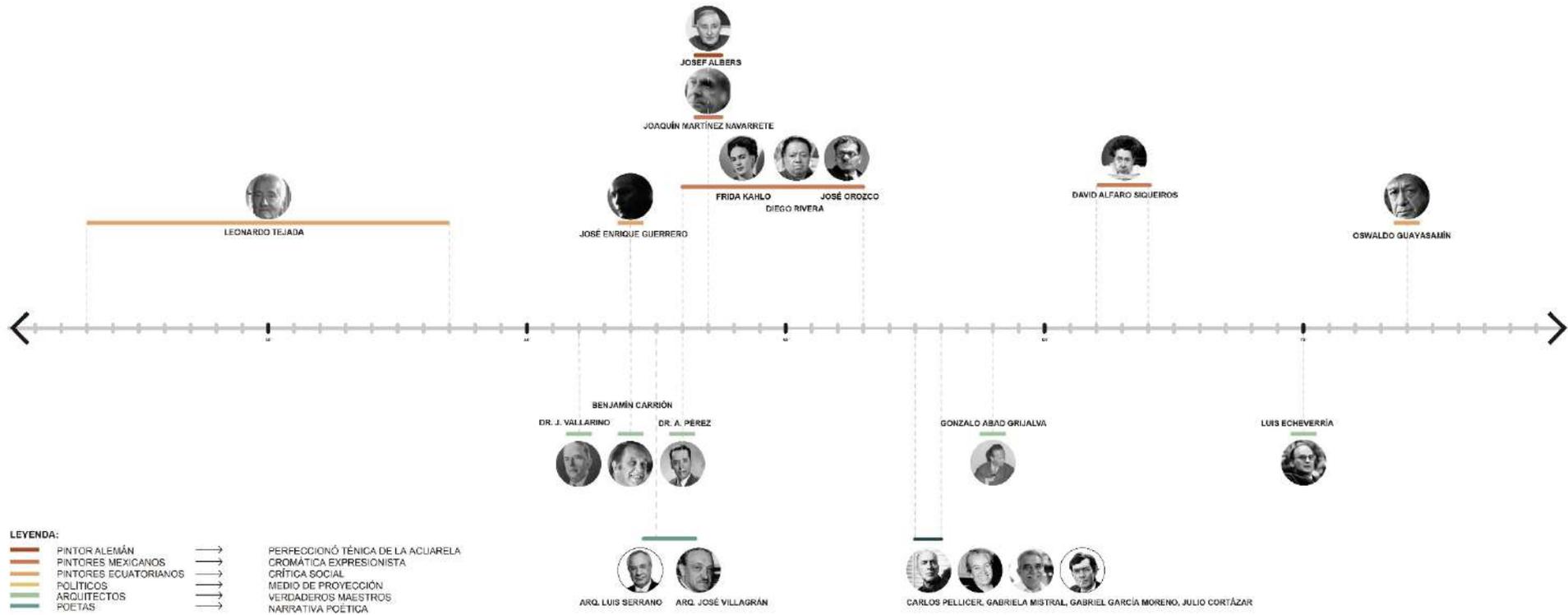


Figura 2. Adaptado de *Resumen Capítulo IV mediante gráfico tipo “línea de tiempo”* (p.70), por D. Valle, 2023, <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/11901>

Política: “Algo importante a destacar de Oswaldo Muñoz Mariño, es que a él nunca le agradó la política, sin embargo, entendía que la política era un medio muy importante para lograr consolidar su producción arquitectónica” (Hernández, 2023). En consecuencia, a lo largo de su vida tuvo muchas relaciones con políticos importantes no solo del Ecuador sino de México.

Entre las personalidades, podemos destacar: Dr. José Vallarino Donoso, Gonzalo Abad Grijalva, Benjamín Carrión, Dr. Alfredo Pérez Guerrero y Luis Echeverría Álvarez

Pintores:

Ecuatorianos: En la formación artística de Oswaldo Muñoz Mariño se debe entender que dentro el círculo de artistas ecuatorianos sí influyó de la producción a nivel de un realismo social o de un debate cultural que lo que buscaba era reivindicar el sentimiento de nacionalidad o pertenencia a una ciudad de origen y por otro lado realizar una crítica social a partir de una producción artística. Entre las personalidades, podemos destacar: Leonardo Tejada, José Enrique Guerrero y Oswaldo Guayasamín

Mexicanos: Fue durante su época universitario cuando gracias a ser hacer ayudantía de cátedra para el maestro de teoría Arq. Villagrán García conoce 3 personajes muy influyentes del muralismo y pintura mexicana. Entre las personalidades, podemos destacar: Frida Kahlo, Diego Rivera, José Clemente Orozco, David Alfaro Siqueiros y Joaquín Martínez Navarrete

Alemán: Oswaldo fue alumno de Josef Albers durante su periodo universitario, el mismo que perfeccionó en el joven la técnica de la acuarela. Una anécdota sobre Albers relatada por Oswaldo Muñoz Mariño dice lo siguiente:

Para ejemplificarle, yo aprendí con Jhosep Albers, en Alemania. Íbamos a hacer pintura al natural en una esquina donde había una casa de color verde, pero nunca debíamos poner en el cuadro el verde veronés, sino otro verde, porque ese verde veronés estaba deformado por la atmósfera, del lado de la luz y del lado de la sombra. Recuerdo que el maestro decía, el que ha pintado con verde veronés dedíquese a tintorero, pero no a arquitecto. Solo era aceptado el que había pintado con otros verdes. ¿Qué quería decir con eso ?, que el aire influye en los colores, deforma los colores y el artista tiene que percibir esa deformación para poder dar realidad al cuadro, porque si no es un cuadro chato. (FAU, 1993)

A partir de la influencia de Albers, Oswaldo incorpora una crónica artística que no es fría, permitiendo una creación con mucho conocimiento de causa.

Poetas: Si bien Oswaldo era una persona apasionada por las letras, su interés radicaba solo en la lectura y no en una producción poética. Esto conllevó a que dentro de su producción arquitectónica Oswaldo incorpore una descripción de cada uno de sus proyectos de forma muy artística lo cual, si permitió crear un registro de sus ideas a la hora de proyectar un objeto arquitectónico, pero al mismo tiempo repercutía de forma negativa en un menosprecio por parte de la comunidad arquitectónica tradicional de la época.

Gracias a que entre 1955 y 1956 Oswaldo participa dentro de un grupo de jóvenes gran colombinos se le da la oportunidad de conocer y relacionarse con personalidades del arte literario entre las cuales estuvieron: Carlos Pellicer, Gabriela Mistral, Gabriel García Márquez y Julio Cortázar.

4. Discusión

El meticuloso análisis realizado arroja luz sobre varios aspectos que han surgido durante la meticulosa exploración de la vida y obra de Muñoz Mariño. Uno de los hallazgos más significativos radica en la interconexión entre los viajes de Muñoz Mariño y sus relaciones interpersonales con destacados artistas y arquitectos. La relevancia de estos encuentros no solo radica en la exposición a nuevas corrientes artísticas y estilos arquitectónicos, sino también en la construcción de una red de influencias que incidió en su identidad artística. El contacto con figuras como Frida Kahlo, Diego Rivera, y Josef Albers, entre otros, se revela como un factor determinante en la diversificación y enriquecimiento de su perspectiva creativa.

Asimismo, la influencia política en la carrera de Muñoz Mariño, aunque inicialmente contraria a sus preferencias personales, demuestra la intrincada relación entre el arte y el entorno político en el que se desenvolvía. Las colaboraciones con personajes como Gonzalo Abad Grijalva y Benjamín Carrión evidencian la necesidad pragmática de establecer alianzas políticas para respaldar sus proyectos arquitectónicos. Esta dimensión añade una capa adicional de complejidad a la comprensión de la formación artística y arquitectónica, destacando la importancia de considerar el contexto sociopolítico en el análisis de la obra de Muñoz Mariño.

En el ámbito arquitectónico, las tensiones surgidas por la aceptación de sus propuestas innovadoras subrayan la constante lucha entre la tradición y la modernidad en su obra. El intento de fusionar la imagen de la ciudad antigua con la arquitectura moderna, especialmente evidente en su participación en el concurso para el nuevo Palacio Municipal de Quito, revela la resistencia a aceptar paradigmas arquitectónicos disruptivos en la época. Este conflicto plantea interrogantes sobre la recepción contemporánea de sus propuestas y la dinámica de cambio en el campo de la arquitectura.

La incorporación de una narrativa poética en sus descripciones arquitectónicas constituye un elemento distintivo de su trabajo, aunque no exento de controversia. Esta decisión de comunicar sus proyectos de manera artística y poética generó una dicotomía entre su expresión creativa y las expectativas convencionales de la arquitectura. La recepción crítica y la desvalorización de su obra en ciertos círculos profesionales plantean cuestionamientos sobre la percepción de la arquitectura como una disciplina puramente técnica y funcional.

La dimensión internacional de la carrera de Muñoz Mariño, marcada por su travesía por México y Alemania, añade otra capa de complejidad a su formación. La exposición a diferentes corrientes arquitectónicas y estilos artísticos en estos destinos influyó directamente en la diversificación de su repertorio creativo. Su experiencia en la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y la interacción con maestros como Josef Albers contribuyeron significativamente a su desarrollo académico y profesional.

En conclusión, la discusión detallada de estos aspectos revela la trama intrincada de factores que contribuyeron a la formación artística y arquitectónica de Oswaldo Muñoz Mariño. Este análisis profundo no solo destaca la complejidad de su legado, sino que también plantea preguntas cruciales sobre la naturaleza evolutiva de la arquitectura, la intersección entre el arte y la política, y la recepción crítica de las propuestas innovadoras en el contexto arquitectónico del siglo XX. La meticulosidad de este estudio proporciona una base sólida para futuras investigaciones que podrían explorar más a fondo estos temas y arrojar nueva luz sobre la interconexión entre la movilidad, la creatividad y el entorno sociopolítico en la formación de artistas y arquitectos.

4. Conclusiones

En primer lugar, queda patente que la influencia de los viajes en la formación de Muñoz Mariño es un factor determinante que permea todas las facetas de su desarrollo artístico y profesional. Desde sus primeros años en Riobamba, donde su talento se gestó bajo la tutela de Leonardo Tejada, hasta su travesía por México y Alemania, donde absorbió las corrientes artísticas y arquitectónicas de vanguardia, cada destino contribuyó a moldear su identidad creativa.

Los viajes no solo fueron geográficos, sino también educativos. La interacción con artistas de renombre como Frida Kahlo, Diego Rivera y José Clemente Orozco en México, así como su periodo de estudio con Josef Albers en Alemania, constituyeron momentos cruciales que influyeron en la evolución de su estilo pictórico y en la aplicación de técnicas innovadoras en su obra arquitectónica. Este entrelazado de experiencias destaca la importancia de la movilidad geográfica y académica como catalizadores del crecimiento artístico.

En el ámbito de la arquitectura, Muñoz Mariño se destacó por su enfoque innovador, fusionando elementos de la ciudad antigua con la modernidad. Sus proyectos, aunque no siempre comprendidos o aceptados por la sociedad arquitectónica de la época, reflejaron su compromiso con la exploración de límites y la creación de un diálogo entre tradición y contemporaneidad. Su participación en concursos y su incursión en el ámbito académico subrayan la diversidad de roles que desempeñó como arquitecto.

La narrativa poética que incorporó en sus descripciones arquitectónicas, aunque novedosa y expresiva, generó tensiones en la recepción crítica de sus contemporáneos. Este aspecto peculiar de su trabajo evidencia la lucha por encontrar una identidad distintiva en un contexto donde las normas académicas y estilísticas prevalecían. Las conclusiones sugieren que, si bien la experimentación y la hibridación pueden enriquecer la práctica artística, también conllevan el desafío de la aceptación dentro de círculos más convencionales.

En el ámbito político, Muñoz Mariño, a pesar de su reticencia inicial hacia la política, reconoció la importancia de establecer lazos políticos para respaldar su carrera arquitectónica. La colaboración con figuras como Gonzalo Abad Grijalva y Benjamín Carrión ilustra la intersección entre el arte y la esfera política, revelando la necesidad pragmática de alinearse con fuerzas que pudieran respaldar sus propuestas arquitectónicas.

Finalmente, las relaciones interpersonales de Muñoz Mariño con otros artistas, pintores, poetas y arquitectos, revelan una red compleja de influencias y conexiones que enriquecieron su trayectoria. Estas relaciones trascienden el ámbito meramente profesional, delineando una red de colaboraciones y amistades que contribuyeron a su crecimiento personal y profesional.

Acknowledgements: This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Author contributions: The authors participated in all sections of the document.

Conflicts of interest: The authors declare that they have no conflicts of interest.

References

- FAU. (1993). *Arquitectura y Sociedad. Oswaldo Muñoz Mariño, conjunción de pintor, arquitecto y poeta*, 126–141.
- Hernández, F. (14 de Enero de 2023). *La Arquitectura de Oswaldo Muñoz Mariño a partir de sus crónicas de viaje*. (D. Valle, Entrevistador) Zoom. Riobamba.
- Mariño, O. (2014). *Quito y las ciudades del Patrimonio Mundial*. Quito: Fundación Muñoz Mariño.

- Órgano del gobierno constitucional de los estados unidos mexicanos. (2014). *Diario Oficial de la federeación*. México, D.F.: Estados Unidos Mexicanos.
- Valle, D. (2023). *El dibujo de viaje como herramienta de proyección arquitectónica de Oswaldo Muñoz Mariño en los 50', 60'y 70'.*, dspace.unach.edu.ec, <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/11901>



© 2024 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

Diseño de un plan de gestión administrativa para optimizar procesos en el Hospital Veterinario de la Universidad Nacional de Loja

Letty Janeth Chamba Chalán ¹  Erika Lucía González Carrión ¹  
Dany Alexander González Aguilera ¹  Edison Oswaldo Toapanta-Mendoza ¹ 

¹ Universidad Nacional de Loja, Ciudad Universitaria Guillermo Falconí – Loja – Ecuador, EC110102 Loja, Ecuador.

 Correspondence: erika.gonzalez@unl.edu.ec

DOI/URL: <https://doi.org/10.53313/gwj71099>

Resumen: En la actualidad la gestión administrativa es de radical importancia en todas las empresas e instituciones, de manera tal que puedan asegurar un desenvolvimiento sostenible y sustentable a lo largo del tiempo. Es así que resulta necesario analizar, desde una perspectiva local con miras a una repercusión nacional e internacional la factibilidad de un plan de gestión aplicado a generar grandes impactos. Por lo tanto, el objetivo de este estudio radica en proponer un diseño de plan de gestión administrativa para optimizar procesos en el Hospital Veterinario de la Universidad Nacional de Loja; pues, se considera una base fundamental para el desarrollo y fortalecimiento de la empresa, mejorando así la calidad de los servicios, reducción de costos e incremento de rentabilidad. Metodológicamente, a través de un análisis situacional desde el punto de vista administrativo, utilizando un enfoque mixto, de carácter descriptivo con diseño transversal y recopilando datos a través de técnicas como la observación, encuestas y entrevista se identificaron los principales procesos administrativos del Hospital Veterinario, puntos críticos y áreas de mejora a fin de crear estrategias que aporten al fortalecimiento de la empresa. Entre los principales resultados, se determina que la institución no cuenta con una estructura organizacional definida, protocolos y sistemas de información adecuados. En base a ello, se determinó la necesidad de implementar un manual de funciones y procesos para alcanzar óptimos niveles de calidad, aumentar la satisfacción del cliente, fortalecer la imagen de la institución y por ende generar sostenibilidad en el mercado. De manera que, en respuesta a estos hallazgos, se desarrolló un plan de gestión administrativa que proporciona directrices sólidas para mejorar el funcionamiento integral del Hospital Veterinario, aprovechando el contexto en el que opera. Además, se presentan alternativas de solución para abordar cada uno de los factores y áreas que requieren atención prioritaria con el fin de alcanzar los objetivos específicos propuestos.

Palabras clave: Plan de gestión; empresa; Hospital Veterinario; imagen; institución.



Cita: Chamba Chalán, L. J., González Carrión, E. L., González Aguilera, D. A., & Toapanta-Mendoza, E. O. (2024). Diseño de un plan de gestión administrativa para optimizar procesos en el Hospital Veterinario de la Universidad Nacional de Loja. Green World Journal, 7(1), 099.
<https://doi.org/10.53313/gwj71099>

Received: 15/Nov/2023

Accepted: 02/Feb/2024

Published: 06/Feb/2024

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.



© 2024 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>

Design of an administrative management plan to optimize processes in the Veterinary Hospital of the National University of Loja

Abstract: Nowadays, administrative management is of radical importance in all companies and institutions, so that they can ensure a sustainable and sustainable development over time. Thus, it is necessary to analyze, from a local perspective with a view to a national and international repercussion, the feasibility of a management plan applied to generate great impacts. Therefore, the objective of this study is to propose a design of an administrative management plan to optimize processes in the Veterinary Hospital of the National University of Loja, since it is considered a fundamental basis for the development and strengthening of the company, thus improving the quality of services, reducing costs and increasing profitability. Methodologically, through a situational analysis from the administrative point of view, using a mixed approach, descriptive with a transversal design and collecting data through techniques such as observation, surveys and interviews, the main administrative processes of the Veterinary Hospital, critical points and areas for improvement were identified in order to create strategies that contribute to the strengthening of the company. Among the main results, it was determined that the institution does not have a defined organizational structure, protocols and adequate information systems. Based on this, it was determined the need to implement a manual of functions and processes to achieve optimal levels of quality, increase customer satisfaction, strengthen the image of the institution and thus generate sustainability in the market. Thus, in response to these findings, an administrative management plan was developed that provides solid guidelines to improve the integral operation of the Veterinary Hospital, taking advantage of the context in which, it operates. In addition, alternative solutions are presented to address each of the factors and areas that require priority attention in order to achieve the specific objectives proposed.

Keywords: Management plan; company; Veterinary Hospital; image; institution.

1. Introducción

En un entorno empresarial dinámico marcado por cambios económicos y tecnológicos globales, las empresas requieren de una estructura orgánica flexible y estrategias de gestión administrativa, procesos y técnicas de dirección adaptadas a los cambios externos para alcanzar el éxito. Las empresas en Ecuador enfrentan diariamente el reto de identificar oportunidades de mejora para expandirse en el mercado y generar utilidades sostenibles. En este contexto, la gestión administrativa ha adquirido una creciente importancia en los últimos años debido a su capacidad para ofrecer múltiples beneficios. Mantener una empresa, independientemente de su tamaño, no es tarea fácil debido a los diferentes desafíos que se presentan a diario [1, 2].

En este panorama empresarial, donde la eficiencia y la excelencia operativa son imperativos en cualquier organización, la administración se convierte en un pilar fundamental para alcanzar estos objetivos. Esto es especialmente relevante para empresas como hospitales veterinarios, que desempeñan un papel crucial en el cuidado de la salud animal y en la formación académica. Un ejemplo elocuente es el Hospital Veterinario de la Universidad Nacional de Loja [3–9].

En este contexto, la gestión administrativa se convierte en una parte esencial de los procesos empresariales, siendo considerada como una habilidad fundamental que sustenta cualquier organización. Su función principal radica en supervisar recursos y coordinar planes, proyectos y programas que aseguren una utilización eficaz y eficiente de los mismos. Este estudio destaca la importancia de mejorar los procesos administrativos del hospital veterinario identificando deficiencias y proponiendo estrategias aplicables. Se establecen tres objetivos específicos: identificar procesos administrativos, definir puntos críticos y áreas de mejora; y, diseñar un plan de gestión administrativa para optimizar dichos procesos [10–14, 15].

Con el propósito de mejorar la eficiencia y eficacia en la gestión administrativa del Hospital Veterinario de la Universidad Nacional de Loja, este estudio se presenta como una herramienta de análisis y propuesta que busca contribuir al desarrollo continuo de la empresa. La búsqueda constante de la excelencia en la atención médica y la formación profesional son los pilares que sustentan este esfuerzo por perfeccionar los procesos que respaldan su funcionamiento.

2. Metodología

En la investigación, se aplicó el método deductivo para analizar los procesos administrativos del Hospital Veterinario de la Universidad Nacional de Loja. Se utilizó un enfoque mixto que incluyó la recopilación de datos cuantitativos a través de encuestas, así como datos cualitativos obtenidos mediante entrevista. Además, es de carácter descriptiva, puesto que permitió reunir datos, identificar variables y factores que afectan los procesos administrativos y explicar el estado actual en que se desarrolla; y con ello elaborar un diagnóstico situacional identificando áreas de mejora y proponiendo posibles soluciones.

Se empleó un diseño de investigación transversal para evaluar la situación actual, abordando los problemas desde una perspectiva más amplia y con ello lograr definir un plan de acción para optimizar los procesos del Hospital Veterinario. En consideración de que la población motivo de estudio es reducida, se procedió a trabajar directamente con toda la población conformada por: el Personal Administrativo de la Universidad Nacional de Loja, Empresa Pública IMPETU, personal Operativo y demás colaboradores del Hospital Veterinario para conocer sus ideas y perspectivas sobre los proyectos actuales y futuros; así mismo, son quienes que están directamente relacionadas con los procesos diarios y conocen la realidad de las operaciones.

Para cada uno de los objetivos se aplicaron diferentes instrumentos, así:

- **Objetivo específico 1:** Identificar los principales procesos administrativos del Hospital Veterinario de la Universidad Nacional de Loja.
 - Instrumento: Encuesta
- **Objetivo específico 2:** Definir los puntos críticos y áreas de mejora en los procesos del Hospital Veterinario.
 - Instrumento: Entrevista

Ambos instrumentos se desarrollaron en torno a temas de gestión, proceso administrativo; datos necesarios para el diseño del plan de gestión administrativa. Se requirió de una exhaustiva revisión bibliográfica de libros, revistas, artículos científicos, los que brindaron la información suficiente y necesaria para la recolección de información que apoyó al análisis de los factores que dan forma al tema central; así como una observación directa no participante del entorno del Hospital Veterinario, para identificar y diagnosticar las áreas, procesos administrativos y situación estratégica en que se encuentra la empresa.

3. Resultados

3.1. **Objetivo específico 1:** *Identificar los principales procesos administrativos del Hospital Veterinario de la Universidad Nacional de Loja.*

En la Figura 1, se destaca que el 96% del total de encuestados en una escala “*Muy de acuerdo*”, reconoce la importancia de contar con un plan estratégico bien definido para guiar las actividades y decisiones dentro de la veterinaria. En un 50% considera que no se realiza una planificación de actividades de manera efectiva dentro de la gestión del Hospital Veterinario.

Asimismo, el 50% considera que se propone metas y objetivos específicos.

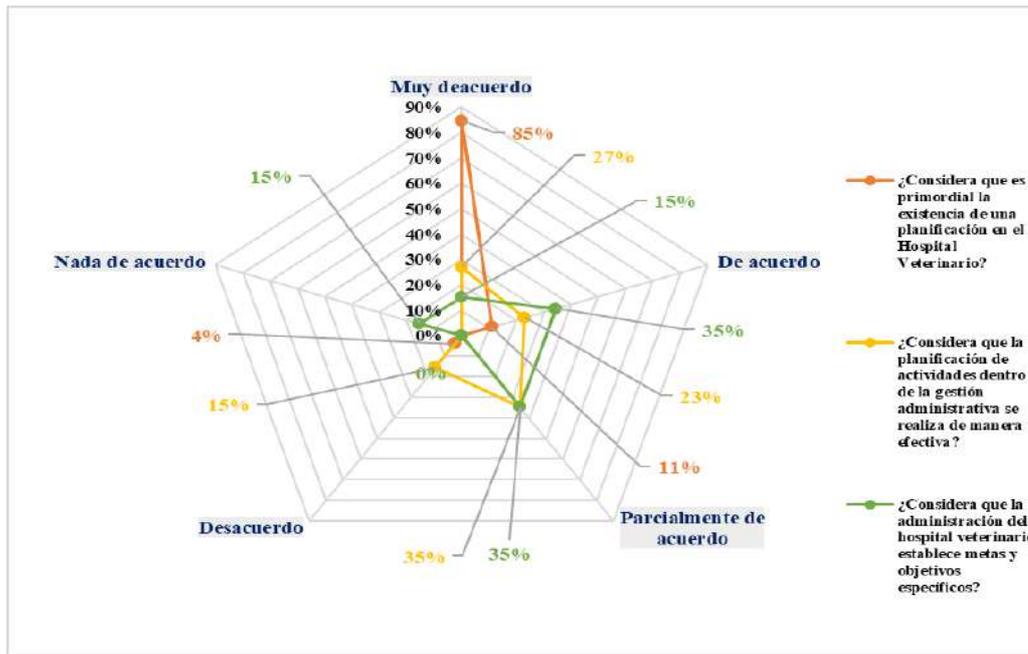


Figura 1. Proceso Administrativo: Planeación

La Figura 2, demuestra que, en el proceso de organización el 62% en escala "Parcialmente de acuerdo" refleja cierta ambigüedad y falta de claridad en la definición de la estructura organizativa en el Hospital. De igual forma la distribución de responsabilidades y funciones dentro del equipo de trabajo, con un promedio equivalente al 66% de desacuerdo indica que las responsabilidades no están claramente definidas y hay una carga desigual de trabajo en ciertas áreas. Así mismo la comunicación y coordinación entre los distintos departamentos o áreas del Hospital Veterinario, se observa con un promedio 65% de desacuerdo, indica cierto nivel de deficiencia en la comunicación y coordinación entre el personal y directivos del Hospital Veterinaria

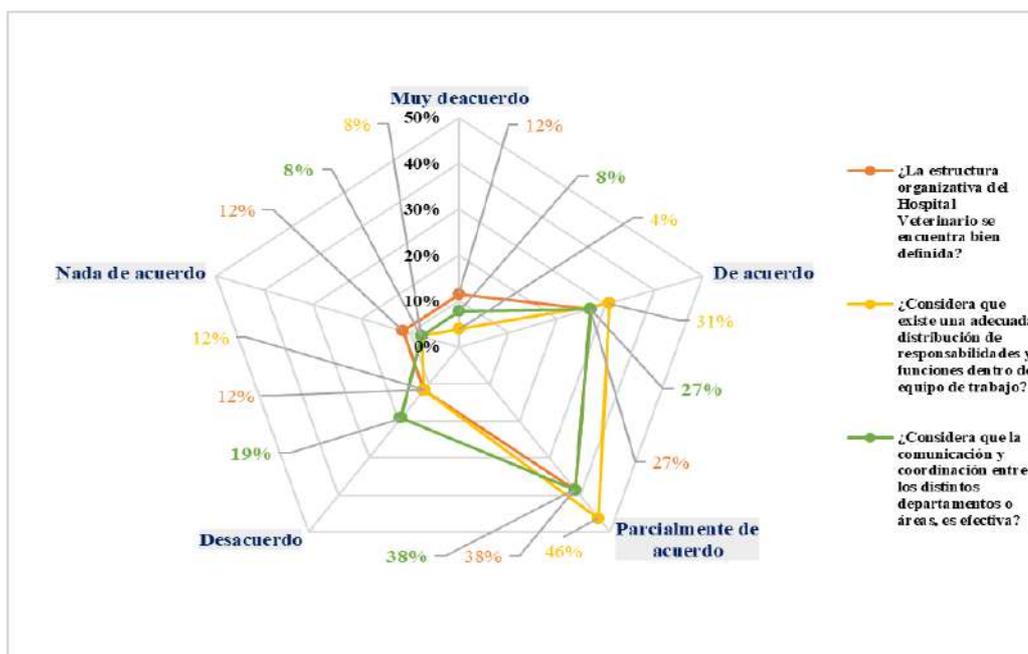


Figura 2. Proceso Administrativo: Organización

Considerando el proceso administrativo de dirección del Hospital Veterinario en la Figura 3; en cuanto a la comunicación de funciones y responsabilidades, el 59% está en desacuerdo, mientras que el 43% de acuerdo, lo que indica que no existe cierta claridad en la comunicación de roles, hay áreas en las que la información no se está transmitiendo efectivamente a todos los miembros del equipo. Generando malentendidos y afectar la eficiencia y coordinación entre los empleados. Respecto al ambiente de trabajo, aunque el 57% se muestra muy de acuerdo en la participación de todos los empleados, el 43% responde a un nivel de desacuerdo; es decir en su mayoría se fomenta una cultura laboral motivadora y participativa. Con el 50% de la población encuestada en escala “Parcialmente de acuerdo”, indica que la institución brinda apoyo y oportunidades para avanzar en su formación profesional.

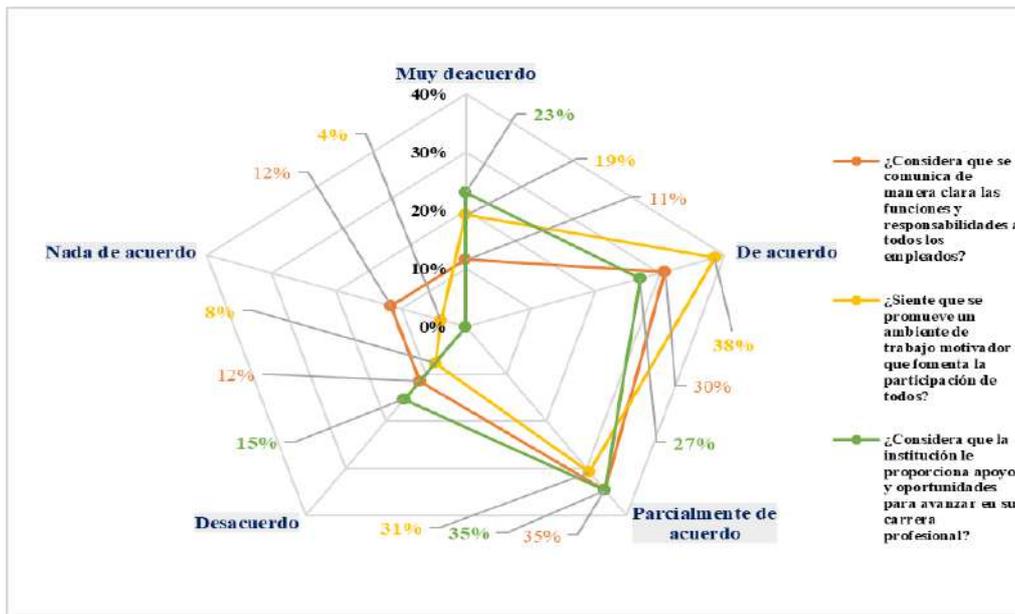


Figura 3. Proceso Administrativo: Dirección

En la Figura 4, el proceso de control dentro de la gestión del Hospital Veterinario en un 54% en escala “Parcialmente acuerdo” muestra que no cuentan con un sistema automatizado seguro de gestión hospitalaria; es decir, que permita el respaldo, almacenamiento y protección de información tanto médica como administrativo-contable; Así mismo, en un 58% en escala “Parcialmente de acuerdo” considera que se realizan inventarios periódicos. Y, en un 58% en escala “Parcialmente de acuerdo” señala posibles problemas de organización y accesibilidad de información.

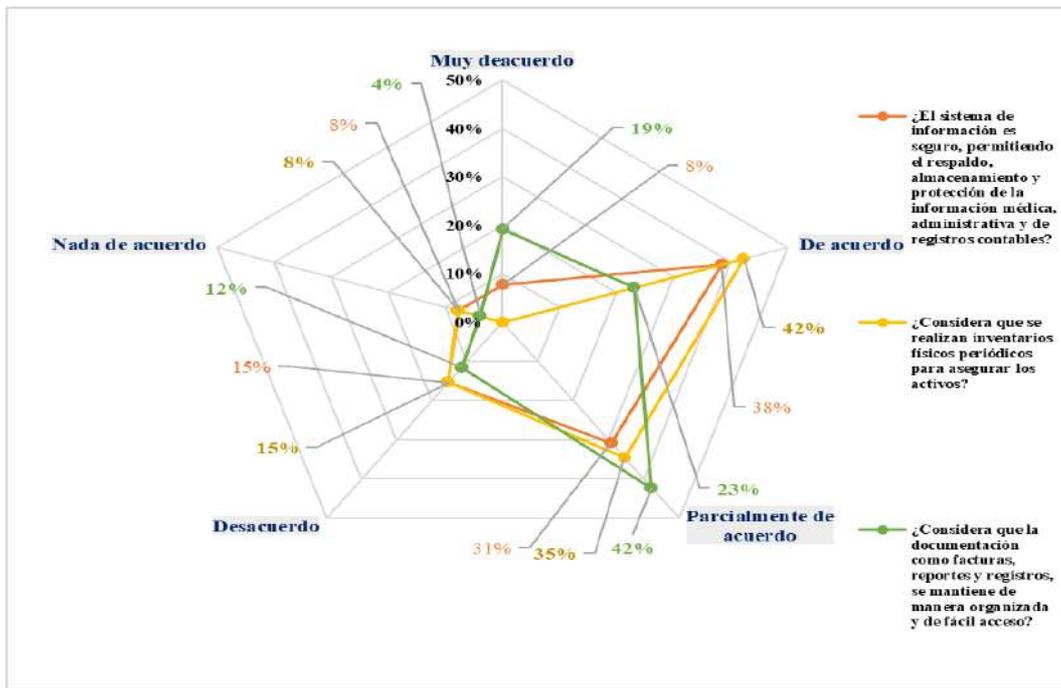


Figura 4. Proceso Administrativo: Control

En la Figura 5, los resultados obtenidos determinan que el 66% de los encuestados en escala “Desacuerdo” considera que no llevan a cabo evaluaciones regulares para identificar áreas y procesos de mejora, a diferencia del 34% en escala “De acuerdo” que consideran que si se realizan. En relación a la valoración de las opiniones y sugerencias de los trabajadores para mejorar los procesos administrativos, se observa una percepción neutral, con una representación del 50% en escala media “Parcialmente de acuerdo”; lo que indica que sus aportes son considerados. Sin embargo, es relevante tomar en cuenta que el otro 50% expresa lo contrario

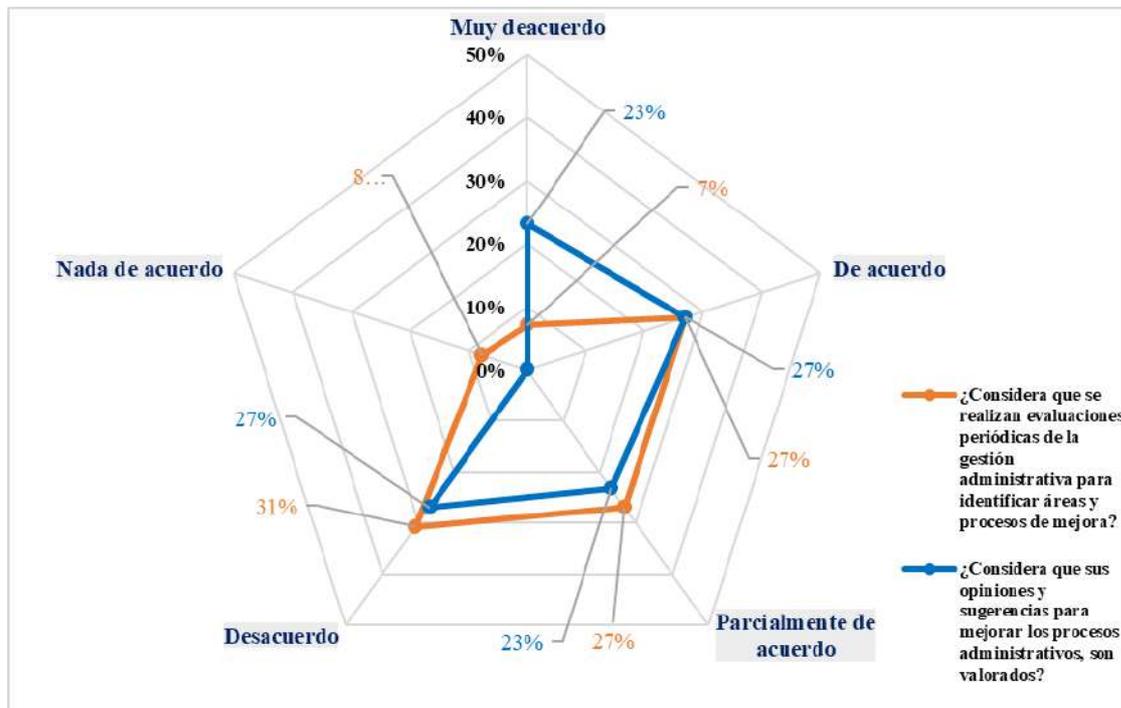


Figura 5. Proceso Administrativo: Evaluación y Seguimiento

3.2. Objetivo específico 2: Definir los puntos críticos y áreas de mejora en los procesos del Hospital Veterinario.

Cada unidad administrativa presenta sus propios desafíos y oportunidades para la mejora, lo que destaca la necesidad de una revisión constante y un enfoque proactivo en la búsqueda de la excelencia en el servicio. En la tabla 1, se resumen de los resultados obtenidos de cada área entorno de atención médica y servicios veterinarios.

Tabla 1. Resumen de la Gestión del Hospital Veterinario

GESTIÓN	%	DETALLE
Administrativa	32 %	Muestra un margen moderado de satisfacción en cuanto a la eficiencia de los procesos administrativos y una planificación ambigua. Lo que sugiere una revisión y simplificación de procedimientos, automatización de tareas y buenas prácticas administrativas para lograr mejorar la calidad de servicio y una mayor satisfacción de los empleados y pacientes.
Financiera	37 %	No necesariamente indica una necesidad urgente de mejora. Sin embargo, este porcentaje se enfoca en perfeccionar el registro diario de ingresos para garantizar la precisión y transparencia en la gestión financiera.
Talento Humano	44 %	En su mayoría los colaboradores se sienten valorados y reconocidos por su desempeño y contribución en sus áreas de trabajo; a pesar de ello, se podría mantener y fortalecer una cultura de aprendizaje continuo mediante capacitaciones y el desarrollo de habilidades del personal.
Marketing	33 %	A pesar de estar en un nivel moderado de acuerdo, se podría realizar un análisis de mercado, recopilar y actuar sobre la retroalimentación de los clientes, y diseñar campañas de marketing adaptadas a las necesidades y preferencias del público objetivo.
Legal	38 %	La mayoría considera que se cumplen las leyes, normas y regulaciones laborales y sanitarias, lo que significa que el Hospital veterinario garantiza su operación de manera transparente y segura.
Operativa	35 %	Se destaca la importancia de una gestión más efectiva de la demanda para abordar las preocupaciones sobre el tiempo de espera y mejorar la experiencia del cliente. Esto sugiere la necesidad de optimizar protocolos y flujos de trabajo para acelerar la atención.

3.3. Objetivo específico 3. *Diseñar un plan de gestión administrativa que permita optimizar los procesos del Hospital Veterinario de la Universidad Nacional de Loja.*

Propuesta de Plan de Gestión Administrativa

El Hospital Docente Veterinario fue creado en el año 1977 con la finalidad de tener un centro especializado en atención veterinaria de pequeñas especies y que brinda la oportunidad a estudiantes de la carrera para que realicen sus prácticas preprofesionales. Se encuentra ubicado en el campus universitario de la Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables, es considerado uno de los más importantes de la región Sur del país.

Misión propuesta

“Ser un centro de apoyo médico y académico para la comunidad externa y estudiantes de la Carrera de Medicina Veterinaria que se encuentren en proceso de formación mediante programas de internados rotativos, vinculación comunitaria, investigación formativa. Nuestro compromiso es formar profesionales altamente capacitados y comprometidos en salvaguardar la salud de nuestros pacientes y que sean líderes emprendedores en los diferentes ámbitos de la clínica de las diferentes especies.”

Visión propuesta

Convertirnos en un Hospital Veterinario líder de la región Sur del país reconocido por la excelencia en la atención médica y el bienestar animal. Buscamos ser una institución de referencia en el ámbito académico, tecnológico y científico, impulsando constantemente la investigación y la formación continua de nuestros profesionales para ofrecer servicios de la más alta calidad. Nos esforzamos por ser un centro de referencia en el cuidado y tratamiento de todas las especies animales, y al mismo tiempo, promover una conexión estrecha con la comunidad, fomentar una cultura de responsabilidad y compromiso hacia la salud y el respeto por los animales.

Valores Organizacionales

- Compromiso con el bienestar animal
- Excelencia profesional
- Trabajo en equipo
- Ética y responsabilidad
- Formación académica y mentoría

Objetivos

- Ofrecer servicios de consulta externa, hospitalización, diagnóstico y tratamiento a los animales domésticos, así como suministrar un servicio veterinario permanente a la comunidad.
- Promover la participación activa de los estudiantes durante su internado en el Hospital en clínicas para grandes y pequeñas especies, obteniendo conocimientos y profesionalismo, a través de: contacto con casos clínicos, revisión y aplicación de conocimiento, desarrollo de técnicas y procedimientos de diagnóstico, tratamiento y cirugía; crear hábitos, destrezas, habilidades que le ayuden a solucionar asuntos profesionales.

Políticas

Compromiso a brindar atención de alta calidad mientras prioriza el bienestar de los pacientes y promueve prácticas sostenibles. Además, busca mantener la calidad de la atención a través de

estándares elevados, garantizando el bienestar de los animales y ofrecer formación continua al personal, enmarcados a los objetivos de desarrollo sostenible.

Diagnóstico Situacional

Para tener un panorama más claro del Hospital Veterinario se realizó un análisis FODA, en donde se corrobora lo expresado por Chiavenato (2017), en su libro de Planeación Estratégica Fundamentos y aplicaciones, en donde expone que el análisis FODA busca anticipar oportunidades y amenazas a efecto de concretar la visión, la misión y los objetivos de la organización. Analiza las diferentes dimensiones del entorno que influyen en las organizaciones de una manera general. También estudia las dimensiones sectoriales y competitivas del ambiente interno: fortalezas y debilidades que influyen en las organizaciones a fin de crear las condiciones para formular estrategias que presentan la mejor adaptación de la empresa al entorno en el cual actúa.

Tabla 2. Diagnóstico Situacional del Hospital Veterinario

FORTALEZAS		OPORTUNIDADES	
1. Excelente reputación.		1. Concientización de la población acerca del cuidado de las mascotas.	
2. Precios accesibles para los clientes.		2. Ordenanza de cuidado y protección de animales.	
3. Infraestructura propia.		3. Demanda creciente de mascotas en los hogares.	
4. Cartera fija de clientes.		4. Equipos de diagnóstico de última tecnología.	
5. Personal altamente calificado y experimentado.		5. Sistemas de información eficientes.	
6. Experiencia de años de servicio y atención.		6. Oferta de nuevos servicios.	
7. Equipo de profesionales especializados ofreciendo servicios de calidad.			
8. Equipo médico suficiente para atender los requerimientos de los clientes.			
FODA			
DEBILIDADES		AMENAZAS	
1. Falta de organización en la distribución de funciones médicas y administrativas.		1. Competencia de clínicas veterinarias.	
2. No se cuenta con un manual de funciones adecuado.		2. Presupuesto no adecuado para la gestión de bienes, equipos e insumos médicos veterinarios.	
3. No se cuenta con un sistema de información acorde a sus necesidades y requerimientos.		3. Aumento de los costos de los medicamentos veterinarios.	
4. Falta de capacitación al personal del hospital veterinario.		4. Uso de tecnologías obsoletas para el diagnóstico.	
5. Falta de mantenimiento de equipos.			
6. Carencia de equipos médicos básicos (Rayos X).			
7. Precios no actualizados.			
8. Ausencia de un sistema de control de inventario efectivo en la empresa.			

ANÁLISIS EXTERNO

ANÁLISIS INTERNO

5. Cultura de la población para auto medicar a sus mascotas

Estrategias

A través de estas alternativas innovadoras, coadyuvaran a tener una administración más eficiente, potenciando la colaboración interna y proyectando una imagen de liderazgo en el Hospital Veterinario; mediante el compromiso, la comunicación y el desarrollo integral de todos los colaboradores, lo cual permitirá mejorar los procesos administrativos en un entorno que promueva la excelencia y el crecimiento continuo.

- Software Veterinario: Mejorar la eficiencia y la calidad de la gestión hospitalaria, mediante la implementación de un sistema automatizado de gestión.
- Establecimiento de Farmacia Veterinaria: Optimizar la efectividad de los tratamientos médicos de los pacientes (mascotas) en el Hospital Veterinario a través de la disponibilidad y accesibilidad de medicamentos y productos veterinarios en la farmacia interna.
- Promoción y Marketing en plataformas digitales: Mejorar la presencia en línea y la interacción con la comunidad, así como fortalecer la imagen del Hospital Veterinario como líder en el bienestar animal, atrayendo nuevos clientes y generando mayor compromiso.
- Talento Humano Destacado: Formación continua y el desarrollo de habilidades de liderazgo, con el fin de mantenerse actualizados en los avances en medicina veterinaria y cultivar habilidades de liderazgo en todo el equipo.

Organigrama Estructural

Para llevar a cabo sus funciones (Figura 7) el Hospital Veterinario se regirá por la siguiente estructura organizacional:

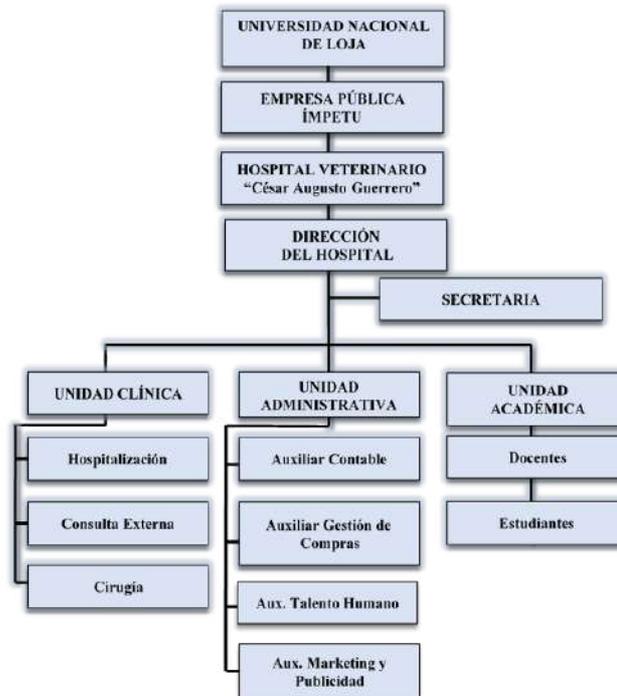


Figura 7. Organigrama estructural propuesto del Hospital Veterinario

Manual de Funciones

Considerando el organigrama propuesto se ha procedido a definir claramente cada puesto de trabajo, funciones y responsabilidades, asegurando que todas actividades tengan un responsable.

Estos esfuerzos se han centrado en garantizar el cumplimiento riguroso de los estándares de calidad establecidos para cada función y responsabilidad de un cargo, así como en la definición de las jerarquías en cada nivel organizativo. Para lograr este objetivo, se ha proporcionado una descripción detallada de cada cargo específico, su adscripción a un departamento en particular y una caracterización general del puesto como: formación académica, conocimientos generales, experiencia; junto con una descripción pormenorizada de las funciones asignadas. Del mismo modo, se estipularon las normas de conducta y sanciones por incumplimiento.

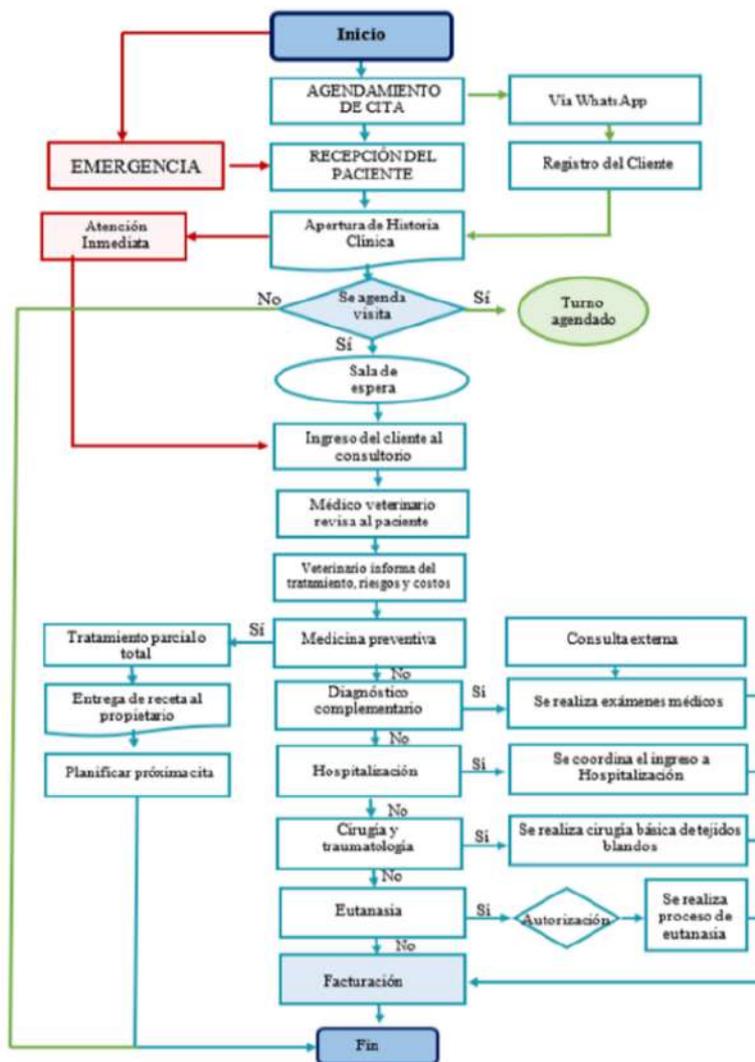


Figura 8. Manual de funciones.

Manual de Procesos

Intenta establecer una visión de la empresa a través de sus procesos, conceptualizando las actividades en el Hospital Veterinario, mediante una cadena de procesos que tiene como inicio el cliente y como destino final la satisfacción del mismo. Mediante un diagrama de flujo se

representa gráficamente la secuencia de todas las actividades que forma el proceso. La ficha inicia con la denominación formal del proceso, área que pertenece, las actividades cronológicas de inicio a fin con la respectiva descripción del proceso, y el responsable que velara por la buena marcha de ello.

4. Discusión

Es indudable que, en un ambiente cambiante, incierto y competitivo, uno de los compromisos de los directivos es decidir el futuro de la empresa y como lograrlo; es así que algunos críticos y expertos en temas administrativos consideran que planear es la actividad raíz de donde dependen las funciones administrativas; es decir se organiza, se dirige y se controla lo planeado [2-9, 21].

Chiavenato (2017) define a la planificación como una función administrativa que consiste en tomar decisiones anticipadas sobre lo que debe hacerse antes de la ejecución de la acción. En ese sentido, corroborando lo expresado por Bernal (2007) hace hincapié en que una planificación efectiva es esencial para establecer metas, definir acciones y tomar decisiones informadas. Es así que, debido a la escasa atención e importancia dada a este proceso, se observan obstáculos en el desarrollo de las actividades [1-7, 22].

La organización, según la perspectiva de Cano (2017), como momento del proceso administrativo no es un fin, sino un medio para lograr que los objetivos se cumplan; sin embargo, la carencia de una estructura organizativa definida en el hospital veterinario ha llevado a responsabilidades mal definidas; una distribución desigual de la carga de trabajo, provocando desgaste del personal y retrasos en la atención a los pacientes [2,9,23].

De igual manera, el autor sostiene que la distorsión de la información puede desequilibrar la misión y objetivos de una organización, generando un clima organizacional incontrolable y afectando la productividad. Destaca la importancia del liderazgo y la necesidad de establecer un sistema de comunicación efectiva para que los colaboradores trabajen en equipo y contribuyan al logro de metas. Sin embargo, en el Hospital Veterinario se emergen complicaciones vinculadas a estas acciones, lo que origina posibles ambigüedades y fallos en la ejecución de labores [6, 24].

Chiavenato (2017) plantea que la esencia del control, reside en comprobar si la actividad controlada consigue o no los objetivos y resultados esperados. La ausencia de un sistema automatizado en el Hospital Veterinario no permite medir los resultados actuales y pasados en comparación con las expectativas. La falta de enfoque sistemático en el control impide prevenir errores y estandarizar procesos [1-10, 25].

Aunque el Hospital Veterinario no se encuentra en un estado desfavorable, es evidente que existe un margen tangible para fortalecer la eficacia y eficiencia en los procesos de planificación, organización, dirección, control y evaluación; ya que una adecuada implementación de un plan de gestión estratégico puede determinar el éxito o fracaso de la empresa. Cabe considerar, por otra parte, también la necesidad de apreciar un enfoque estratégico y estructurado en la gestión operativa, administrativa y en la experiencia del cliente del hospital veterinario [1-7, 26].

En ese sentido, Chiavenato (2017) define que la gestión administrativa es la realización de acciones, con el objeto de obtener ciertos resultados, de la manera más eficaz y económica posible. Quiñonez (2021) destaca la relación significativa entre la gestión administrativa y la calidad del servicio, subrayando la importancia de la diferenciación competitiva, eficiencia en el proceso de servicio, satisfacción del cliente, fortalecimiento de la moral de los empleados y optimización de la gestión; pues, al comparar con la situación actual del Hospital Veterinario impulsa a buscar estrategias y e impulsar acciones de mejora en todas sus áreas [27].

Un eficiente manejo del talento humano generará una buena imagen corporativa merecedor de la preferencia de los clientes por los servicios que brindan, según Chiavenato (2017) y Gómez et al. (2017), aporta significativos beneficios empresariales. Puesto que, busca la colaboración eficaz de las personas para lograr objetivos organizacionales e individuales, influyendo en la eficacia organizacional. Identificar debilidades y capacitar a los trabajadores, como sugiere Cadena (2017), es una estrategia inteligente para elevar la productividad. La ausencia de programas de formación al personal de la Veterinaria ha sido regular en los últimos años lo que ha ocasionado una disminución en la motivación, bajo desempeño laboral y fallos en la estructura de la organización [4-11, 28].

Ahora bien, el éxito de las empresas también depende de las estrategias y tácticas que empleen para atraer a su demanda futura y fidelizar a sus clientes actuales, Klother (2012) afirma que la gestión de marketing es una estrategia que no solo busca incrementar las ventas, sino también mejorar el reconocimiento de la marca y su posicionamiento. Aunque el hospital veterinario ha ganado reputación, carece de un plan formal de estrategias de marketing digital, representando como una oportunidad desaprovechada.

En relación a la gestión operativa, Munch (2010) establece como un procedimiento mediante el cual se organizan y mejoran los recursos de un conjunto social con el propósito de alcanzar la eficacia máxima, calidad, productividad y competitividad en la consecución de sus metas; es evidente que la falta de un manual de funciones y procedimientos de control está impactando negativamente en la satisfacción del cliente. El tiempo de espera para ser atendido un usuario es un problema crucial, ya que la mayoría de los encuestados expresan insatisfacción en este aspecto. Estos resultados explican la carencia de una estructura organizacional que permita optimizar flujos de trabajo para agilizar la atención.

A pesar de las áreas críticas identificadas, es alentador ver que la calidad de los servicios y la atención médica son aspectos valorados positivamente por los clientes. Sin embargo, estos resultados no deben llevarse a la complacencia, ya que siempre hay espacio para la mejora continua [5, 27].

La presente propuesta se enfoca en el análisis de las etapas del proceso administrativo para diseñar un modelo de plan de gestión administrativa viable en el Hospital Veterinario. Es crucial destacar que en la actualidad la veterinaria carece de una estrategia administrativa claramente definida. En este sentido se ha desarrollado una base estratégica con el fin de mejorar el desenvolvimiento en las labores y la relación entre ellos para lograr obtener un clima organizacional adecuado para la sana convivencia y demás, mejorar la eficiencia a través del uso adecuado de los recursos Arriaga et al. (2017) [3, 28].

López (2020) expone que el plan de gestión administrativa se presenta como la herramienta mediante el cual los directivos documenta las decisiones estratégicas corporativas que ha tomado en el presente, anticipando sus acciones futuras con el objetivo de posicionar a la empresa como una entidad competitiva capaz de cumplir con las expectativas de sus diversos grupos de interés [19, 29].

Por ello, se tomó en consideración los hallazgos encontrados mediante la aplicación de encuestas y la entrevista realizada al Gerente de la Empresa Pública; pues, se destaca estrategias clave para potenciar la excelencia en su institución. Su enfoque se centra en la optimización de procesos mediante la automatización y la actualización de equipos, resaltando su impacto en la eficiencia operativa y la mejora en la calidad asistencial. Las estrategias propuestas para el fortalecimiento, como el análisis exhaustivo de procesos y el establecimiento de objetivos claros, reflejan un enfoque práctico y orientado a la mejora continua.

4. Conclusiones

Se evidencia desconocimiento técnico de los procesos administrativos, puesto que se están llevando a través de experiencias empíricas. La ausencia de una planificación estratégica definida, estructura organizativa, liderazgo de quienes dirigen la empresa y de un sistema de

información eficaz para el control de gestión y la toma de decisiones; obstaculiza el logro de los objetivos organizacionales y la mejora de la calidad del servicio, por ende, en el desarrollo de la gestión administrativa.

El hospital veterinario cuenta con una excelente disponibilidad de recursos, infraestructura propia y talento humano con gran capacidad de adaptación y colaboración; sin embargo, el no llevar un control administrativo estratégico de las distintas áreas de la empresa impide que estos sean aprovechados eficazmente.

Con el análisis de información recopilada se logra demostrar que la mayoría de evaluados opinan que es imperativo incorporar la redefinición de la estructura organizacional, abarcando todas las áreas que conforman el Hospital Veterinario. Esto implica la especificación no solo de los roles y perfiles de los cargos, sino también de las funciones de cada unidad operativa y administrativa, con el objetivo de esclarecer su contribución tanto en términos misionales como financieros. La meta primordial es lograr aumentar en las tendencias en indicadores de calidad y la satisfacción de los clientes; ofreciendo nuevos servicios y la adopción de tecnologías de diagnóstico de vanguardia.

Acknowledgements: This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Author contributions: The authors participated in all sections of the document.

Conflicts of interest: The authors declare that they have no conflicts of interest.

References

1. Abarca, A. (2020). Diseño de un modelo administrativo para optimizar la gestión de camas en los hospitales públicos de la ciudad de Machala. In 2020.
2. Arguello, A., Poma, L., Gavilánez, C., & Torres, L. (2020). Administración de Empresas Elementos Básicos. MULTIMEDIA LARGA. <http://fs.unm.edu/Administracion-de-Empresas.pdf>
3. Armijos, F., Bermúdez, A., & Mora, N. (2019). Gestión de Administración de los Recursos Humanos. <https://doi.org/http://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus>
4. Arriaga-López, F., Ávalos-Cueva, D., & Martínez-Orozco, E. (2017). Propuesta de estrategias de mejora basada en análisis FODA en las pequeñas empresas de Arandas, Jalisco, México. *Ra Ximhai*, 417-424.
5. Bernal, C. (2007). Introducción a la Administración de las Organizaciones (M. Castillo, Ed.; Pearson Educación, Vol. 1). <https://jgestiondeltalentohumano.files.wordpress.com/2013/11/introduccion3b3n-a-la-administracion3b3n-de-las-organizaciones-enfoque-global-e-integral-autor-cesar-a-bernal-torres.pdf>
6. Bravo, M. (2012). Contabilidad General (Editorial Escobar). Décima Edición.
7. Cadena, R. (2017). Teoría organizacional y habilidades gerenciales (Fondo Editorial). <https://digitz.areandina.edu.co/bitstream/handle/areandina/1191/Teor%c3%ada%20organizacional%20y%20habilidades%20gerenciales.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
8. Cano, C. (2017). La Administración y el Proceso Administrativo. <https://ccie.com.mx/wp-content/uploads/2020/04/Proceso-Administrativo.pdf>
9. Chacón, M. (2013). Diseño de un Plan Estratégico para mejorar la gestión administrativa en la cooperativa de ahorro y crédito "San Antonio de Toacaso". Universidad Técnica de Cotopaxi, 1-137. <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/1726/1/T-UTC-1600.pdf>
10. Chiavenato, I. (2002). Administración en los nuevos tiempos. McGraw Hill.
11. Chiavenato, I. (2017). Planeación estratégica fundamentos y aplicaciones. McGraw Hill. Tercera Edición.
12. Coloma, D., & Jara, D. (2018). Propuesta de mejora de gestión administrativa aplicado a la empresa veterinaria el Hasky. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/28215>
13. Espinoza, F. (2017). Metodología para el seguimiento y control en la ejecución de Proyectos de Alcantarillados Sanitario en Gobiernos Locales. http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/10600/1/TMUAIC_2017_GC_CD016.

14. Gómez, M., Rueda, E., & Payró, P. (2017). Detección de necesidades de capacitación. Caso empresas industriales y comerciales de Paraíso, Tabasco. *MIPYMES Y EMPRESA FAMILIAR*, 555–575.
15. Hernández, S., & Pulido, A. (2015). *Fundamentos de gestión empresarial* (McGraw–Hill).
16. Huacchillo, L., Ramos, E., & Pulache, J. (2020). La Gestión Financiera y su incidencia en la toma de decisiones financieras. *Universidad y Sociedad*, 356–362. <http://scielo.sld.cu/pdf/rus/v12n2/2218–3620–rus–12–02–356.pdf>
17. Kotler, P., & Keller, K. (2012). *Dirección de marketing: Vol. Decima cuarta*. <https://www.montartuempresa.com/wp-content/uploads/2016/01/direccion-de-marketing-14edi-kotler1.pdf>
18. Leiva, B., Rosana, S., Olazábal, O., Alberto, H., Rodríguez, P., Benedetti, R., & Gil, A. (2011). *Revista electrónica de Veterinaria 1695–7504 2011 Volumen 12 Número 4 REDVET Rev. electrón. vet.* <https://www.redalyc.org/pdf/636/63617179004.pdf>
19. López, G. (2020). Plan estratégico para la clínica veterinaria planeta de cachorros en la ciudad de Ambato 2019 –2024. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/14325/1/22T0566.pdf>
20. Maldonado, D., & Méndez, E. (2019). Modelo de Gestión Administrativo y Gerencial para mejorar la competitividad interna de la empresa INDUTEXMA. <https://repositorio.uotavallo.edu.ec/bitstream/52000/248/1/UO-PG-ADM-2019-19.pdf>
21. Meoño, E. (2017). Los riesgos laborales de la profesión de médico veterinario. *Revista Electrónica Veterinaria REDVET*, 18, 1–12. <https://www.redalyc.org/pdf/636/63649684007.pdf>
22. Murillo, G., García, M., & González, C. (2019). Propuesta de estructura organizacional para organizaciones intensivas de conocimiento: una caracterización desde los centros de excelencia. *Revista Virtual Universidad Católica Del Norte*, 58, 19–40. <https://doi.org/10.35575/rvucn.n58a7>
23. Nikulin, C., & Becker, G. (2015). Una metodología Sistémica y creativa para la gestión estratégica: Caso de Estudio Región de Atacama–Chile. In *J. Technol. Manag. Innov* (Vol. 10, Issue 1). <https://scielo.conicyt.cl/pdf/jotmi/v10n2/art09.pdf>
24. Pacheco Granados, R., Robles Algarín, C., & Ospino Castro, A. (2018). Análisis de la gestión administrativa en las instituciones educativas de los niveles de básica y media en las zonas rurales de Santa Marta, Colombia. *Información Tecnológica*, 29(5), 259–266. <https://doi.org/10.4067/S0718–07642018000500259>
25. Ramírez Cardona, C. (2016). *Fundamentos de Administración de Empresas*. ECOE Ediciones.
26. Rodríguez, A., & Peñafiel, J. (2022). Gestión Administrativa y su incidencia en la operatividad de la micro empresa PALIM. *Revista Científica Dominio de Las Ciencias*, 8(1), 1–14. <https://doi.org/10.23857/dc.v8i1.2621>
27. Rodríguez, S., Viteri, D., Izquierdo, A., & Verdezoto, G. (2020). Modelo de Gestión Administrativa para el desarrollo empresarial del Hotel Barros en la ciudad de Quevedo. *Revista Universidad y Sociedad*. <http://scielo.sld.cu/pdf/rus/v12n4/2218–3620–rus–12–04–32.pdf>
28. Rodríguez, X., Pionce, J., & Sierra, M. (2022). La gestión administrativa, factor clave para la productividad y competitividad de las microempresas. *Revista Científica Dominio de Las Ciencias*. <file:///C:/Users/Compumars/Downloads/Dialnet-LaGestionAdministrativaFactorClaveParaLaProductivi-8383391.pdf>
29. Rugel, D. (2021). Diseño de un Plan Estratégico para el desarrollo de un Centro Veterinario en el cantón Durán. <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/MONTESDEOCA%20PE%C3%91AFIEL%20MARIA%20DE%20LOS%20ANGELES.pdf>



© 2024 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

Desafíos y estrategias de adaptación al cambio climático en las áreas protegidas de Manabí

Yamel de las Mercedes Álvarez Gutiérrez¹   Arturo Andrés Hernández Escobar¹ 
Alex Joffre Quimís Gómez¹  Margarita Jesus Lino García¹ 

¹ Universidad Estatal del Sur de Manabí, KM 1 ½ VÍA JIPIJAPA–NOBOA – CAMPUS LOS ÁNGELES, Ecuador.

 Correspondencia: yamel.alvarez@unesum.edu.ec  + 593 992379901

DOI/URL: <https://doi.org/10.53313/gwj710100>

Resumen: Este estudio aborda el impacto del cambio climático en las áreas protegidas de Manabí, empleando un enfoque mixto para evaluar efectos en la biodiversidad y ecosistemas. A través de métodos cualitativos y cuantitativos, se identificó una disminución notable en la biodiversidad, atribuible a alteraciones climáticas. La discusión compara estos resultados con investigaciones previas, resaltando la importancia de implementar estrategias de adaptación contextualizadas. La conclusión enfatiza la necesidad crítica de una acción coordinada para la conservación, instando a la colaboración entre diversas entidades y la continuación de la investigación para combatir los impactos negativos del cambio climático, proponiendo un marco para futuros esfuerzos de conservación y adaptación en la región.

Palabras claves: Medio ambiente, Cambio climático, Área protegida, Biodiversidad.

Challenges and strategies for adaptation to climate change in Manabí's protected areas

Abstract: This study addresses the impact of climate change in the protected areas of Manabí, using a mixed approach to evaluate effects on biodiversity and ecosystems. Through qualitative and quantitative methods, a notable decrease in biodiversity, attributable to climatic alterations, was identified. The discussion compares these results with previous research, highlighting the importance of implementing contextualized adaptation strategies. The conclusion emphasizes the critical need for coordinated conservation action, urging collaboration among diverse entities and continued research to combat the negative impacts of climate change, and proposing a framework for future conservation and adaptation efforts in the region.

Keywords: Environment, Climate change, Protected area, Biodiversity, Biodiversity.



Check for updates

Cita: Álvarez Gutiérrez, Y. de las M., Hernández Escobar, A. A., Quimís Gómez, A. J., & Lino García, M. J. (2024). Desafíos y estrategias de adaptación al cambio climático en las áreas protegidas de Manabí. *Green World Journal*, 7(1), 100. <https://doi.org/10.53313/gwj710100>

Received: 10/Oct/2023

Accepted: 12/Jan/2024

Published: 06/Feb/2024

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.



© 2024 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 cambio climático se ha consolidado como uno de los desafíos ambientales más apremiantes de nuestra era, con impactos profundos y de amplio alcance en los sistemas naturales y humanos a nivel global. Las áreas protegidas, fundamentales para la conservación de la biodiversidad y la provisión de servicios ecosistémicos esenciales, no son inmunes a estos cambios. En particular, la provincia de Manabí en Ecuador, conocida por su diversidad ecológica y su importancia para la conservación a nivel nacional e internacional, enfrenta retos significativos derivados del cambio climático. Estos retos incluyen el aumento de temperaturas, alteraciones en los patrones de precipitación y la intensificación de eventos climáticos extremos, que amenazan la integridad de sus ecosistemas y la biodiversidad que albergan (1,2).

La adaptación al cambio climático en las áreas protegidas de Manabí es, por tanto, una prioridad urgente. Esta adaptación implica la implementación de estrategias que no solo busquen mitigar los efectos adversos del cambio climático sino también fortalecer la resiliencia de los ecosistemas y las comunidades humanas que dependen de ellos. Sin embargo, la efectividad de estas estrategias de adaptación está condicionada por la capacidad para enfrentar una serie de desafíos, que van desde la limitación de recursos hasta la necesidad de una gestión integrada y participativa que involucre a todos los actores relevantes (3).

La provincia de Manabí, con su rica biodiversidad, enfrenta la paradoja de ser una de las regiones más vulnerables al cambio climático, a pesar de contribuir mínimamente a sus causas. Los ecosistemas de Manabí, que incluyen bosques secos tropicales, manglares y sistemas marino-costeros, son esenciales para la subsistencia de las comunidades locales y para la economía regional, basada en la agricultura, la pesca y el turismo. La preservación de estas áreas protegidas es crucial no solo para mantener la biodiversidad sino también para asegurar los medios de vida de las poblaciones locales, que son especialmente susceptibles a los impactos del cambio climático (4).

Dentro de este contexto, la adaptación al cambio climático en Manabí requiere un enfoque holístico que aborde tanto la conservación de la biodiversidad como el desarrollo sostenible. Esto implica la implementación de prácticas de manejo adaptativo que puedan ajustarse a las condiciones cambiantes y la promoción de la investigación aplicada para mejorar la comprensión de los impactos del cambio climático en estas áreas protegidas. Además, es fundamental fomentar la educación ambiental y la conciencia sobre el cambio climático entre las comunidades locales y los tomadores de decisiones para construir una base sólida de apoyo a las acciones de adaptación (5).

La planificación e implementación de estrategias de adaptación en Manabí enfrentan desafíos significativos, incluyendo la escasez de datos específicos sobre los impactos del cambio climático a nivel local, la necesidad de fortalecer las capacidades institucionales y técnicas para la gestión de áreas protegidas y la importancia de asegurar la participación activa y el empoderamiento de las comunidades locales en los procesos de toma de decisiones. La colaboración entre instituciones gubernamentales, organizaciones no gubernamentales, la academia y las comunidades locales emerge como un elemento clave para superar estos desafíos, permitiendo el desarrollo de estrategias de adaptación basadas en un profundo conocimiento del contexto local y en un compromiso compartido con la conservación y el desarrollo sostenible (3,4).

Las áreas protegidas de Manabí se encuentran en una encrucijada crítica, enfrentando la urgencia de adaptarse al cambio climático mientras se esfuerzan por conservar su invaluable patrimonio natural y cultural. La integración efectiva de la formación en competencias digitales en los estándares profesionales de enfermería es fundamental para avanzar en la práctica de enfermería y enfrentar los desafíos de la atención sanitaria del siglo XXI. Este artículo ha explorado los desafíos y estrategias de adaptación al cambio climático en estas áreas, destacando la importancia de una gestión adaptativa, la investigación aplicada, la educación ambiental y la colaboración multisectorial como pilares para una adaptación exitosa. La tarea es compleja, pero la urgencia de la situación y la importancia de las áreas protegidas de Manabí para la biodiversidad global y el bienestar humano demandan una acción decidida y conjunta.

2. Materiales y métodos

Este estudio se basa en un enfoque cualitativo, utilizando una metodología de revisión bibliográfica para explorar los desafíos y estrategias de adaptación al cambio climático en las áreas protegidas de Manabí. La revisión se diseñó para identificar, analizar y sintetizar la literatura existente relacionada con el impacto del cambio climático en áreas protegidas y las respuestas de adaptación implementadas a nivel local, regional y global.

La búsqueda de literatura se realizó en varias bases de datos académicas, incluyendo Scopus, Google Scholar y bases de datos específicas de ciencias ambientales y climáticas. La selección de literatura también incluyó informes de organismos internacionales como el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) y programas de conservación relevantes, así como documentos de política y estrategia nacional y regional. Se establecieron criterios de inclusión y exclusión para garantizar la relevancia y calidad de la literatura seleccionada. Se incluyeron artículos de investigación, revisiones, informes de caso y análisis de políticas publicados en los últimos 20 años, que proporcionaran datos empíricos, análisis o discusiones sobre los desafíos del cambio climático y las estrategias de adaptación en áreas protegidas, con especial interés en aquellos centrados en Manabí o contextos comparables. Se excluyeron los documentos que no estaban directamente relacionados con los temas de interés o que no proporcionaban información sustancial sobre las estrategias de adaptación al cambio climático.

La literatura seleccionada se sometió a un análisis de contenido cualitativo para identificar los principales desafíos del cambio climático enfrentados por las áreas protegidas en Manabí y las estrategias de adaptación propuestas o implementadas. Los hallazgos se sintetizaron para proporcionar una visión comprensiva de los desafíos del cambio climático en las áreas protegidas de Manabí y las estrategias de adaptación viables. La síntesis incluyó una evaluación de la efectividad de las estrategias identificadas, las lecciones aprendidas de estudios de caso relevantes y las recomendaciones para fortalecer la resiliencia de estas áreas frente al cambio climático. En el desarrollo de esta investigación se realizó la revisión de distintos documentos y en relación a esto se encontraron datos como los mencionados en la figura 1 y figura 2.

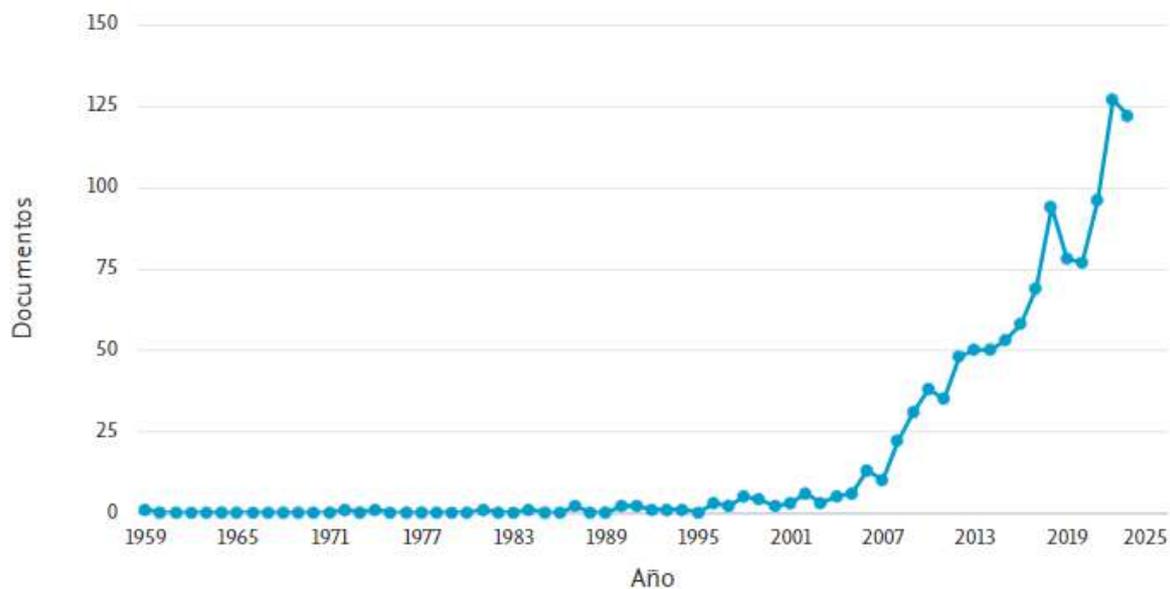


Figura 1. Documentos por año

En la figura 1 se observan las cifras sobre las publicaciones realizadas en los distintos años, donde se presenta un incremento en el número de publicaciones constante esto a partir de 2001 siendo más notorio. Estos incrementos se relacionan con las investigaciones generadas a partir de las iniciativas medioambientales así como por el interés en las causas y consecuencias de estas. Por otro lado en la figura 2, se presenta la información de acuerdo al país de origen de las investigaciones.

3. Resultados

3.1. Impactos del Cambio Climático en Áreas Protegidas

3.1.1. Cambios en la Biodiversidad

Los impactos del cambio climático en la biodiversidad de las áreas protegidas de Manabí son profundos y multifacéticos, afectando tanto a la flora como a la fauna endémicas de la región. Investigaciones recientes han documentado cómo el aumento de temperaturas y los cambios en los patrones de precipitación están alterando los hábitats naturales, lo que a su vez afecta la distribución y supervivencia de especies (6). Estos cambios en el clima han llevado a un desplazamiento altitudinal y latitudinal de especies, buscando condiciones más favorables para su supervivencia, lo que resulta en una reconfiguración de las comunidades ecológicas (7).

La pérdida de hábitats críticos, como los bosques secos y los manglares, ha sido identificada como una de las principales amenazas para la biodiversidad en Manabí. Estos ecosistemas, vitales para muchas especies endémicas, están siendo fragmentados y degradados a un ritmo alarmante, exacerbado por el cambio climático (8). Además, la acidificación de los océanos y el aumento de la temperatura del agua representan serias amenazas para los sistemas marinos y costeros, afectando la salud de los arrecifes de coral y las poblaciones de peces de los que dependen las comunidades locales para su subsistencia (9).

La adaptación de las estrategias de conservación es crucial para mitigar estos impactos. La investigación sugiere la necesidad de implementar medidas de manejo que incluyan la restauración de hábitats degradados, la protección de áreas adicionales que puedan servir como refugios climáticos y el fomento de prácticas agrícolas y pesqueras sostenibles que reduzcan la presión sobre los ecosistemas vulnerables (6,7). Asimismo, es fundamental promover la investigación y el monitoreo continuo de los cambios en la biodiversidad para informar y ajustar las estrategias de conservación en respuesta a las condiciones cambiantes del clima (8).

3.1.1.1. Pérdida de hábitats críticos

La pérdida de hábitats críticos es uno de los impactos más significativos del cambio climático en las áreas protegidas, afectando la biodiversidad y los servicios ecosistémicos que estos hábitats proporcionan. En Manabí, Ecuador, la degradación de ecosistemas como bosques secos y manglares se ha acelerado, exacerbada por el cambio climático, lo que representa una amenaza directa para la flora y fauna endémicas de la región (3).

Los manglares, vitales para la protección costera y como hábitat de numerosas especies marinas, enfrentan amenazas similares. El aumento del nivel del mar y la intensificación de tormentas y eventos de El Niño contribuyen a la erosión costera y la salinización de los suelos, lo que puede llevar a una disminución significativa de las áreas de manglar en Manabí (3). La pérdida de manglares no solo tiene implicaciones para la biodiversidad sino también para la economía local, afectando la pesca y el turismo.

Ante esta situación, es imperativo implementar estrategias de conservación y restauración que aborden la pérdida de hábitats críticos. Esto incluye la reforestación con especies nativas, la protección legal de áreas adicionales y la promoción de prácticas agrícolas y pesqueras sostenibles que minimicen el impacto humano en estos ecosistemas. Además, es crucial fortalecer los sistemas de monitoreo y vigilancia para detectar cambios en los hábitats y adaptar las estrategias de manejo de manera oportuna.

3.1.1.2. Desplazamiento de especies endémicas

El desplazamiento de especies endémicas debido al cambio climático es un fenómeno global que afecta a diversas formas de vida, desde plantas hasta animales, con consecuencias particularmente graves para los anfibios y especies en hábitats específicos. Los estudios resaltan cómo el cambio climático interfiere en los ecosistemas, forzando a las especies a adaptarse a nuevas condiciones o enfrentar la extinción. En el caso de los anfibios, un estudio menciona que el 40% de estas especies está en riesgo de extinción debido a la deforestación, la expansión agrícola y urbana, y los efectos directos del cambio climático como el aumento de la temperatura y la reducción de precipitaciones en regiones como la Amazonía. Estos cambios ambientales

provocan sequías extremas, impactando dramáticamente en la biodiversidad y en la supervivencia de especies que dependen de ecosistemas acuáticos y de humedad, como los anfibios (10).

Cornelius (11) subraya que el cambio climático es una de las mayores amenazas para el mundo natural, no solo por sus efectos directos sino también por cómo amplifica otras amenazas ya existentes. La competencia entre especies, como el desplazamiento de los zorros del Ártico por los zorros rojos debido al calentamiento del norte, ilustra cómo el cambio climático altera las dinámicas de depredación y supervivencia. Muchas especies se ven forzadas a moverse hacia nuevos hábitats, enfrentándose a la desaparición de nichos ecológicos tradicionales.

Un estudio advierte que las plantas y animales endémicos, que habitan exclusivamente en regiones específicas, son particularmente vulnerables a los efectos adversos del cambio climático. Estas especies, debido a su limitada distribución geográfica y especialización ecológica, enfrentan desafíos significativos para adaptarse o migrar ante condiciones climáticas cambiantes (12). Estos hallazgos destacan la urgente necesidad de acciones de conservación y adaptación al cambio climático para proteger las especies endémicas y la biodiversidad en general. La implementación de estrategias que mitiguen los efectos del cambio climático y preserven los hábitats naturales es crucial para la supervivencia de estas especies y la salud de los ecosistemas globales.

3.1.2. Alteraciones Hidrológicas

3.1.2.1. Cambios en los regímenes de precipitación

Los estudios e informes recientes resaltan cómo el cambio climático está modificando los regímenes de precipitación a nivel global, evidenciando un futuro donde las lluvias se tornarán más irregulares y extremas. Según Boehm y Schumer (13), el último informe del IPCC subraya la urgente necesidad de adaptaciones significativas para enfrentar estos cambios, destacando la adaptación basada en ecosistemas como una solución viable para mejorar la resiliencia frente a los crecientes riesgos climáticos.

Por su parte, Terán (14) informa sobre las concentraciones récord de gases de efecto invernadero y las temperaturas extremas registradas en 2023, lo que subraya los impactos en la criosfera y los niveles del mar, así como en los patrones de precipitación. Estos cambios ya están generando eventos climáticos más severos, incluyendo periodos de sequía prolongada y precipitaciones extremas que resultan en inundaciones devastadoras.

Elcacho (15) también aborda cómo el calentamiento global está intensificando la variabilidad de las precipitaciones, haciendo que las regiones húmedas se vuelvan más húmedas y las secas más secas. Este fenómeno incrementa la frecuencia de eventos extremos como inundaciones y sequías, afectando gravemente a las poblaciones y la infraestructura locales.

Finalmente, un estudio destacado por Blenkinsop (16) concluye que el aumento global de las temperaturas está impulsando un incremento en las precipitaciones extremas y, por ende, un mayor riesgo de inundaciones en diversas partes del mundo. Este hallazgo reitera la importancia de adoptar medidas de adaptación y mitigación para proteger a las comunidades vulnerables y preservar los ecosistemas esenciales para nuestra supervivencia.

3.1.2.2. Efectos en los sistemas acuáticos y recursos hídricos

Picazo (17) habla sobre cómo el cambio climático afecta directamente la disponibilidad de agua potable, la generación de energía, la agricultura y la biodiversidad. Se anticipa que las precipitaciones se vuelvan más irregulares, alternando lluvias torrenciales con largos periodos de sequía, lo cual no solo complica la predicción de la cantidad de agua disponible sino que también deteriora su calidad debido al aumento de la escorrentía que transporta contaminantes hacia ríos y arroyos. A su vez, el aumento de la temperatura del agua reduce los niveles de oxígeno y favorece la proliferación de algas, complicando el tratamiento del agua potable y aumentando su costo.

Jawerth (18) utiliza modelos de balance hídrico basados en isótopos para predecir con fiabilidad el impacto futuro del cambio climático en los recursos hídricos. Estos modelos permiten a los expertos anticipar cambios en la disponibilidad de agua para la toma de decisiones informadas sobre políticas de uso sostenible del agua a largo plazo. El Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos de 2020, publicado por la UNESCO

(1), hace hincapié en cómo el cambio climático perjudicará la cantidad y calidad del agua disponible, poniendo en riesgo el derecho al agua potable y saneamiento de miles de millones de personas. El informe llama a un compromiso más profundo de los Estados para enfrentar este desafío, que es crucial para alcanzar el Objetivo de Desarrollo Sostenible N° 6 de garantizar el acceso al agua y saneamiento para todos.

3.1.3. Aumento de Eventos Climáticos Extremos

3.1.3.1. Incidencia de sequías y su impacto en los ecosistemas

La incidencia de las sequías y su impacto en los ecosistemas se está intensificando a nivel global, exacerbada por el cambio climático y prácticas insostenibles en la gestión del agua y la tierra. Los datos revelan un aumento en la frecuencia y severidad de estas sequías, afectando drásticamente los recursos hídricos, la agricultura, la biodiversidad, y aumentando las hambrunas. Se estima que entre el 15% y el 20% de la población de China enfrenta sequías más frecuentes, y se prevé un aumento del 80% en la intensidad de la sequía en el país para 2100. Además, en América Latina y el Caribe, las sequías amenazan a humanos y naturaleza en sitios designados por la UNESCO, impactando el abastecimiento de agua y actividades económicas cruciales para comunidades vulnerables, incluyendo pueblos indígenas (19–21).

La UNESCO advierte sobre un "riesgo inminente de una crisis mundial del agua", con entre dos mil y tres mil millones de personas ya sufriendo escasez de agua. Esta situación podría agravarse en las próximas décadas, especialmente en áreas urbanas, si no se fortalece la cooperación internacional. Actualmente, 2.000 millones de personas no tienen acceso a agua potable y 3.600 millones carecen de saneamiento seguro. La creciente incidencia de sequías extremas y prolongadas estresa los ecosistemas, amenazando especies vegetales y animales (22).

Para combatir estos desafíos, se enfatiza la necesidad de soluciones basadas en la naturaleza, como la restauración del suelo y la gestión sostenible de tierras y agua, junto con prácticas agrícolas respetuosas con el medio ambiente. Estas medidas pueden aumentar la resiliencia global frente a las sequías, reduciendo el impacto en la producción agrícola y en los ingresos de los agricultores. La gestión eficiente del agua y la inversión en sistemas de suministro sostenibles son fundamentales para aumentar la resistencia a la escasez de agua. Además, se destaca la importancia de la cooperación internacional y el intercambio de conocimientos para abordar la crisis del agua de manera efectiva (20).

3.1.3.2. Efectos de tormentas intensas en la infraestructura y la gestión de áreas protegidas

Para abordar los desafíos, es crucial implementar estrategias de resiliencia que protejan la biodiversidad amenazada por el cambio climático. Proyectos como el Resiliencia del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) en México se centran en fortalecer la efectividad de manejo de las Áreas Naturales Protegidas para hacer frente al cambio climático, promoviendo la gestión efectiva de estas áreas para reducir las amenazas climáticas a la biodiversidad. Este enfoque incluye la expansión estratégica de la cobertura de las Áreas Naturales Protegidas y la mejora de su gestión para atenuar los impactos directos e indirectos del cambio climático (23).

La Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) también destaca la importancia de las áreas protegidas en la conservación de la biodiversidad y cómo la Lista Verde de Áreas Protegidas y Conservadas reconoce aquellas que contribuyen efectivamente a este fin. Este reconocimiento impulsa la implementación real y efectiva de prácticas de conservación, atendiendo a criterios como la gobernanza, planificación, y la gestión para la consecución de objetivos de conservación (24).

La gestión de las áreas protegidas en América Latina, como se resalta en el caso de la Amazonía, enfrenta desafíos adicionales debido a la deforestación y las actividades extractivistas, que se agravan con los efectos del cambio climático como las tormentas intensas. La coordinación entre políticas de conservación y estrategias sociales y económicas es fundamental para enfrentar estos desafíos de manera integral (25). Por último, el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) subraya la necesidad de aumentar la resiliencia de la infraestructura frente al cambio climático, mediante el desarrollo de metodologías y mecanismos innovadores de

financiamiento. Esto es crucial para hacer infraestructura más resiliente y adaptarla a la nueva realidad climática, lo que incluye el desafío adicional de proteger las áreas naturales y su biodiversidad frente a eventos extremos como las tormentas intensas (26).

3.2. Desafíos para la Adaptación al Cambio Climático

3.2.1. Limitaciones de Recursos

3.2.1.1. Escasez de financiamiento para la implementación de estrategias de adaptación

El financiamiento para la adaptación al cambio climático es críticamente insuficiente, especialmente en los países en desarrollo, donde la necesidad es más acuciante. El Informe sobre la Brecha de Adaptación 2023 del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) resalta que la financiación actual para la adaptación en los países en desarrollo es entre 10 y 18 veces menor que los fondos públicos internacionales disponibles, lo que representa un aumento de más del 50% en comparación con estimaciones previas. Los costos de adaptación en los países en desarrollo se estiman en 215.000 millones de dólares anuales para esta década, con una necesidad de financiación para ejecutar las prioridades nacionales de adaptación estimada en 387.000 millones de dólares anuales. Sin embargo, los flujos de financiación pública multilateral y bilateral para la adaptación de los países en desarrollo disminuyeron a 21.000 millones de dólares en 2021, lo que deja un déficit de financiación de adaptación actual estimado entre 194.000 millones y 366.000 millones de dólares anuales (27).

La UNCTAD (28), en su informe presentado antes de la cumbre climática COP26, advirtió que los costos anuales de adaptación climática en los países en desarrollo podrían alcanzar los 300 mil millones de dólares para 2030 y hasta 500 mil millones de dólares para 2050. Sin embargo, la financiación actual no alcanza a cubrir ni una cuarta parte de la necesidad estimada para 2030, y el informe enfatiza que depender únicamente de la financiación privada no alcanzará la escala necesaria ni llegará a los países más necesitados. La UNCTAD llama a una transformación profunda y a una reforma concertada a nivel multilateral para asegurar una financiación adecuada que permita a los países en desarrollo adaptarse a los efectos del cambio climático.

El Grupo Banco Mundial (29) también ha estado activo en el financiamiento climático, proporcionando un récord de 31.700 millones de dólares en 2022 para ayudar a los países a abordar el cambio climático. Aunque esta cifra es sin precedentes, la necesidad de financiación para una acción climática transformadora sigue siendo significativa, dadas las limitaciones fiscales que enfrentan los países en la actualidad. Estos informes y declaraciones subrayan la urgente necesidad de incrementar la financiación para la adaptación al cambio climático, especialmente en los países en desarrollo, y de implementar reformas en el sistema financiero internacional para facilitar el flujo de fondos hacia donde más se necesitan.

3.2.1.2. Falta de acceso a tecnología y conocimiento especializado

El acceso a la tecnología y el conocimiento especializado son fundamentales para la adaptación al cambio climático. La ONU Cambio Climático destaca la importancia de mejorar las tecnologías climáticas para cumplir con los objetivos del Acuerdo de París, resaltando áreas como la energía, la agricultura, el agua, los residuos, y el transporte. Las tecnologías identificadas incluyen eficiencia energética, energías renovables como la hidroeléctrica, solar, eólica y biomasa, vehículos de bajas emisiones, combustibles mezclados, y agricultura climáticamente inteligente (30). PwC señala el crecimiento significativo en la inversión en tecnología climática, con un notable incremento en el financiamiento movilizado hacia tecnologías de reducción de emisiones. La movilidad y el transporte emergen como sectores clave de inversión, destacando la importancia de vehículos eléctricos y de baja emisión (31).

United Nations (32) subraya el papel vital de los jóvenes en el desarrollo de tecnologías climáticas innovadoras. Los jóvenes están liderando esfuerzos de adaptación, desarrollando soluciones para hacer frente a los impactos climáticos. Se presentan ejemplos de tecnologías de adaptación, incluyendo protecciones contra inundaciones, cultivos más resistentes, y sistemas

de purificación de agua. El Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (33) promueve el Programa de Trabajo de Nairobi, enfocado en el desarrollo y difusión de tecnologías para la adaptación al cambio climático. Este programa incluye áreas como la modelización del clima, gestión de riesgos climáticos, e información socioeconómica, con el objetivo de mejorar la planificación y prácticas de adaptación a través del intercambio de conocimiento y tecnología.

3.2.2. Gestión y Planificación

3.2.2.1. Desafíos en la integración de la adaptación al cambio climático en la planificación de la conservación

Los desafíos en la integración de la adaptación al cambio climático en la planificación de la conservación son multifacéticos y requieren una aproximación holística que aborde tanto la financiación como la implementación de estrategias efectivas. El Informe sobre la Brecha de Adaptación 2023 del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) destaca que la financiación para la adaptación es insuficiente, particularmente en países en desarrollo, donde la necesidad es más acuciante. Este déficit de financiación dificulta la implementación de medidas de adaptación necesarias para proteger los ecosistemas y las comunidades vulnerables (27).

El estudio realizado por la UNESCO (1) sobre los impactos del cambio climático en áreas protegidas de América Latina y el Caribe evidencia los riesgos climáticos crecientes para estos ecosistemas. Sequías, inundaciones, incendios forestales y deslizamientos de tierra son solo algunos de los fenómenos que afectan estas áreas, lo que subraya la necesidad urgente de integrar la adaptación al cambio climático en la planificación de la conservación para proteger la biodiversidad y asegurar la sustentabilidad de estos entornos. Por otro lado, el reporte del CAF (34) destaca que América Latina y el Caribe poseen un gran potencial para implementar soluciones de adaptación al cambio climático que, además, pueden vincularse con la inclusión social. El informe sugiere que la adaptación no solo es crucial para mitigar los efectos adversos del cambio climático sino que también puede generar beneficios económicos, reducir riesgos y fomentar la innovación tecnológica. Esto implica que la adaptación al cambio climático puede ser una oportunidad para promover el desarrollo sostenible en la región.

Finalmente, el programa de trabajo de Nairobi y el Marco de Adaptación de Cancún establecido por la CMNUCC subrayan la importancia de una aproximación integral a la adaptación, que incluye el desarrollo y transferencia de tecnologías, el manejo de riesgos climáticos y fenómenos extremos, y la diversificación económica. Estos programas buscan mejorar la capacidad de adaptación de los países en desarrollo a través de la cooperación internacional y el intercambio de conocimientos y experiencias (33). La integración de la adaptación al cambio climático en la planificación de la conservación enfrenta, por lo tanto, desafíos relacionados con la financiación, la implementación de estrategias efectivas, y la necesidad de una colaboración internacional sólida. La solución a estos desafíos requiere esfuerzos conjuntos de gobiernos, organizaciones internacionales, el sector privado, y las comunidades locales para desarrollar e implementar planes de adaptación que sean inclusivos, sostenibles y capaces de mitigar los impactos del cambio climático en los ecosistemas y las sociedades vulnerables.

3.2.2.2. Necesidad de enfoques de gestión adaptativa y colaborativa

La necesidad de adoptar enfoques de gestión adaptativa y colaborativa en la adaptación al cambio climático resalta la importancia de anticiparse y responder eficazmente a los impactos climáticos en constante evolución. Estos enfoques enfatizan la adaptación dinámica de ecosistemas y comunidades a través de la gestión activa, la evaluación continua de estrategias y la integración de la mitigación de desastres en la planificación de espacios naturales protegidos. La gestión adaptativa promueve acciones a corto, medio y largo plazo para garantizar la resiliencia de los ecosistemas y las comunidades frente al cambio climático, abogando por una concienciación amplia y la implementación de estrategias regionales de cambio climático adaptativas (35). El Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (36) subraya que la adaptación al cambio climático debe integrarse en todos los territorios, orientada especialmente a la reducción de riesgos de desastres. Este proceso implica ajustes en el sistema humano y

natural para moderar los daños o aprovechar oportunidades beneficiosas, fomentando una gestión del territorio y del ambiente que mejore la preparación ante eventos adversos.

Por otro lado, un estudio del Banco Interamericano de Desarrollo destaca la importancia de incorporar la transformación de conflictos y la gobernanza adaptativa en la gestión del agua, sugiriendo que los procesos colaborativos basados en estas estrategias pueden mejorar significativamente la gobernanza del agua y su gestión. Este enfoque implica un esquema general que integra la gestión colaborativa, la transformación de conflictos y los principios de gobernanza adaptativa en el diseño de procesos participativos para la gestión de recursos comunes, lo que resulta en prácticas más efectivas y sostenibles (37). Estos enfoques requieren una participación activa y colaborativa de todos los actores involucrados, incluidos gestores, habitantes locales, la sociedad en general, y los sectores privado y público. Al adoptar estrategias de gestión adaptativa y colaborativa, se puede lograr una mayor resiliencia y una adaptación más efectiva a los cambios climáticos, asegurando al mismo tiempo la protección y conservación de los recursos naturales y la biodiversidad.

3.3. Estrategias de Adaptación Implementadas y Propuestas

3.3.1. Fortalecimiento de la Resiliencia Ecológica

3.3.1.1. Restauración de ecosistemas y reforestación con especies nativas

La restauración de ecosistemas y la reforestación con especies nativas es fundamental para la recuperación de la biodiversidad y la mitigación del cambio climático. Este enfoque implica la reintroducción de plantas autóctonas en áreas degradadas, lo que ayuda a restaurar la función y estructura original de los ecosistemas. Además, promueve la resiliencia de los ecosistemas frente a cambios ambientales y mejora los servicios ecosistémicos, como la purificación del aire y del agua, y la regulación del clima. La implementación de estos proyectos requiere una planificación cuidadosa y la participación de la comunidad (38,39).

3.3.1.2. Creación de corredores ecológicos para facilitar la migración de especies

La investigación destacada por CIFOR Forests News subraya la creciente importancia de los corredores biológicos para la conservación de la biodiversidad frente al cambio climático. Estos corredores facilitan la migración de especies vegetales a elevaciones más altas, ayudando a mantener la integridad ecológica de las áreas protegidas y contribuyendo a la conservación de servicios ecosistémicos como la regulación del agua y el almacenamiento de carbono. La colaboración entre países para la creación de redes ecológicas, como el Corredor Biológico Mesoamericano, es fundamental para conectar áreas de biodiversidad y facilitar la adaptación de las especies al cambio climático (40).

3.3.2. Gestión Basada en la Comunidad

3.3.2.1. Involucramiento de comunidades locales en la conservación y adaptación

Un estudio de Lyver et al. (41) resalta la importancia de apoyar la autonomía de las comunidades en la adaptación al cambio climático. Subraya cómo la adaptación efectiva requiere permitir que las comunidades determinen sus propias estrategias, en lugar de imponer soluciones desde afuera. Este enfoque no solo respeta los conocimientos y las necesidades locales, sino que también puede mejorar la eficacia y la equidad de las intervenciones de adaptación.

Por otro lado, McNamara et al. (42) discuten cómo los conocimientos indígenas y locales están arraigados en diversas filosofías de vida buena en todo el mundo, lo que subraya el valor de las relaciones colectivas para el bienestar de las personas y la naturaleza. Estos enfoques incluyen conceptos como el Buen vivir en América del Sur, Ubuntu en África subsahariana y Satoyama en Japón. Sin embargo, el estudio también señala las amenazas que enfrentan las tierras indígenas debido al desarrollo industrial, lo que puede limitar la acción climática indígena. A pesar de estos desafíos, se reconoce la contribución significativa de los pueblos indígenas a la conservación de paisajes importantes para la conservación a nivel mundial (43).

3.3.2.2. Desarrollo de capacidades y educación Ambiental

La Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (44) resalta la importancia de la educación ambiental en la creación de una base sólida para la toma de decisiones conscientes y responsables respecto al medio ambiente. Según la EPA, este tipo de educación mejora la comprensión y el conocimiento sobre temas ambientales, fomenta actitudes positivas, motiva a las personas a comprometerse con comportamientos sostenibles y mejora sus habilidades para resolver problemas ambientales de manera creativa y efectiva. Por otro lado, el Equipo Digital Alcaldía de Medellín (45) enfatiza que la educación ambiental es un proceso continuo que permite a las personas comprender las interdependencias entre los seres humanos y su entorno. Este proceso es clave para desarrollar una ética de respeto y cuidado hacia la naturaleza, promoviendo así una actitud proactiva en la conservación del medio ambiente. La educación ambiental se presenta como un vehículo hacia el desarrollo sostenible, subrayando su relevancia frente a los retos ambientales contemporáneos.

Además, la literatura académica sobre el tema sugiere que el desarrollo de capacidades y la formación en competencias específicas son esenciales para la sostenibilidad ambiental. La integración de la educación ambiental en todos los niveles educativos y sectores de la sociedad es crucial para cultivar una cultura de sostenibilidad. Este enfoque no solo implica aprender sobre el medio ambiente, sino también aprender a vivir de manera que se respeten los límites ecológicos del planeta (46). El desarrollo de capacidades y la educación ambiental juegan un rol vital en la preparación de ciudadanos conscientes y comprometidos con el futuro del planeta. Estos esfuerzos educativos son indispensables para garantizar una coexistencia armónica entre el ser humano y la naturaleza, orientando a la sociedad hacia un desarrollo más sostenible y equitativo.

3.3.3. Uso de Tecnologías y Modelos Predictivos

3.3.3.1. Aplicación de tecnologías de monitoreo y modelado climático para la toma de decisiones

La aplicación de tecnologías de monitoreo y modelado climático es esencial para la toma de decisiones informadas en la lucha contra el cambio climático. Estas tecnologías permiten a los científicos, responsables de políticas y otros actores clave obtener datos precisos y realizar proyecciones confiables sobre los impactos del cambio climático, facilitando así la implementación de estrategias de mitigación y adaptación más efectivas. Un ejemplo significativo de la aplicación de estas tecnologías es el desarrollo de sistemas IoT (Internet de las Cosas) para el monitoreo de variables climatológicas en contextos específicos, como la agricultura urbana. Estos sistemas permiten la recolección de datos en tiempo real sobre condiciones climáticas, lo que es crucial para optimizar los cultivos y minimizar su vulnerabilidad a las variaciones climáticas. Un estudio publicado por Chanchí-Golondrino et al. (47) destaca cómo la construcción de un sistema IoT puede mejorar la monitorización y análisis de variables climatológicas de interés, demostrando la importancia de estas tecnologías en la agricultura urbana.

Además, la adopción de tecnologías climáticas clave es fundamental para la implementación efectiva de los planes nacionales de acción climática (NDCs) en el marco del Acuerdo de París. Una publicación de United Nations (48) examina el papel de la tecnología en acelerar la adopción de soluciones climáticas, subrayando cómo la innovación tecnológica puede facilitar la transición hacia una economía baja en carbono y resiliente al clima. El monitoreo y evaluación de la capacidad de adaptación al cambio climático también se benefician enormemente del uso de tecnologías avanzadas. Un documento de Mazzeo et al. (49) discute cómo el aprendizaje práctico y la evaluación continua pueden mejorar la toma de decisiones y la implementación de estrategias de adaptación eficaces.

Finalmente, el monitoreo comunitario del clima emerge como una práctica estratégica para comprender y actuar frente al cambio climático. Esta aproximación enfatiza la importancia de la participación comunitaria en la observación y toma de decisiones relacionadas con el clima, reforzando la necesidad de herramientas tecnológicas accesibles y eficientes para comunidades en diversos territorios (50).

3.3.3.2. Implementación de sistemas de alerta temprana para eventos climáticos extremos

La implementación de sistemas de alerta temprana para eventos climáticos extremos es una estrategia crucial en la gestión de riesgos y la adaptación al cambio climático. Estos sistemas juegan un papel vital en la protección de vidas y medios de subsistencia, proporcionando información anticipada que permite a las comunidades y autoridades tomar medidas preventivas y prepararse adecuadamente para enfrentar fenómenos climáticos severos. Se reconoce a los sistemas de alerta temprana como una solución climática esencial, destacando su importancia en la reducción de la vulnerabilidad de las poblaciones ante desastres naturales. La capacidad de estos sistemas para ofrecer advertencias tempranas y precisas es fundamental para minimizar los impactos adversos de eventos como huracanes, inundaciones y olas de calor, entre otros (51).

Además, la integración de tecnologías avanzadas, como la inteligencia artificial (AI), ha mejorado significativamente la eficacia de los sistemas de alerta temprana. La AI permite analizar grandes volúmenes de datos climáticos y ambientales, mejorando la precisión en la predicción de eventos climáticos extremos. Esta innovación tecnológica representa un avance significativo en la gestión de riesgos de desastres, facilitando una respuesta más rápida y eficiente ante emergencias climáticas (52).

En contextos regionales, como Colombia, se han desarrollado sistemas de alerta temprana adaptados a las necesidades específicas de las regiones. Estos sistemas son esenciales para anticipar eventos climáticos extremos y tomar medidas preventivas que protejan a las comunidades vulnerables. La adaptación de estos sistemas a los contextos locales es clave para su efectividad, asegurando que las advertencias sean relevantes y útiles para las poblaciones en riesgo (53).

Silvestre Espinoza (54) y Ramón Valencia et al. (55) han destacado el valor de los sistemas de alerta temprana como herramientas indispensables para la adaptación al cambio climático. Estos sistemas no solo contribuyen a la preparación y respuesta ante desastres naturales, sino que también promueven una cultura de prevención y resiliencia en las comunidades. La implementación de sistemas de alerta temprana para eventos climáticos extremos es una medida proactiva esencial para la gestión de riesgos y la adaptación al cambio climático. La integración de tecnologías avanzadas y la adaptación a contextos locales son aspectos fundamentales que potencian la eficacia de estos sistemas, salvaguardando vidas humanas y reduciendo daños materiales ante la creciente frecuencia e intensidad de eventos climáticos extremos.

4. Discusión

Este estudio ha explorado los impactos del cambio climático en las áreas protegidas de Manabí, identificando patrones significativos de alteración ecológica y pérdida de biodiversidad. Al comparar nuestros hallazgos con investigaciones previas (2,21), resaltamos la consistencia en las tendencias de cambio climático a nivel global y sus efectos localizados en ecosistemas vulnerables. Sin embargo, nuestro estudio aporta una perspectiva única al centrarse en la región específica de Manabí, donde la combinación de factores socioeconómicos y ecológicos presenta desafíos y oportunidades particulares para la conservación.

La investigación de Villafuerte et al. (3) sobre las estrategias de adaptación en áreas protegidas resuena con nuestros hallazgos, sugiriendo que las medidas de adaptación deben ser contextualizadas y basadas en la comunidad para ser efectivas. Magrin (4) también subraya la importancia de entender las interacciones entre el cambio climático y la biodiversidad para desarrollar estrategias de conservación resilientes. Estos estudios complementan nuestra investigación, subrayando la necesidad de enfoques integrados que combinen la conservación con el desarrollo sostenible.

5. Conclusión

Las áreas protegidas de Manabí frente al cambio climático revelan desafíos críticos y oportunidades significativas para la conservación y adaptación. Este estudio ha identificado que, sin una acción inmediata y coordinada, la biodiversidad única y los ecosistemas de esta región enfrentarán impactos irreversibles, comprometiendo no solo la salud ambiental sino también el

bienestar socioeconómico de las comunidades locales. La urgencia de integrar estrategias de adaptación basadas en la comunidad y la ciencia en las políticas de conservación nunca ha sido más evidente. La colaboración multisectorial emerge como un pilar fundamental en este esfuerzo. La necesidad de unir a gobiernos, organizaciones no gubernamentales, investigadores y comunidades indica una dirección clara hacia una gestión ambiental más inclusiva y eficaz. Este enfoque integrado debe priorizar la recuperación de ecosistemas dañados, la protección de especies en peligro y el desarrollo de economías locales sostenibles que no comprometan la integridad de los recursos naturales.

Además, el estudio destaca la importancia de la educación ambiental y el empoderamiento comunitario como herramientas esenciales para fomentar una relación más armoniosa y sostenible entre los seres humanos y la naturaleza. La implementación de programas educativos que aumenten la conciencia sobre los efectos del cambio climático y promuevan prácticas de conservación efectivas puede jugar un papel crucial en la mitigación de estos impactos. La investigación futura debe centrarse en la evaluación continua de los impactos del cambio climático, utilizando tecnologías avanzadas y modelos predictivos para mejorar nuestra comprensión y capacidad de respuesta. Es vital que estas investigaciones se realicen con una perspectiva de largo plazo, buscando no solo entender los efectos inmediatos del cambio climático, sino también anticipar desafíos futuros.

Author contributions: The authors participated in all sections of the document.

Conflicts of interest: The authors declare that they have no conflicts of interest.

Referencias

1. UNESCO. Una metodología para los desafíos actuales: impactos del cambio climático en áreas protegidas de América Latina y el Caribe. UNESCO. 2023.
2. IPCC. AR5 Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. 2014.
3. Villafuerte J, Rodríguez J, Limones K, Pérez L. Adaptación autónoma al cambio climático: experiencias de emprendimientos rurales de Ecuador/ Autonomous adaptation to climate change: experiences of rural entrepreneurs in Ecuador. *Let Verdes Rev Latinoam Estud Socioambientales*. 2018;(24):57-82.
4. Magrin G. Adaptación al cambio climático en América Latina y el Caribe. CEPAL; 2015.
5. UNESCO. Riesgo inminente de una crisis mundial del agua (UNESCO/ONU-Agua). UNESCO. 2023.
6. Yáñez M. P, Núñez M, Carrera F, Martínez C. Posibles efectos del cambio climático global en zonas silvestres protegidas de la zona andina de Ecuador. *LA GRANJA Revista de Ciencias de la Vida*. 2011;14(2):24-44.
7. Naciones Unidas. El cambio climático y sus efectos en la biodiversidad de América Latina. 2017.
8. Briones Espinoza MJ, Mogro Mendoza M. CAMBIO CLIMÁTICO, DEFORESTACIÓN E IMPACTO ANTRÓPICO EN EL HUMEDAL "LA SEGUA", MANABÍ. 2020.
9. Greenfield E. Impactos del cambio climático en el ecosistema de los arrecifes de coral. *Sigma Earth*. 2023.
10. Camargo S. Estudio muestra panorama desalentador para los anfibios: 40% de las especies está en riesgo de extinción. *Noticias ambientales*. 2023.
11. Cornelius S. El impacto del cambio climático sobre las especies. WWF. 2015.
12. Sustainability. El cambio climático afectará más a las plantas y animales endémicos, advierte un estudio. *Sustainability*. 2021.
13. Boehm S, Schumer C. 10 grandes hallazgos del informe del IPCC de 2023 sobre el cambio climático. *World Resources Institute*. 2023.
14. Terán RAL. Los récords climáticos se han sucedido en 2023 y han conllevado graves consecuencias. *prensa.ec*. 2023.
15. Elcacho J. Reconfirmado: las lluvias serán cada vez más irregulares, por el calentamiento. *La Vanguardia*. 2021.

16. Blenkinsop S. El cambio climático aumenta las precipitaciones extremas y la posibilidad de inundaciones. *iAgua*. 2021.
17. Picazo M. Agua y recursos hídricos: cómo les afecta el cambio climático. *iAgua*. 2020.
18. Jawerth N. El impacto del cambio climático en el futuro de los recursos hídricos. IAEA. 2019.
19. Martín N. Las cifras del impacto de la sequía a nivel mundial: "Es una emergencia sin precedentes". *El Independiente*. 2023.
20. ONU. COP28: El manto áspero de la sequía se alarga cada vez más por el planeta. *Noticias ONU*. 2023.
21. UNESCO. La UNESCO muestra el impacto de sequías en sus sitios en América Latina y el Caribe. UNESCO. 2023.
22. UNESCO. Riesgo inminente de una crisis mundial del agua (UNESCO/ONU-Agua). UNESCO. 2023.
23. UNDP. Resiliencia. UNDP. 2020.
24. UICN. La situación de las áreas protegidas a nivel mundial, a debate en un encuentro de la UICN esta semana. UICN. 2023.
25. Márquez H. La gestión de áreas protegidas es prioridad latinoamericana para 2023. *Diario Digital Nuestro País*. 2023.
26. Yopez A. Infraestructura sostenible y cambio climático: la importancia de planificar para el futuro. *Energía para el Futuro*. Inter-American Development Bank; 2022.
27. UNEP. Informe sobre la Brecha de Adaptación 2023. UNEP – UN Environment Programme. 2023.
28. UNCTAD. El necesario incremento de financiamiento para adaptación al cambio climático debe afrontarse en la "COP26". UNCTAD. 2021.
29. Grupo Banco Mundial. Diez cosas que debe saber sobre el financiamiento climático del Grupo Banco Mundial. World Bank. Banco Mundial; 2022.
30. United Nations. Aceleración de la adopción de tecnologías climáticas clave. United Nations. 2021.
31. Price water house Coopers. El estado de la tecnología aplicada al cambio climático en 2021. PwC. 2021.
32. United Nations. La clave para acelerar las tecnologías climáticas innovadoras está en la gente joven. United Nations. 2022.
33. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. Adaptación al cambio climático. Gobierno de Mexico. 2018.
34. CAF. Adaptación al cambio climático puede estar vinculada a la inclusión social y crecimiento económico. CAF. CAF; 2023.
35. Observatorio Cambio Global Sierra Nevada. Gestión adaptativa. Observatorio Cambio Global Sierra Nevada – Seguimiento del Cambio Global en Sierra Nevada. Observatorio Cambio Global Sierra Nevada; 2019.
36. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. Gestión de riesgos y adaptación al cambio climático. gov.mx. 2017.
37. Baytelman YF, Cabezas Iturra N, Muñoz R. Innovación social en el manejo de los recursos hídricos: transformación de conflictos y gobernanza adaptativa en el diseño de procesos de gestión colaborativa del agua. Basani M, editor. Banco Interamericano de Desarrollo; 2024.
38. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Estándares de práctica para guiar la restauración de los ecosistemas. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2023.
39. Carpio Camargo AJ, Álvarez Gutiérrez Y, Jaramillo Véliz J, Sánchez Tortosa F. Nesting failure of sea turtles in Ecuador – causes of the loss of sea turtle nests: the role of the tide. *J Coast Conserv [Internet]*. 2020;24(5):55. Available from: <https://doi.org/10.1007/s11852-020-00775-3>

40. Fraser B. Los corredores biológicos ayudan a que las plantas se adapten al cambio climático – estudio. CIFOR Forests News. Center for International Forestry Research; 2014.
41. Lyver PO, Timoti P, Davis T, Tylianakis JM. Biocultural hysteresis inhibits adaptation to environmental change. *Trends Ecol Evol.* 2019;34(9):771–80.
42. McNamara KE, Clissold R, Westoby R, Piggott–McKellar AE, Kumar R, Clarke Tahlia and Namoumou F, et al. An assessment of community–based adaptation initiatives in the Pacific Islands. *Nat Clim Chang.* 2020;10(7):628–39.
43. Neil Adger W, Arnell NW, Tompkins EL. Successful adaptation to climate change across scales. *Glob Environ Change.* 2005;15(2):77–86.
44. Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos. La importancia de la educación ambiental. Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos. 2023.
45. Equipo Digital Alcaldía de Medellín. Educación ambiental: qué es, función, sus objetivos e importancia en la actualidad. Alcaldía de Medellín. 2023.
46. Mora Penagos WM. Desarrollo de capacidades y formación en competencias ambientales en el profesorado de ciencias. *Tecné, episteme y didaxis: revista de la Facultad de Ciencia y Tecnología.* 2015;38.
47. Chanchi–Golondrino GE, Ospina–Alarcón MA, Saba M. Sistema IoT para el monitoreo de variables climatológicas en cultivos de agricultura urbana. *Rev Cient.* 2022;44(2):257–71.
48. United Nations. ONU Cambio Climático ayudará a mejorar las tecnologías climáticas. United Nations. 2021.
49. Mazzeo N, Díaz I, Garrido L, Zurbriggen C, Steffen M, Trimble M. MONITOREO Y EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO: CÓMO APRENDER HACIENDO Y SUS IMPLICANCIAS EN LA TOMA DE DECISIONES. Unpublished; 2020.
50. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Monitoreo comunitario del clima, fundamental para la toma de decisiones en los territorios. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. 2022.
51. Naciones Unidas. Sistemas de alerta temprana | Naciones Unidas. Naciones Unidas. 2023.
52. PNUD Camboya. La AI puede impulsar los sistemas de alerta temprana. Noticias ONU. 2023.
53. Ramón–Valencia JA, Palacios–González JR, Santos–Granados GR, Ramón–Valencia JD. Early warning system on extreme weather events for disaster risk reduction. *Rev Fac Ing Univ Antioq.* 2019;(92):80–7.
54. Silvestre Espinoza E. Sistemas de alerta temprana (SAT), valiosa herramienta para prevenir riesgos. Universidad de Lima. 2023.
55. Ramón Valencia JA, Vera Mogollón DE, Vanegas Vanegas D. Diseño de sistemas de alerta temprana ante eventos extremos del clima. Experiencia SATC, Norte de Santander. Sello Editorial Universidad de Pamplona. 2020;



© 2024 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

Optimización Agroindustrial Mediante la Adaptación Genética de *Coffea arabica* y *Coffea canephora* a las Condiciones Climáticas de la Amazonía Ecuatoriana: Estudio de Caso en Arosemena Tola, Napo

Rentería-Chimbo Alejandra Elizabeth ¹   Romero-Guerra Diana Paulin ¹ 
Dávila-Ulloa Maricarmen ¹  Romero Ruiz Samantha Lisseth ¹ 

¹ Universidad Estatal Amazónica, Puyo, Pastaza, Ecuador

 Correspondencia: ae.renteriac@uea.edu.ec  + 593 95 882 3108

DOI/URL: <https://doi.org/10.53313/gwj71101>

Resumen: Este estudio explora la adaptación genética y las prácticas agrícolas sostenibles como estrategias clave para enfrentar los desafíos climáticos en la producción de café. Mediante una revisión bibliográfica cualitativa, se examinan innovaciones en genética y manejo agrícola que promueven la resiliencia y sostenibilidad de estos cultivos. Los resultados indican la importancia de técnicas como la selección tradicional, marcadores moleculares, ingeniería genética y prácticas integradas de gestión para el desarrollo de variedades resistentes y la optimización de recursos. La discusión subraya la necesidad de un enfoque integrador y colaborativo para implementar estas soluciones, considerando los contextos socioeconómicos y ecológicos específicos de la Amazonía Ecuatoriana. Concluyendo, el estudio enfatiza la viabilidad y urgencia de adoptar estas estrategias adaptativas para asegurar el futuro de la producción cafetalera en la región, destacando la colaboración interdisciplinaria y el desarrollo de políticas de apoyo como elementos cruciales para su éxito.

Palabras claves: Adaptación, Cambio climático, *Coffea Arabica*, *Coffea Canephora*.

Agroindustrial Optimization Through Genetic Adaptation of *Coffea arabica* and *Coffea canephora* to the Climatic Conditions of the Ecuadorian Amazon: Case Study in Arosemena Tola, Napo

Abstract: This study explores genetic adaptation and sustainable agricultural practices as key strategies to address climate challenges in coffee production. Through a qualitative literature review, innovations in genetics and agricultural management that promote resilience and sustainability of these crops are examined. Results indicate the importance of techniques such as traditional breeding, molecular markers, genetic engineering and integrated management practices for the development of resilient varieties and optimization of resources. The discussion underlines the need for an integrative and collaborative approach to implement these solutions, considering the



Cita: Rentería-Chimbo, A. E., Romero-Guerra, D. P., Dávila-Ulloa, M., & Romero Ruiz, S. L. (2024). Optimización Agroindustrial Mediante la Adaptación Genética de *Coffea arabica* y *Coffea canephora* a las Condiciones Climáticas de la Amazonía Ecuatoriana: Estudio de Caso en Arosemena Tola, Napo. *Green World Journal*, 7(1), 101. <https://doi.org/10.53313/gwj71101>

Received: 05/enero /2024

Accepted: 10 /febrero /2024

Published: 28/febrero /2024

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.



© 2024 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>

specific socioeconomic and ecological contexts of the Ecuadorian Amazon. In conclusion, the study emphasizes the feasibility and urgency of adopting these adaptive strategies to ensure the future of coffee production in the region, highlighting interdisciplinary collaboration and the development of supportive policies as crucial elements for their success.

Keywords: Adaptation, Climate change, Coffea Arabica, Coffea Canephora.

1. Introducción

La agricultura y la agroindustria a nivel global enfrentan desafíos críticos debido a los efectos del cambio climático, que amenazan la sostenibilidad de cultivos esenciales para la economía y la seguridad alimentaria. Entre estos, el café, específicamente las especies *Coffea arabica* y *Coffea canephora*, ocupa un lugar destacado por su relevancia económica, cultural y social en numerosos países. La producción de café se ve particularmente afectada por la variabilidad climática, que impacta negativamente en la productividad y calidad de los cultivos, poniendo en riesgo los medios de vida de millones de agricultores y las economías nacionales que dependen de este producto (1). Ante esta situación, la adaptación genética emerge como una estrategia prometedora para mejorar la resiliencia de estos cultivos a las adversidades climáticas, ofreciendo un camino hacia la sostenibilidad agroindustrial (2).

En el caso específico de Ecuador, la diversidad climática y geográfica del país proporciona una oportunidad única para el cultivo de café, especialmente en regiones como la Amazonía Ecuatoriana. Esta área, caracterizada por su clima húmedo y suelo fértil, presenta condiciones idóneas para la adaptación y el desarrollo de variedades de café más resistentes. Sin embargo, a pesar de estas ventajas naturales, la investigación sobre la adaptación genética de *Coffea arabica* y *Coffea canephora* en esta región es limitada, lo que resalta la importancia de realizar estudios enfocados en estas especies bajo las condiciones específicas de la Amazonía Ecuatoriana (3).

El presente estudio se centra en la optimización agroindustrial a través de la adaptación genética de *Coffea arabica* y *Coffea canephora* en Arosemena Tola, Napo. Este enfoque no solo busca aumentar la productividad y la calidad del café, sino también promover prácticas agrícolas sostenibles que sean resilientes al cambio climático. La adaptación genética, mediante técnicas como el mejoramiento genético y la selección de variedades, ofrece una solución viable para enfrentar los retos impuestos por las condiciones climáticas adversas, mejorando la viabilidad agroindustrial del café en la región (4,5).

Este estudio se inscribe dentro de un contexto más amplio de investigación y desarrollo que busca comprender mejor las respuestas de los cultivos al cambio climático y desarrollar estrategias efectivas para su adaptación. Al investigar la adaptación de *Coffea arabica* y *Coffea canephora* en la Amazonía Ecuatoriana, el estudio contribuye al conocimiento científico necesario para guiar las prácticas agrícolas hacia una mayor sostenibilidad y resiliencia. Además, ofrece información valiosa para los productores de café, los responsables de la formulación de políticas y la comunidad científica, subrayando la importancia de la adaptación genética como herramienta clave para asegurar el futuro de la producción de café frente a los desafíos del cambio climático.

Al abordar estas cuestiones, el estudio no solo aporta a la sostenibilidad de la producción de café en áreas vulnerables al cambio climático, sino que también contribuye significativamente al cuerpo de conocimiento sobre prácticas agrícolas resilientes. A través de este enfoque, se espera facilitar el desarrollo de estrategias adaptativas que permitan a la industria cafetalera ecuatoriana y mundial afrontar con éxito los retos futuros impuestos por el cambio climático.

El cambio climático representa uno de los desafíos más significativos para la agricultura mundial en el siglo XXI. Sus efectos adversos, como el aumento de temperaturas, la variabilidad de las precipitaciones y la intensificación de eventos climáticos extremos, tienen el potencial de alterar los patrones de producción agrícola, reduciendo la disponibilidad de alimentos y comprometiendo la seguridad alimentaria de poblaciones vulnerables (6,7). En este contexto, los cultivos de café, *Coffea arabica* y *Coffea canephora*, son particularmente susceptibles a estas alteraciones climáticas, lo que exige una respuesta inmediata y efectiva para asegurar su viabilidad futura.

La adaptación genética de los cultivos emerge como una estrategia clave para mitigar los impactos del cambio climático. Esta aproximación se basa en el desarrollo y la selección de

variedades de cultivos que sean capaces de soportar condiciones climáticas adversas, tales como temperaturas elevadas, sequías prolongadas y enfermedades emergentes exacerbadas por el cambio climático (8). La adaptación genética no solo se enfoca en preservar la productividad y calidad de los cultivos, sino también en minimizar la huella ambiental de la agricultura, promoviendo prácticas más sostenibles y resilientes.

Ecuador, con su rica biodiversidad y variedad de microclimas, ofrece un escenario único para la implementación de estas estrategias de adaptación en el cultivo de café. La Amazonía Ecuatoriana, y en particular la región de Arosemena Tola, Napo, se destaca por sus condiciones climáticas y edáficas propicias para la agricultura. Sin embargo, la falta de investigación específica en la adaptación genética de café en esta región limita su potencial de desarrollo. Este estudio busca llenar ese vacío, proporcionando evidencia científica sobre la adaptabilidad y el rendimiento de *Coffea arabica* y *Coffea canephora* en condiciones amazónicas, y ofreciendo directrices para la optimización agroindustrial basada en prácticas agrícolas sostenibles y adaptativas.

Además, este trabajo tiene el potencial de contribuir significativamente al desarrollo económico local y nacional. El café es un producto de exportación clave para Ecuador, y la mejora en la productividad y sostenibilidad de este sector puede tener efectos positivos amplios en la economía. Al desarrollar variedades de café más resistentes y productivas, este estudio apoya la competitividad del café ecuatoriano en el mercado global, al mismo tiempo que asegura su sostenibilidad ambiental.

Desde una perspectiva más amplia, la adaptación genética de cultivos como el café tiene implicaciones significativas para la adaptación al cambio climático a nivel global. Al mejorar la resiliencia de los cultivos a las condiciones climáticas cambiantes, se pueden mitigar los impactos negativos en la seguridad alimentaria y los medios de vida agrícolas. Este enfoque también resalta la importancia de la investigación agronómica y genética en la formulación de respuestas adaptativas al cambio climático, subrayando el papel vital de la ciencia y la tecnología en la construcción de un futuro más sostenible y resiliente.

En conclusión, el presente estudio sobre la optimización agroindustrial mediante la adaptación genética de *Coffea arabica* y *Coffea canephora* en la Amazonía Ecuatoriana no solo aborda una necesidad crítica en el sector cafetalero, sino que también ofrece insights valiosos para la adaptación al cambio climático en la agricultura en general. A través de este enfoque, se espera no solo incrementar la sostenibilidad y productividad del café en Arosemena Tola, Napo, sino también contribuir al cuerpo de conocimiento global sobre estrategias efectivas de adaptación para la seguridad alimentaria y el desarrollo sostenible.

2. Materiales y métodos

Este estudio se enmarca dentro de una investigación cualitativa, con un enfoque de revisión bibliográfica, destinado a comprender en profundidad cómo la adaptación genética de *Coffea arabica* y *Coffea canephora* puede optimizar la agroindustria bajo las condiciones climáticas específicas de la Amazonía Ecuatoriana. A través de esta metodología, se busca sintetizar y analizar exhaustivamente la literatura existente, identificando patrones, tendencias y brechas en el conocimiento actual que puedan guiar futuras investigaciones y prácticas agrícolas sostenibles en la región de Arosemena Tola, Napo. La búsqueda de literatura se realizó en bases de datos académicas reconocidas, incluyendo Scopus, Google Scholar y bases de datos específicas de agricultura y ciencias ambientales, como Agricola y CAB Abstracts. Se utilizaron palabras clave relacionadas con la adaptación genética del café, el impacto del cambio climático en la agricultura tropical y la sostenibilidad agroindustrial en la Amazonía.

La información recopilada se sometió a un análisis de contenido cualitativo, utilizando el software NVivo para facilitar la organización y codificación de los datos. Este proceso permitió la identificación de temas recurrentes, tales como estrategias de adaptación genética, impactos del cambio climático en la producción de café y prácticas de manejo sostenible en la agroindustria. Además, se realizó un análisis crítico de las metodologías empleadas en los estudios revisados, evaluando su aplicabilidad y relevancia para las condiciones específicas de la Amazonía Ecuatoriana. La síntesis de la literatura se orientó hacia la construcción de una narrativa coherente que vincula los hallazgos clave de la investigación previa con el contexto específico de este

estudio. Se prestó especial atención a los estudios de caso y experiencias prácticas de adaptación de *Coffea arabica* y *Coffea canephora* en regiones con condiciones climáticas similares a las de Arosemena Tola, Napo. Este enfoque permitió no solo identificar estrategias de adaptación exitosas sino también comprender los desafíos y limitaciones enfrentados por los agricultores y científicos en el proceso de adaptación genética.

Aunque este estudio se basa exclusivamente en la revisión de literatura y no involucra la recolección directa de datos de sujetos humanos, se mantuvo un compromiso firme con los principios éticos de la investigación. Esto incluyó la adecuada atribución de todas las fuentes consultadas y el esfuerzo por interpretar y representar fielmente los hallazgos de los estudios revisados, evitando la tergiversación o sesgo. Es importante reconocer las limitaciones inherentes a una metodología de revisión bibliográfica. Aunque este enfoque permite una amplia comprensión del tema y la identificación de tendencias y brechas en la literatura, la disponibilidad y accesibilidad de los estudios relevantes pueden restringir la amplitud de la síntesis. Además, la interpretación cualitativa de los datos está sujeta a la subjetividad del investigador, lo que subraya la importancia de un enfoque crítico y reflexivo en el análisis.

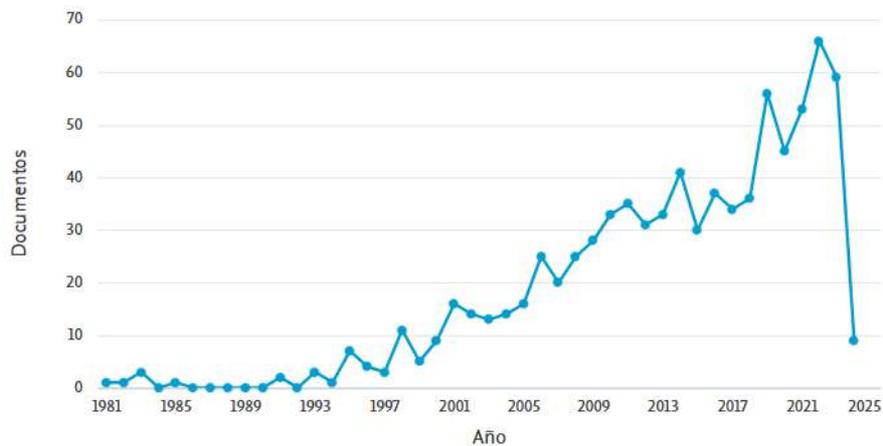


Figura 1. Aportaciones en el tiempo. Scopus.

La figura 1, muestra un gráfico de línea que ilustra una tendencia general ascendente en la cantidad de documentos a lo largo del tiempo. El gráfico sugiere un crecimiento sostenido en el interés y posiblemente en la inversión en investigación, evidenciado por el aumento en la producción de documentos. Comenzando con una cantidad relativamente baja, el interés parece haber crecido de manera modesta inicialmente y luego de manera más pronunciada, alcanzando su punto máximo cerca del final del período representado. Este pico podría indicar un año particularmente activo en términos de publicaciones o descubrimientos en el campo en cuestión.

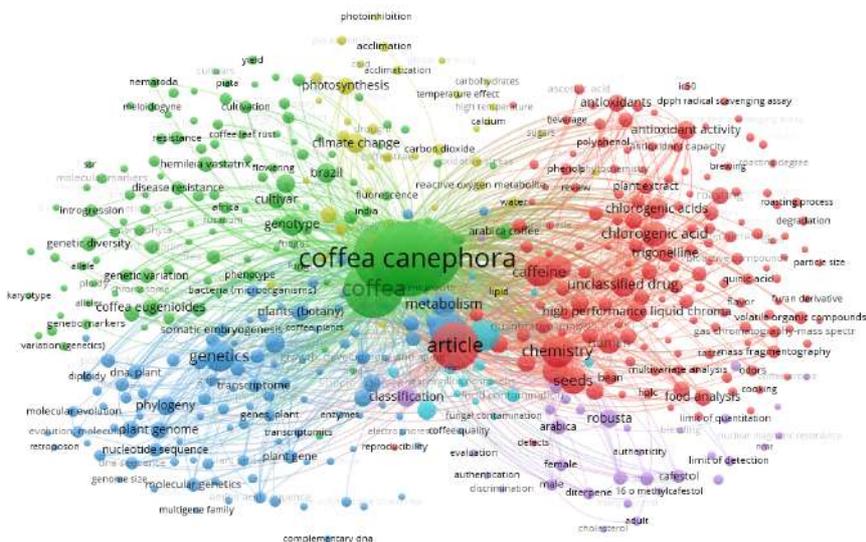


Figura 2. Palabra clave. Analizado mediante VOSviewer (2024)

La figura 2, siendo un mapa de palabras clave relacionado con el café y la investigación en esta área. Las palabras más grandes, como "Coffea canephora", "article", "caffeine" y "genetics", sugieren que son términos frecuentemente mencionados en la literatura relacionada, indicando áreas clave de enfoque en la investigación sobre el café. Los términos relacionados con "genetics" y "genomics" sugieren una concentración en la investigación genética, lo cual es coherente con el enfoque en la mejora de las plantas de café y la adaptación a los desafíos como el cambio climático.

El mapa utiliza diferentes colores para agrupar términos relacionados, lo que ayuda a visualizar cómo los conceptos están interconectados. Por ejemplo, los términos en verde podrían estar relacionados con la biología y genética de la planta, mientras que los rojos podrían referirse a la química y propiedades de los granos de café, como "antioxidant activity" y "chlorogenic acids", que son compuestos relacionados con los beneficios para la salud y la calidad del café. La imagen proporciona una representación visual de los temas prevalentes y de interés en el ámbito de la investigación del café, destacando áreas de estudio como la genética de la planta, la bioquímica de los granos, la mejora de la producción y la adaptación al cambio climático.

3. Resultados

3.1. Adaptación Genética de *Coffea arabica* y *Coffea canephora*

3.1.1. Estrategias de Mejoramiento Genético

3.1.1.1. Selección tradicional y marcadores moleculares

La optimización agroindustrial mediante la adaptación genética de *Coffea arabica* y *Coffea canephora* enfrenta desafíos significativos y oportunidades en el contexto de la Amazonía Ecuatoriana. Los enfoques de selección tradicional, complementados con técnicas avanzadas de marcadores moleculares, se han identificado como estrategias clave para la mejora genética de estas especies de café, buscando desarrollar variedades que sean productivas y resistentes a las adversidades climáticas y enfermedades (9–12).

Selección Tradicional

La selección tradicional ha desempeñado un papel crucial en la mejora de los cultivos de café, aprovechando la rica diversidad genética natural que presentan estas especies. Mediante este proceso, se han podido identificar y seleccionar individuos que muestran características particularmente deseables, tales como un mayor rendimiento en la cosecha, una calidad superior del grano, y una robusta resistencia frente a diversas enfermedades que suelen afectar a estos cultivos (13,14).

Marcadores Moleculares

Los marcadores moleculares han transformado radicalmente los métodos de selección y mejora de cultivos, introduciendo una era de precisión genética sin precedentes en la agricultura. Esta revolucionaria técnica permite a los científicos y mejoradores de plantas identificar con exactitud las características genéticas deseables a nivel molecular, lo que supone un avance significativo respecto a los métodos tradicionales basados en la observación fenotípica. En el caso específico del café, una de las commodities agrícolas más valiosas a nivel mundial, la aplicación de los marcadores moleculares ha abierto nuevas vías para el desarrollo de variedades superiores (15).

Ingeniería genética y edición genómica

La ingeniería genética y la edición genómica han abierto nuevas posibilidades en la mejora de cultivos de café, permitiendo la modificación precisa de genes específicos para lograr características deseables como resistencia a enfermedades, adaptación al cambio climático y mejora de la calidad del grano. A diferencia de los métodos tradicionales de mejora genética, estas tecnologías ofrecen la posibilidad de realizar cambios genéticos específicos en un tiempo mucho más corto y de manera más controlada.

3.1.1.2.1. Ingeniería Genética en Café

La ingeniería genética ha marcado un hito en el desarrollo y mejora de cultivos agrícolas, incluyendo especies de café tan importantes como *Coffea arabica* y *Coffea canephora* (conocida también como robusta). Esta tecnología avanzada permite la inserción directa de genes de interés en el genoma de las plantas, brindando la posibilidad de conferir características específicas que no se lograrían fácilmente a través de métodos de mejora tradicionales o incluso mediante el uso

de marcadores moleculares. En el ámbito del café, estas características pueden incluir resistencia a enfermedades y plagas, así como la tolerancia a factores abióticos adversos, tales como la sequía y el frío, que son de especial interés dado el impacto del cambio climático en la agricultura global (16).

3.1.1.2.2. Edición Genómica mediante CRISPR/Cas9

La edición genómica, particularmente a través de CRISPR/Cas9, ha emergido como una herramienta revolucionaria en la mejora genética del café. Esta tecnología permite la edición precisa del genoma, corrigiendo o alterando secuencias genéticas específicas para mejorar características como la calidad del grano, la cafeína en los granos y la resistencia a condiciones ambientales adversas (17).

3.1.2. Respuestas Fisiológicas al Cambio Climático

3.1.2.1. Tolerancia a la sequía

La tolerancia a la sequía en las plantas de café se puede abordar mediante estrategias de mejora genética que busquen identificar y explotar la variabilidad genética natural o mediante técnicas de biotecnología moderna, como la ingeniería genética y la edición genómica. Estas estrategias se centran en la identificación de genes relacionados con la tolerancia a la sequía y la manipulación de estos genes para mejorar la capacidad de las plantas para resistir períodos de escasez de agua.

3.1.2.1.1. Mejora Genética Convencional

La mejora genética convencional en el cultivo de café, así como en otros cultivos agrícolas, ha sido un pilar fundamental en el desarrollo de variedades más resilientes y productivas, adaptadas a los desafíos ambientales específicos como la sequía. Este enfoque tradicional de selección se basa en la evaluación fenotípica, es decir, en la observación directa y medición de las características físicas y biológicas de las plantas, bajo condiciones controladas de estrés hídrico. La meta es identificar y seleccionar aquellas variedades que muestran una mayor resistencia o tolerancia a la falta de agua, manteniendo al mismo tiempo un rendimiento agrícola aceptable (18).

Proceso de Selección Fenotípica

El proceso de selección fenotípica en la mejora genética convencional del café implica varios pasos críticos:

- **Evaluación de Estrés Hídrico:** Las plantas se someten intencionalmente a condiciones de sequía durante periodos críticos de su ciclo de crecimiento para simular los efectos del estrés hídrico. Esto permite a los mejoradores observar cómo diferentes variedades responden a la falta de agua.
- **Selección Basada en Rendimiento y Calidad:** Las variedades que logran mantener un rendimiento aceptable en términos de cantidad y calidad del grano bajo estrés son candidatas para una selección posterior. Este criterio asegura que la mejora para la tolerancia a la sequía no comprometa las características comerciales esenciales del café.
- **Observación de Rasgos Adaptativos:** Además del rendimiento, se valoran características adaptativas específicas que contribuyen a la tolerancia a la sequía, como la eficiencia en el uso del agua, la profundidad del sistema radicular, la tasa de transpiración, y la capacidad de las plantas para recuperarse después de períodos de estrés hídrico.
- **Selección y Mejora Continua:** Las variedades seleccionadas son sometidas a ciclos sucesivos de cruzamientos y selecciones para combinar la tolerancia a la sequía con otras características deseables, como la resistencia a enfermedades y la calidad del grano.

Ventajas y Limitaciones

La mejora genética convencional tiene la ventaja de ser una tecnología accesible y no requerir manipulación genética avanzada, lo que facilita su aceptación por parte de productores y consumidores. Además, aprovecha la diversidad genética natural del café, lo cual es crucial para la adaptabilidad a largo plazo de las variedades.

3.1.2.1.2. Identificación de Marcadores Genéticos

La identificación de marcadores genéticos asociados con la tolerancia a la sequía ha revolucionado las estrategias de mejora de cultivos, incluido el café, al permitir un enfoque más preciso y dirigido. Los marcadores genéticos son secuencias de ADN que se encuentran cerca de los genes que controlan rasgos de interés, como la tolerancia a la sequía, y pueden usarse como indicadores para la presencia de estos genes. La Selección Asistida por Marcadores (SAM) aprovecha estos marcadores para identificar y seleccionar individuos que poseen los rasgos deseados, incluso sin que los rasgos se manifiesten fenotípicamente. Este enfoque tiene el potencial de acelerar significativamente el proceso de mejora de cultivos al reducir la necesidad de largos periodos de evaluación fenotípica bajo condiciones de estrés (19–22).

Funcionamiento de la SAM

La SAM implica varios pasos clave:

- **Identificación de Marcadores Genéticos:** El primer paso es identificar marcadores genéticos específicos asociados con la tolerancia a la sequía. Esto se logra mediante el análisis genómico y estudios de asociación que correlacionan la presencia de ciertos marcadores con la manifestación del rasgo deseado bajo condiciones de estrés hídrico.
- **Desarrollo de Pruebas de Diagnóstico:** Una vez identificados, estos marcadores se utilizan para desarrollar pruebas moleculares que pueden detectar rápidamente la presencia o ausencia de genes de tolerancia a la sequía en las plantas de café.
- **Selección de Individuos:** Con estas pruebas, los mejoradores pueden seleccionar de manera eficiente las plantas que portan los alelos deseables para la tolerancia a la sequía desde las primeras etapas de desarrollo, mucho antes de que los rasgos se manifiesten fenotípicamente.
- **Mejora y Cruzamiento:** Las plantas seleccionadas se utilizan luego en programas de mejora y cruzamientos dirigidos para desarrollar nuevas variedades que combinan la tolerancia a la sequía con otros rasgos importantes, como el rendimiento y la calidad del grano.

Ventajas de la SAM

La SAM ofrece varias ventajas sobre los métodos convencionales de selección:

- **Eficiencia:** Reduce el tiempo y los recursos necesarios para desarrollar variedades tolerantes a la sequía, ya que permite la selección temprana de plantas con los rasgos deseados.
- **Precisión:** Aumenta la precisión de la selección al basarse en información genética, evitando el impacto de factores ambientales que pueden influir en la evaluación fenotípica.
- **Versatilidad:** Puede combinarse con otras técnicas de mejora genética y biotecnología para integrar múltiples rasgos de interés en una sola variedad.

Desafíos y Consideraciones

A pesar de sus ventajas, la implementación de la SAM enfrenta desafíos, como la necesidad de una inversión inicial significativa en investigación genómica y desarrollo de marcadores. Además, la efectividad de la SAM depende de la complejidad genética del rasgo de interés; rasgos controlados por múltiples genes (poligénicos) y fuertemente influenciados por el ambiente pueden ser más difíciles de mejorar mediante esta técnica.

3.1.2.1.3. Edición Genómica

La edición genómica, y en particular la técnica CRISPR/Cas9, ha emergido como una herramienta revolucionaria en la biotecnología agrícola, ofreciendo posibilidades sin precedentes para la mejora dirigida de cultivos, incluido el café. CRISPR/Cas9 permite la modificación precisa del ADN en loci específicos, lo que significa que los científicos pueden dirigirse y alterar genes específicos responsables de la respuesta de las plantas a la sequía. Esta capacidad de edición precisa abre nuevas vías para mejorar la tolerancia a la sequía en las plantas de café a través de varios mecanismos, como la alteración de las vías de señalización hormonal, la mejora de la eficiencia en el uso del agua, y la modificación de la expresión de genes que codifican proteínas que protegen a las plantas contra el estrés (23).

Mecanismos de Mejora mediante CRISPR/Cas9

- **Alteración de Vías de Señalización Hormonal:** Las hormonas vegetales, como el ácido abscísico (ABA), juegan un papel crucial en la respuesta de las plantas a la sequía, regulando procesos como el cierre de los estomas para minimizar la pérdida de agua. Mediante CRISPR/Cas9, se pueden realizar ajustes precisos en los genes involucrados en estas vías de señalización, potenciando la capacidad de las plantas para conservar agua bajo condiciones de estrés hídrico.
- **Mejora de la Eficiencia del Uso del Agua:** La edición genómica puede dirigirse a genes que influyen en la eficiencia con la que las plantas utilizan el agua, permitiendo el desarrollo de variedades que crecen y producen con menos agua. Esto incluye la mejora de la fotosíntesis y la reducción de la transpiración innecesaria.
- **Modificación de la Expresión de Genes de Proteínas Protectoras:** Las proteínas como las chaperonas moleculares y las enzimas antioxidantes ayudan a las plantas a combatir el daño causado por el estrés abiótico, incluida la sequía. Editando genes para aumentar la expresión de estas proteínas protectoras, las plantas pueden ser más resilientes a las condiciones de estrés.

3.1.2.2. Resistencia a temperaturas extremas

Las temperaturas extremas, tanto bajas que conducen a heladas como altas que resultan en estrés térmico, presentan desafíos significativos para la producción de café, afectando adversamente el crecimiento de las plantas, su desarrollo, y finalmente, su rendimiento. Para abordar estos desafíos, la mejora genética y las técnicas biotecnológicas avanzadas se están empleando para desarrollar variedades de café más resilientes a estas condiciones extremas. Estos esfuerzos incluyen tanto métodos tradicionales de mejoramiento como enfoques modernos de biotecnología, como la ingeniería genética y la edición genómica, con el objetivo de introducir y optimizar rasgos de resistencia a las temperaturas extremas en las plantas de café.

3.1.2.2.1. Mejora Genética para Resistencia al Frío

La selección de variedades nativas de café y la creación de híbridos que exhiban mayor resistencia al frío constituyen estrategias fundamentales en el campo de la mejora genética para enfrentar los desafíos climáticos, especialmente en regiones susceptibles a temperaturas bajas que pueden afectar negativamente la producción de café. La clave para el éxito de estas estrategias radica en la identificación y manipulación de genes específicos asociados con la resistencia al frío, lo que permite el desarrollo de plantas de café más robustas capaces de sobrevivir, adaptarse y mantener su productividad bajo condiciones de baja temperatura (24).

Estrategias para Mejorar la Resistencia al Frío en Café

- **Selección de Variedades Nativas:** La exploración de la diversidad genética existente dentro de las especies de café puede revelar variedades nativas que naturalmente poseen una mayor tolerancia al frío. Estas variedades pueden ser seleccionadas para su cultivo en áreas propensas a bajas temperaturas o utilizadas como progenitores en programas de mejoramiento para transferir rasgos de resistencia al frío a otras líneas de café.
- **Creación de Híbridos Resistentes al Frío:** El cruzamiento dirigido de variedades seleccionadas por su resistencia al frío con otras variedades que ofrecen características deseables (como calidad del grano, rendimiento, o resistencia a enfermedades) puede resultar en la creación de híbridos que combinen estos rasgos valiosos, incluida la tolerancia a bajas temperaturas.
- **Identificación y Manipulación de Genes Relacionados con la Resistencia al Frío:** Avances en la genómica y biotecnología han facilitado la identificación de genes específicos que contribuyen a la resistencia al frío en las plantas. La comprensión de cómo estos genes afectan la tolerancia al frío permite el desarrollo de estrategias para manipularlos, ya sea aumentando su expresión o introduciendo genes de resistencia al frío de otras especies a través de técnicas de ingeniería genética.

Aplicaciones y Beneficios

- **Mejora de la Resiliencia Climática:** Al desarrollar variedades de café más resistentes al frío, se puede mejorar la resiliencia de los cultivos frente a las fluctuaciones climáticas, asegurando la producción en áreas anteriormente consideradas marginales debido a su vulnerabilidad a bajas temperaturas.

- **Expansión de Zonas de Cultivo:** Con variedades más tolerantes al frío, es posible expandir las zonas de cultivo de café a regiones que tradicionalmente no eran adecuadas debido a sus condiciones climáticas, contribuyendo a la diversificación y estabilidad de la producción de café a nivel global.

3.1.2.2.2. Tolerancia al Calor mediante la Selección Asistida por Marcadores

La selección asistida por marcadores (SAM) emerge como una herramienta poderosa en la mejora genética del café, particularmente en la búsqueda de variedades capaces de soportar condiciones de calor extremo. Esta estrategia se basa en el uso de marcadores genéticos específicos asociados con la tolerancia al calor, lo que permite una selección más eficiente y precisa de las plantas con las características deseadas sin depender exclusivamente de la evaluación fenotípica, que puede ser más lenta y menos precisa (25).

Principios de la SAM en la Tolerancia al Calor

- **Identificación de Marcadores Genéticos:** La primera etapa en la SAM implica la identificación de secuencias de ADN que estén estrechamente vinculadas a los genes responsables de la regulación térmica y la protección contra el daño por estrés térmico. Estos marcadores sirven como indicadores para la presencia de genes de interés que confieren tolerancia al calor.
- **Selección de Variedades:** Utilizando estos marcadores, los mejoradores pueden analizar rápidamente el material genético de un gran número de individuos para identificar aquellos que poseen las variantes genéticas deseadas. Esto acelera significativamente el proceso de selección, permitiendo a los mejoradores centrarse en las plantas con una mayor probabilidad de éxito en condiciones de calor extremo.

Aplicaciones y Beneficios

- **Eficiencia Mejorada:** La SAM permite una selección más rápida y precisa en comparación con los métodos convencionales, reduciendo el tiempo y los recursos necesarios para desarrollar variedades tolerantes al calor.
- **Desarrollo de Variedades Resilientes:** Al identificar variedades con una mejor tolerancia al calor, es posible mejorar la resiliencia del café a las olas de calor y al estrés térmico, condiciones que se están volviendo más frecuentes y severas debido al cambio climático.
- **Mejora de la Productividad y Calidad:** Las variedades seleccionadas para tolerancia al calor no solo pueden mantener su rendimiento bajo temperaturas elevadas sino también preservar o incluso mejorar la calidad del grano, un aspecto crucial para los productores de café y consumidores.

3.1.2.2.3. Edición Genómica para Mejorar la Resistencia a Temperaturas Extremas

La tecnología CRISPR/Cas9, junto con otras técnicas avanzadas de edición genómica, representa una revolución en la mejora genética de cultivos, incluido el café. Estas herramientas permiten modificar de manera precisa los genes responsables de las respuestas a temperaturas extremas, abriendo caminos innovadores para el desarrollo de variedades de café con mecanismos de defensa térmica mejorados. Esta precisión en la edición genética brinda una oportunidad sin precedentes para abordar desafíos específicos del cultivo, como la resistencia al calor y al frío, de manera más eficaz y en tiempos más cortos que los métodos tradicionales de mejoramiento (26).

- **Mecanismos de Defensa contra el Estrés Térmico**

Las plantas de café, como otros organismos, tienen mecanismos naturales para enfrentar el estrés térmico, que incluyen la regulación de proteínas de choque térmico, antioxidantes, y vías de señalización hormonal. Estos mecanismos pueden ser alterados o potenciados mediante la edición genómica para mejorar la tolerancia a temperaturas extremas.

3.1.3. Adaptaciones al Manejo Agronómico

3.1.3.1. Prácticas de cultivo sostenible

Las prácticas sostenibles en la agricultura del café incluyen una amplia gama de técnicas y estrategias que se centran en la conservación del suelo, el manejo eficiente del agua, la diversificación de cultivos, y el control biológico de plagas y enfermedades. Estas prácticas no solo benefician al medio ambiente sino que también pueden contribuir a mejorar la calidad y cantidad de la producción de café.

3.1.3.1.1. Conservación del Suelo y Manejo del Agua

Las técnicas de conservación del suelo y los sistemas de riego eficientes juegan roles fundamentales en la agricultura sostenible, especialmente en el cultivo del café, donde la erosión del suelo y el manejo eficiente del agua son preocupaciones críticas. La adopción de estas prácticas no solo contribuye a la sostenibilidad ambiental, sino que también puede mejorar significativamente la salud y productividad de los cultivos de café (27).

Técnicas de Conservación del Suelo

- Cobertura Vegetal: El uso de plantas de cobertura entre los cultivos de café protege el suelo contra la erosión causada por el viento y el agua. Esta práctica ayuda a mantener la estructura del suelo, promover la biodiversidad y mejorar la retención de agua y los ciclos de nutrientes.
- Terrazas: En zonas inclinadas, las terrazas reducen la velocidad del escurrimiento del agua, disminuyendo la erosión y permitiendo una mayor infiltración de agua en el suelo. Esto es particularmente valioso en las regiones cafetaleras montañosas.
- Barreras Vivas: Consisten en filas de árboles o arbustos plantados entre o alrededor de los cultivos de café. Estas barreras no solo reducen la erosión del suelo sino que también pueden proporcionar hábitat para la fauna beneficiosa, contribuyendo a la biodiversidad del agroecosistema.

3.1.3.1.2. Diversificación de Cultivos y Agroforestería

La diversificación mediante cultivos intercalados y la práctica de la agroforestería son estrategias agrícolas sostenibles clave que ofrecen múltiples beneficios ambientales, económicos y sociales, especialmente en el contexto del cultivo de café. Al integrar árboles y otros cultivos dentro de las plantaciones de café, los agricultores pueden crear sistemas agrícolas resilientes que promueven la biodiversidad, mejoran la salud del suelo, y ofrecen protección contra los impactos negativos de los extremos climáticos (28).

3.1.3.1.3. Control Biológico de Plagas y Enfermedades

El Manejo Integrado de Plagas (MIP) representa un enfoque holístico y sostenible para la gestión de plagas en la agricultura, especialmente en cultivos como el café, donde el equilibrio ecológico es crucial para la productividad y la sostenibilidad a largo plazo. Al incorporar controladores biológicos naturales, como insectos beneficiosos, hongos y bacterias, el MIP busca reducir la dependencia de pesticidas químicos, mitigando así sus impactos negativos sobre el medio ambiente y la salud humana (29).

3.1.3.2. Gestión integrada de plagas y enfermedades

La gestión integrada de plagas y enfermedades en los cultivos de café implica la combinación de prácticas culturales, biológicas, genéticas, y en algunos casos, químicas, para controlar de manera efectiva las plagas y enfermedades, minimizando los impactos ambientales negativos y los riesgos para la salud humana (29). A continuación se muestran algunas de estas estrategias en la tabla 1:

Tabla 1

Estrategias en la gestión integrada

Categoría	Estrategias y Prácticas
Prácticas Culturales	– Rotación de cultivos y diversificación. – Labranza mínima y acolchado. – Eliminación y manejo adecuado de residuos de cultivos y plantas enfermas.
Control Biológico	– Uso de enemigos naturales (insectos depredadores, parásitos, patógenos). – Aplicación de microorganismos beneficiosos.
Mejoramiento Genético	– Desarrollo y uso de variedades resistentes o tolerantes. – Incorporación de genes de resistencia mediante mejoramiento convencional o ingeniería genética.
Uso de Productos Químicos	– Aplicación dirigida y dosificada de productos químicos de menor toxicidad. – Rotación de diferentes clases de pesticidas para prevenir resistencia.

Monitoreo y Toma de Decisiones Basada en Umbrales	– Inspección regular de cultivos. – Establecimiento de umbrales de acción para intervención.
Educación y Capacitación	– Entrenamiento en identificación de plagas y enfermedades. – Promoción de prácticas de manejo seguras y efectivas.
Legislación y Políticas de Apoyo	– Desarrollo de políticas para promover la gestión integrada. – Regulaciones para el uso seguro de pesticidas y protección de enemigos naturales.

Nota: Autores (2024)

3.1.3.2.1. Prácticas Culturales

Las prácticas culturales en la agricultura, especialmente en el contexto de las plantaciones de café, son fundamentales para la gestión sostenible de plagas y enfermedades. Estas prácticas se centran en la manipulación del ambiente o del comportamiento de las plantas para hacerlas menos vulnerables a los ataques de plagas y enfermedades. Al implementar estas estrategias, los agricultores pueden mejorar significativamente la salud y la productividad de sus cultivos, reduciendo al mismo tiempo la necesidad de intervenciones químicas (29).

Principales Prácticas Culturales en Plantaciones de Café

- **Rotación de Cultivos:** Alternar el café con otros cultivos puede interrumpir el ciclo de vida de plagas y enfermedades específicas del café. Esta práctica ayuda a reducir la acumulación de patógenos y plagas en el suelo, minimizando los riesgos de infecciones en los ciclos sucesivos de cultivo.
- **Selección de Sitios Adecuados para la Plantación:** Elegir lugares con condiciones óptimas para el cultivo de café (como la altitud, orientación solar, y drenaje adecuado) puede disminuir la vulnerabilidad de las plantas a ciertas plagas y enfermedades. Un buen drenaje, por ejemplo, puede prevenir enfermedades fúngicas que prosperan en condiciones de humedad.
- **Manejo Adecuado del Suelo y del Agua:** Mantener la salud del suelo mediante la incorporación de materia orgánica y asegurar un riego adecuado puede fortalecer las plantas de café, haciéndolas más resilientes a plagas y enfermedades. Un suelo sano promueve un sistema radicular fuerte, esencial para la absorción de nutrientes y agua.
- **Eliminación de Residuos de Cultivos y Hospederos Alternativos:** La limpieza de restos de cultivos y la eliminación de malezas que pueden servir como hospederos para plagas y patógenos son cruciales para reducir su población. Esto incluye la gestión de los residuos de poda y la eliminación de plantas enfermas o infestadas para evitar que se conviertan en fuentes de infección.
- **Uso de Variedades Resistentes:** La selección y plantación de variedades de café resistentes o tolerantes a plagas y enfermedades específicas es una práctica cultural efectiva. Estas variedades han sido desarrolladas para poseer características genéticas que las protegen contra ciertos patógenos y plagas.
- **Distanciamiento y Densidad de Plantación Adecuados:** Ajustar la distancia entre las plantas y su densidad puede mejorar la circulación del aire y reducir la humedad relativa alrededor del follaje, disminuyendo así la incidencia de enfermedades fúngicas y bacterianas.

3.1.3.2.2. Control Biológico

El control biológico representa una estrategia ecológica clave en el manejo integrado de plagas y enfermedades en la agricultura, incluyendo las plantaciones de café. Al aprovechar los enemigos naturales de las plagas, esta metodología ofrece una alternativa sostenible y respetuosa con el medio ambiente a los pesticidas químicos, minimizando su uso y sus impactos negativos asociados (30).

Principales Componentes del Control Biológico

- **Predadores:** Son organismos que se alimentan de plagas. En el contexto del café, ciertos insectos y ácaros beneficiosos pueden consumir una amplia gama de plagas, incluyendo áfidos, cochinillas y larvas de insectos.
- **Parasitoides:** Insectos que depositan sus huevos en o sobre una plaga hospedera; las larvas del parasitoide se alimentan del hospedero, eventualmente causando su

muerte. Los parasitoides son especialmente valiosos en el control de poblaciones de insectos plaga, como las brocas del café.

- Patógenos: Microorganismos como hongos, bacterias, y virus que causan enfermedades en las plagas. Estos agentes biológicos pueden ser específicos de ciertas plagas y se utilizan para su control sin afectar a otros organismos no objetivo.

Para una implementación exitosa, es crucial el conocimiento detallado de la dinámica poblacional de las plagas y sus enemigos naturales, así como las condiciones ambientales que afectan su eficacia. La integración del control biológico en un plan de manejo integrado de plagas (MIP) permite a los agricultores manejar las poblaciones de plagas de manera efectiva, manteniendo al mismo tiempo la salud del ecosistema agrícola.

3.1.3.2.3. Resistencia Genética

La incorporación de variedades de café resistentes a plagas y enfermedades constituye una estrategia fundamental en el manejo sostenible de los cultivos de café, minimizando la necesidad de intervenciones químicas y promoviendo prácticas agrícolas más amigables con el ambiente. Esta aproximación se apoya en la mejora genética, aprovechando tanto técnicas convencionales como avances biotecnológicos, para desarrollar plantas de café con resistencias específicas (31).

El uso de variedades resistentes también contribuye a la estabilidad de la producción, ya que las plantas son más capaces de soportar ataques de plagas y enfermedades sin una reducción significativa en la cantidad o calidad de la cosecha. Esto es particularmente importante para los pequeños productores de café, quienes a menudo son los más afectados por los brotes de enfermedades y plagas debido a la falta de recursos para combatirlos eficazmente. La mejora genética convencional ha sido utilizada durante mucho tiempo para desarrollar nuevas variedades de café con resistencia a problemas específicos. Este proceso implica seleccionar y cruzar plantas con características deseables, como la resistencia a una enfermedad particular, y luego seleccionar las mejores plantas de las generaciones subsiguientes para continuar el mejoramiento.

3.1.3.2.4. Uso Racional de Agroquímicos

Cuando es necesario el uso de agroquímicos, la MIP promueve su uso racional, seleccionando productos específicos para el objetivo, dosis mínimas efectivas, y la rotación de modos de acción para evitar el desarrollo de resistencia. El monitoreo constante de plagas y enfermedades es crucial para aplicar tratamientos solo cuando sea estrictamente necesario, según umbrales económicos predefinidos.

3.2. Impactos del Cambio Climático en la Producción de Café

3.2.1. Variabilidad Climática y Rendimiento de Cultivos

3.2.1.1. Efectos de las variaciones de temperatura y precipitación

3.2.1.1.1. Impacto en la Fisiología de las Plantas de Café

Las variaciones en temperatura afectan la fotosíntesis, la respiración, la floración y la maduración de los frutos del café. Temperaturas más altas pueden acelerar estos procesos, pero también pueden aumentar el estrés hídrico y reducir la productividad si no van acompañadas de un aumento proporcional en la disponibilidad de agua (32). Por otro lado, temperaturas más bajas o heladas pueden dañar las plantaciones de café, especialmente en regiones no tradicionales para su cultivo.

Las variaciones en la precipitación tienen un impacto significativo en la producción de café, afectando tanto la cantidad como la calidad del grano producido. La gestión adecuada del agua y la adaptación a estas variaciones son cruciales para asegurar la sostenibilidad de las plantaciones de café. A continuación, se describen los efectos de la precipitación en el café y algunas estrategias de adaptación (33):

Efectos de la Variación de Precipitación en el Café

- Sequía: Periodos prolongados sin lluvia pueden limitar la disponibilidad de agua, afectando el crecimiento y desarrollo de las plantas de café, lo que resulta en una reducción del tamaño y la calidad de los granos. La falta de agua también puede impactar negativamente en la floración y la fijación de los frutos, reduciendo significativamente los rendimientos.

- **Precipitación Excesiva:** Por otro lado, un exceso de lluvia puede causar saturación del suelo, lo que limita la disponibilidad de oxígeno para las raíces, conduciendo a la asfixia radicular y al deterioro de las plantas. Además, la humedad elevada favorece la aparición y propagación de enfermedades fúngicas, como la roya del café y la antracnosis, que pueden devastar plantaciones enteras.

Estrategias de Adaptación

Mejora Genética

- **Variedades Resistentes a la Sequía:** Desarrollar y promover el uso de variedades de café genéticamente adaptadas para soportar periodos de sequía. Estas variedades pueden poseer características como sistemas radiculares más profundos o eficiencia mejorada en el uso del agua.
- **Resistencia a Enfermedades:** La selección y mejora de variedades resistentes a enfermedades fúngicas son esenciales para minimizar las pérdidas en condiciones de alta humedad.

Manejo Agronómico

- **Conservación del Agua:** Implementar prácticas de conservación del agua como el mulching, que ayuda a retener la humedad del suelo, y sistemas de riego eficientes, como el riego por goteo, para optimizar el uso del agua durante periodos secos.
- **Drenaje:** Mejorar el drenaje en las plantaciones de café para evitar el encharcamiento del suelo y reducir el riesgo de enfermedades radiculares en periodos de lluvia intensa.

Manejo Integrado de Enfermedades

- **Monitoreo y Control:** Establecer prácticas de monitoreo para detectar tempranamente la presencia de enfermedades y aplicar medidas de control integrado, incluyendo el uso de fungicidas cuando sea necesario y prácticas culturales que reduzcan la humedad en el follaje y el suelo.

Adaptación al Cambio Climático

- **Diversificación de Cultivos:** La diversificación con otros cultivos puede reducir la dependencia del café como única fuente de ingreso, proporcionando una red de seguridad en años de malas cosechas debido a la variabilidad climática.
- **Agroforestería:** Integrar árboles en las plantaciones de café para crear microclimas más estables, reducir la evaporación del agua y mejorar la infiltración de agua en el suelo, lo que puede ayudar a mitigar los efectos tanto de la sequía como del exceso de lluvia.

3.2.1.1.2. Distribución Geográfica de Plagas y Enfermedades

El cambio climático también altera la distribución geográfica de las plagas y enfermedades que afectan al café, con organismos patógenos y plagas desplazándose a altitudes y latitudes donde anteriormente no eran prevalentes, debido a las condiciones climáticas más favorables (34). Esto representa un desafío adicional para la gestión de plagas y enfermedades en las plantaciones de café.

3.2.1.1.3. Adaptación y Estrategias de Mitigación

La adaptación a estos cambios requiere el desarrollo de variedades de café más resistentes a temperaturas extremas y a la variabilidad en la precipitación, así como prácticas agrícolas que mejoren la retención de agua en el suelo, el uso eficiente del agua y el control integrado de plagas y enfermedades (35). Aquí hay algunas estrategias que podrían ser implementadas:

Desarrollo de Variedades Resistentes al Clima:

- Los programas de mejoramiento genético deben enfocarse en desarrollar variedades de café que puedan soportar temperaturas más altas y sean capaces de adaptarse a cambios en los patrones de precipitación.
- La biotecnología puede ser una herramienta valiosa en este aspecto, permitiendo la creación de variedades que no solo son resistentes a plagas y enfermedades, sino también más tolerantes al estrés hídrico y térmico.

Mejora de la Retención de Agua:

- La conservación del agua a través de prácticas como el acolchado, que cubre el suelo alrededor de las plantas con materiales orgánicos para reducir la evaporación.

- Uso de sistemas de riego eficientes, como el riego por goteo, que minimizan el uso del agua y la distribuyen de manera más eficiente a las raíces de las plantas.

Prácticas Agrícolas Sostenibles:

- Agricultura de conservación, que incluye técnicas como la labranza mínima, la rotación de cultivos y la diversificación de cultivos, para mejorar la salud del suelo y la biodiversidad.
- Integración de cultivos y árboles (agroforestería), que puede proporcionar sombra para las plantas de café, reduciendo el estrés térmico y mejorando la microfauna del suelo.

Control Integrado de Plagas y Enfermedades:

- Combinar prácticas agrícolas, como la rotación de cultivos y la selección de variedades resistentes, con el uso de enemigos naturales de las plagas y la aplicación de biopesticidas cuando sea necesario.
- Monitoreo constante de plagas y enfermedades para intervenir de manera temprana y específica, evitando brotes masivos que requieran intervenciones más drásticas.

Gestión Eficiente del Agua:

- Implementación de sistemas de captación de agua de lluvia y construcción de infraestructuras de almacenamiento de agua para asegurar la disponibilidad durante períodos de sequía.
- Educación y entrenamiento de los agricultores en prácticas de conservación de agua y adaptación al cambio climático.

3.2.1.2. Impacto en la calidad del grano

3.2.1.2.1. Influencia de la Temperatura y la Precipitación en la Calidad del Café

Las variaciones en temperatura y precipitación tienen un impacto significativo en la calidad del grano de café, incluyendo la concentración de azúcares, ácidos, y compuestos fenólicos, los cuales son críticos para el sabor, aroma, y otras características deseables del café (36). Un clima más cálido puede acelerar la maduración del fruto, afectando adversamente la acumulación de azúcares y reduciendo la calidad del grano. Por otro lado, una adecuada distribución de lluvias es esencial para el desarrollo óptimo del fruto y la calidad del grano, mientras que un exceso de humedad puede incrementar el riesgo de enfermedades y deteriorar la calidad.

3.2. Análisis del Beneficiado Después de la Cosecha

El beneficiado del café, que incluye procesos post-cosecha como el despulpado, la fermentación, el lavado, y el secado, es fundamental para determinar la calidad del café. La adaptación genética de las variedades de café a condiciones climáticas específicas puede influir significativamente en la eficiencia y efectividad de estas etapas, debido a la variabilidad en la composición química de los granos y su comportamiento ante los procesos de fermentación y secado.

Despulpado y Fermentación: La adaptación genética puede resultar en granos con características físicas que favorezcan un despulpado más eficiente y una fermentación controlada, lo cual es esencial para desarrollar el perfil de sabor deseado. La consistencia en la calidad del grano puede reducir las pérdidas durante este proceso y mejorar el rendimiento del beneficiado.

Secado: Las características genéticas que favorezcan una absorción y desorción de humedad uniforme pueden optimizar el proceso de secado, reduciendo el riesgo de desarrollo de moho o de otros defectos que degradan la calidad.

3.3. Valor Añadido al Producto Final

La optimización de estas etapas no solo incrementa la eficiencia y reduce los costos, sino que también mejora significativamente la calidad del producto final. Un café de alta calidad, con atributos sensoriales superiores, puede acceder a mercados más exigentes y a segmentos de precio más alto. Esto se traduce en:

Diferenciación del Producto: La adaptación genética permite la creación de perfiles de sabor únicos y distintivos, que pueden ser promocionados como atributos de valor agregado, especialmente en nichos de mercado que valoran la singularidad y la trazabilidad del café.

Sostenibilidad y Resiliencia: La adaptación a condiciones climáticas locales no solo mejora la sostenibilidad de la producción al reducir la necesidad de insumos químicos y de riego, sino que también incrementa la resiliencia de la producción frente a eventos climáticos extremos, lo cual es un valor añadido importante en el contexto actual de cambio climático.

Certificaciones y Mercados Premium: El café producido bajo estas condiciones puede calificar para certificaciones de sostenibilidad y calidad, como Comercio Justo, Orgánico, o Denominaciones de Origen, que son altamente valoradas en el mercado y permiten el acceso a precios premium.

En conclusión, la adaptación genética de *Coffea arabica* y *Coffea canephora* para su optimización agroindustrial en la Amazonía Ecuatoriana tiene el potencial de transformar significativamente tanto la eficiencia de producción como la calidad del café, contribuyendo al desarrollo de un producto final con mayor valor en el mercado global. Este enfoque integrado, que considera tanto la adaptación genética del cultivo como su posterior beneficiado, es fundamental para maximizar los beneficios económicos, ambientales, y sociales de la agroindustria del café en regiones vulnerables al cambio climático.

4. Discusión

Los resultados obtenidos destacan la importancia de la selección tradicional y el uso de marcadores moleculares para identificar variedades de *Coffea arabica* y *Coffea canephora* con mayor tolerancia a condiciones adversas, como sequías y temperaturas extremas. Estos hallazgos son consistentes con estudios previos que enfatizan la adaptación genética como una estrategia clave para mejorar la resiliencia de los cultivos ante el cambio climático (35). La ingeniería genética y la edición genómica emergen como herramientas complementarias, ofreciendo nuevas posibilidades para el desarrollo de variedades con características deseables de manera más rápida y precisa (37).

La investigación subraya la eficacia de prácticas de cultivo sostenible, como la gestión integrada de plagas y enfermedades y la optimización del uso del agua y recursos. Estas prácticas no solo contribuyen a la reducción de la huella ambiental de la producción de café sino que también mejoran la calidad del grano, un aspecto crucial para la competitividad en el mercado internacional. Además, la implementación de estrategias de resiliencia comunitaria y la adaptación de sistemas de producción son fundamentales para asegurar la sostenibilidad a largo plazo de la agroindustria cafetalera en la Amazonía Ecuatoriana.

A pesar de los avances significativos, persisten desafíos importantes, como el impacto de las variaciones de temperatura y precipitación en la producción de café. Estos desafíos requieren una atención continua y la búsqueda de soluciones innovadoras para mitigar los efectos negativos del cambio climático. La integración con cultivos nativos y la promoción de beneficios ecológicos y productivos demuestran ser estrategias prometedoras para aumentar la biodiversidad y la resiliencia de los sistemas de producción.

Esto refleja cómo la combinación de técnicas de mejora genética con prácticas de manejo sostenible puede ofrecer un camino viable hacia la optimización de la producción de café en la Amazonía Ecuatoriana. Sin embargo, es fundamental que estas estrategias se implementen dentro de un marco de gestión integrada que considere tanto las necesidades económicas como las ambientales y sociales de las comunidades involucradas. Futuras investigaciones deberían enfocarse en evaluar la adaptabilidad de estas estrategias en diferentes contextos geográficos y socioeconómicos, así como en desarrollar modelos predictivos más precisos que ayuden a anticipar los efectos del cambio climático en la agroindustria cafetalera.

5. Conclusión

La selección de variedades de *Coffea arabica* y *Coffea canephora* adaptadas genéticamente a condiciones climáticas extremas, como altas temperaturas y sequías, es fundamental para asegurar la sostenibilidad de la producción de café en la Amazonía Ecuatoriana. La aplicación de técnicas como la ingeniería genética y la edición genómica promete acelerar este proceso, permitiendo el desarrollo de cultivos más resistentes y productivos. Las estrategias de manejo integrado, incluyendo la gestión de plagas y enfermedades, la optimización del uso del agua y la integración con cultivos nativos, han demostrado ser esenciales para mejorar la eficiencia

productiva y la sostenibilidad ambiental. Estas prácticas no solo benefician la calidad del grano de café, sino que también contribuyen a la conservación de los ecosistemas locales y al bienestar de las comunidades agrícolas.

A pesar de los avances tecnológicos y agronómicos, el cambio climático sigue representando un desafío significativo para la producción de café en la Amazonía Ecuatoriana. Las variaciones en temperatura y precipitación requieren de un monitoreo continuo y de la adaptación constante de las prácticas de cultivo para minimizar impactos negativos en la productividad y calidad del café. La adaptación y mitigación frente al cambio climático deben considerarse como un proceso continuo y dinámico. La investigación y el desarrollo en genética de plantas, junto con prácticas agrícolas innovadoras y sostenibles, son cruciales para asegurar un futuro productivo y sostenible para la industria cafetalera en esta región. La colaboración entre investigadores, productores y entidades gubernamentales será clave para implementar las estrategias de adaptación más efectivas.

Este estudio subraya la necesidad de continuar la investigación en adaptación genética y prácticas agrícolas sostenibles, enfocándose en la implementación y evaluación de estas estrategias en el terreno. Es imperativo fomentar una mayor colaboración interdisciplinaria y el desarrollo de políticas públicas que apoyen la innovación tecnológica y la sostenibilidad en la producción de café. Asimismo, se destaca la importancia de incorporar la voz de las comunidades locales en la toma de decisiones, asegurando que los beneficios de la investigación y la innovación sean compartidos equitativamente. En conclusión, el éxito de la producción de café en la Amazonía Ecuatoriana frente a los desafíos del cambio climático dependerá de la capacidad para integrar eficazmente la adaptación genética con prácticas agrícolas sostenibles y resilientes. Este enfoque holístico no solo fortalecerá la industria cafetalera sino que también contribuirá a la conservación de la biodiversidad y al desarrollo sostenible de la región.

Contribución de autores: Los autores contribuyeron en todos los apartados de documento.

Financiamiento: Los autores financiaron a integridad el estudio.

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

Referencias

1. Davis AP, Chadburn H, Moat J, O'Sullivan R, Hargreaves S, Nic Lughadha E. High extinction risk for wild coffee species and implications for coffee sector sustainability. *Sci Adv.* 2019;5(1).
2. Reilly JM. Overview: Climate change adaptation in the agricultural sector. In: *Advances in Global Change Research*. Dordrecht: Springer Netherlands; 2011. p. 347–57.
3. Hagggar J, Schepp K. *Coffee and Climate Change: Impacts and Options for Adaptation in Brazil, Guatemala, Tanzania and Vietnam*. 2012.
4. Labouisse JP, Bellachew B, Kotecha S, Bertrand B. Current status of coffee (*Coffea arabica* L.) genetic resources in Ethiopia: implications for conservation. *Genet Resour Crop Evol.* 2008;55(7):1079–93.
5. Avelino J, Cristancho M, Georgiou S, Imbach P, Aguilar L, Bornemann G, et al. The coffee rust crises in Colombia and Central America (2008–2013): impacts, plausible causes and proposed solutions. *Food Secur.* 2015;7(2):303–21.
6. Intergovernmental Panel on Climate Change. *Climate Change 2021 – the physical science basis: Working Group I contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press; 2023.
7. Armendariz Sandoval SP. Influencia del diésel en el sector agrícola del Cantón Quindindé: Perspectivas económica. *Journal of Economic and Social Science Research.* 2021;1(3).
8. Bitá CE, Gerats T. Plant tolerance to high temperature in a changing environment: scientific fundamentals and production of heat stress-tolerant crops. *Front Plant Sci.* 2013;4.

9. Bertrand B, Boulanger R, Dussert S, Ribeyre F, Berthiot L, Descroix F, et al. Climatic factors directly impact the volatile organic compound fingerprint in green Arabica coffee bean as well as coffee beverage quality. *Food Chem.* 2012;135(4):2575–83.
10. Silvarolla MB, Mazzafera P, Fazuoli LC. A naturally decaffeinated arabica coffee. *Nature.* 2004;429(6994):826.
11. Ruiz Sánchez CI, Herrera Feijoo RJ, Correa Salgado M de L, Peñafiel Arcos PA. *Fundamentos Teóricos de Química Inorgánica. Fundamentos Teóricos de Química Inorgánica.* 2023.
12. Chicaiza–Ortiz CD, Rivadeneira–Arias V del C, Herrera–Feijoo RJ, Andrade JC. Guía de Biotecnología Ambiental. In: *Biotecnología Ambiental, Aplicaciones y Tendencias.* 2023.
13. Jassogne L, Läderach P, Asten P V. THE IMPACT OF CLIMATE CHANGE ON COFFEE IN UGANDA lessons from a case study in the Rwenzori Mountains. 2013;
14. González–Marcillo RL, Guamán–Rivera SA, Guerrero–Pincay AE, Ortiz–Naveda NR. *Pastos Tropicales de la Amazonia Ecuatoriana Tomo I: Avances científicos sobre sistemas silvopastoriles como estrategia de reconversión de la ganadería [Internet].* Editorial Grupo AEA. Editorial Grupo AEA; 2023 [cited 2024 Feb 1]. Available from: <https://www.editorialgrupo-aea.com/index.php/EditorialGrupoAEA/catalog/book/46>
15. Anthony F, Combes M, Astorga C, Bertrand B, Graziosi G, Lashermes P. The origin of cultivated *Coffea arabica* L. varieties revealed by AFLP and SSR markers. *Züchter Genet Breed Res.* 2002;104(5):894–900.
16. Leroy T, Henry AM, Royer M, Altosaar I, Frutos R and Duris D, Philippe R. Genetically modified coffee plants expressing the *Bacillus thuringiensis cry 1Ac* gene for resistance to leaf miner. *Plant Cell Rep.* 2000;19(4):382–5.
17. Breitler JC, Dechamp E, Campa C, Zebal Rodrigues LA, Guyot Romain and Marraccini P, Etienne H. CRISPR/Cas9–mediated efficient targeted mutagenesis has the potential to accelerate the domestication of *Coffea canephora*. *Plant Cell Tissue Organ Cult.* 2018;134(3):383–94.
18. Benti T, Gebre E, Tesfaye K, Berecha G, Lashermes P, Kyallo M, et al. Genetic diversity among commercial arabica coffee (*Coffea arabica* L.) varieties in Ethiopia using simple sequence repeat markers. *J Crop Improv.* 2021;35(2):147–68.
19. Marraccini P, Gomes VN, Duarte KE, Aquino SO, Carneiro FA, Costa TS, et al. Molecular responses of coffee plants to drought stress : S04T04. 2013.
20. Chicaiza–Ortiz CD, Rivadeneira–Arias V del C, Herrera–Feijoo RJ, Andrade JC. Prácticas de laboratorio y cuestionario sobre biotecnología ambiental. In: *Biotecnología Ambiental, Aplicaciones y Tendencias.* 2023.
21. Herrera–Feijoo RJ, Chicaiza–Ortiz CD, Rivadeneira–Arias V del C, Andrade JC. Análisis bibliométrico como una herramienta en la biotecnología ambiental. In: *Biotecnología Ambiental, Aplicaciones y Tendencias.* 2023.
22. Chicaiza–Ortiz CD, Rivadeneira–Arias V del C, Herrera–Feijoo RJ, Andrade JC. *Biotecnología Ambiental, Aplicaciones y Tendencias.* Biotecnología Ambiental, Aplicaciones y Tendencias. 2023.
23. Giardi MT, Cona A, Geiken B, Kučera T, MasojW'Widek J, Mattoo AK. Long–term drought stress induces structural and functional reorganization of photosystem II. *Planta.* 1996;199(1):118–25.
24. Yamane K, Nishikawa M, Hirooka Y, Narita Y, Kobayashi T, Kakiuchi M, et al. Temperature tolerance threshold and mechanism of oxidative damage in the leaf of *Coffea arabica* 'Typica' under heat stress. *Plant Prod Sci.* 2022;25(3):337–49.
25. Silva AG, Ariyoshi C, Shigueoka LH, Pereira LFP, Sera GH. Assisted selection using molecular markers linked to rust resistance SH3 gene in *Coffea arabica*. *Crop Breed Appl Biotechnol.* 2023;23(4).
26. Casarin T, Freitas NC, Pinto RT, Breitler J, Rodrigues LAZ, Marraccini P, et al. Multiplex CRISPR/Cas9–mediated knockout of the phytoene desaturase gene in *Coffea canephora*. *Sci Rep.* 2022;12(1).

27. Ho TQ, Hoang VN, Wilson C. Sustainability certification and water efficiency in coffee farming: The role of irrigation technologies. *Resour Conserv Recycl*. 2022;180(106175):106175.
28. Perfecto I, Vandermeer J, Wright A. *Nature's matrix: Linking agriculture, biodiversity conservation and food sovereignty*. 2nd ed. Londres, Inglaterra: Routledge; 2019.
29. Oliveira JR De, Santana Wesley do Rosário and Altoé JA, Carrion PAN, Baldan WG, Lima AS, Rosa LVCAF, et al. Integrated Pest Management In Coffee. *Int J Plant Soil Sci*. 2021;9–16.
30. Cerda R, Avelino J, Harvey CA, Gary C, Tixier P, Allinne C. Coffee agroforestry systems capable of reducing disease-induced yield and economic losses while providing multiple ecosystem services. *Crop Prot*. 2020;134(105149):105149.
31. Vega. The use of fungal entomopathogens as endophytes in biological control: a review. *Mycologia*. 2018;110(1):4–30.
32. DaMatta FM, Avila RT, Cardoso Amanda A and Martins SC V, Ramalho JC. Physiological and agronomic performance of the coffee crop in the context of climate change and global warming: A review. *J Agric Food Chem*. 2018;66(21):5264–74.
33. Jaramillo J, Muchugu E, Vega FE, Davis A, Borgemeister C, Chabi-Olaye A. Some like it hot: The influence and implications of climate change on coffee berry borer (*Hypothenemus hampei*) and coffee production in east Africa. *PLoS One*. 2011;6(9):e24528.
34. Bilen C, El Chami D, Mereu V, Trabucco A, Marras S, Spano D. A systematic review on the impacts of Climate Change on coffee agrosystems. *Plants*. 2022;12(1):102.
35. Bunn C, Läderach P, Ovalle Rivera Oriana and Kirschke D. A bitter cup: climate change profile of global production of Arabica and Robusta coffee. *Clim Change*. 2015;129(1–2):89–101.
36. Camargo MBP de. The impact of climatic variability and climate change on arabic coffee crop in Brazil. *Bragantia*. 2010;69(1):239–47.
37. Voss-Fels KP, Stahl A, Hickey LT. Q&A: modern crop breeding for future food security. *BMC Biol*. 2019 Dec 25;17(1):18.

RESEARCH ARTICLE

Identificación De Peligros Y Evaluación De Riesgos Laborales (Ergonómicos) En Los Procesos Agrícolas Desarrollados En La Granja Experimental Mishili, 2024

Rodríguez Reinoso Danilo Paul ¹   Ramírez Armijos Holger David ¹ 
Jara Minaya Gustavo Javier ¹  Palma Rivera Alex Darío ¹ 

¹ Instituto Tecnológico Superior Tsáchila

 Correspondencia: danilorodriguezreinoso@tsachila.edu.ec  +593 98 843 8607

DOI/URL: <https://doi.org/10.53313/gwj71099>

Resumen: Este análisis investigó los peligros ergonómicos en las labores agrícolas de la Granja Experimental Mishili, aplicando el método OWAS para examinar las posturas de estudiantes y empleados en el cultivo de cacao y plátano. Se realizó una observación directa de las actividades agrícolas, clasificando las posturas según el método OWAS y identificando los niveles de riesgo y las medidas correctivas requeridas. Se identificó que tareas como la preparación del suelo, la siembra, la eliminación de malezas, la cosecha y el procesamiento del cacao implican riesgos ergonómicos que necesitan intervenciones para evitar trastornos musculoesqueléticos. La evaluación subraya la urgencia de optimizar las prácticas laborales mediante herramientas ergonómicas y formación en técnicas de manejo seguro. La discusión resalta el valor de incorporar ergonomía en el diseño de actividades agrícolas y la importancia de educación continua en seguridad laboral para disminuir los riesgos detectados. Comparando con estudios anteriores, se enfatiza cómo las medidas ergonómicas contribuyen significativamente a la reducción de lesiones en agricultura.

Palabras claves: Ergonomía, Riesgo laboral, Metodo OWAS, Lesiones.

Ergonomic Risk Assessment in Agricultural Processes: Mishili Experimental Farm Case, 2024

Abstract: This analysis investigated the ergonomic hazards in agricultural work at the Mishili Experimental Farm, applying the OWAS method to examine the postures of students and employees in cocoa and banana cultivation. Direct observation of agricultural activities was carried out, classifying postures according to the OWAS method and identifying risk levels and required corrective measures. Tasks such as soil preparation, planting, weeding, harvesting and cocoa processing were identified as involving ergonomic risks that require interventions to prevent musculoskeletal disorders. The assessment highlights the urgency of optimizing work practices through ergonomic tools and training in safe handling techniques. The discussion highlights the value of incorporating ergonomics in the design of agricultural activities and the importance of continuing education in occupational safety to reduce the risks detected. Compared to previous studies, it is emphasized how ergonomic measures contribute significantly to the reduction of injuries in agriculture.

Keywords: Ergonomics, Occupational risk, OWAS Method, Injuries.

Green World Journal /Vol 07/ Issue 01/102/ January- April 2024 / www.greenworldjournal.com



Cita: Rodríguez, D., Ramírez, H., Jara, G., & Palma, A. (2024). Identificación De Peligros Y Evaluación De Riesgos Laborales (Ergonómicos) En Los Procesos Agrícolas Desarrollados En La Granja Experimental Mishili, 2024. Green World Journal, 7(1), 102.

<https://doi.org/10.53313/gwj71102>

Received: 15/diciembre /2023

Accepted: 20/enero /2024

Published: 28/febrero /2024

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.



© 2024 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

La ergonomía, definida como la disciplina científica que estudia la interacción entre las personas y otros elementos de un sistema, es crucial en la prevención de riesgos laborales y la promoción de un ambiente laboral seguro y eficiente (1). En el sector agrícola, caracterizado por su labor intensiva y el uso extensivo de maquinaria y herramientas, la ergonomía adquiere una relevancia especial. Este estudio se enfoca en la identificación y evaluación de riesgos ergonómicos en la Granja Experimental Mishili, destacando la importancia de adaptar el trabajo a las capacidades y limitaciones físicas y mentales de los trabajadores para prevenir trastornos musculoesqueléticos (TME) y otros daños.

Los riesgos laborales en la agricultura son diversos, incluyendo riesgos mecánicos, biológicos, químicos, físicos, psicosociales y ergonómicos, cada uno contribuyendo al desarrollo de condiciones adversas para la salud de los trabajadores (2). Específicamente, los riesgos ergonómicos como las posturas forzadas, la manipulación manual de cargas, los movimientos repetitivos y la aplicación de fuerzas, son prominentes en las actividades agrícolas y pueden llevar a la aparición de TME, afectando principalmente la espalda, el cuello, los hombros y las extremidades.

La evaluación de riesgos ergonómicos se realiza mediante métodos como el OWAS (Ovako Work Posture Analyzing System), permitiendo la identificación de posturas críticas y la proposición de medidas correctivas para mitigar los riesgos identificados. Este enfoque holístico, que incluye la evaluación de las condiciones de trabajo y la implementación de mejoras ergonómicas, es esencial para asegurar la salud y el bienestar de los trabajadores agrícolas (3).

El elaborar este estudio radica por la creciente necesidad de abordar las afectaciones físicas y los trastornos musculoesqueléticos resultantes de prácticas laborales inadecuadas en el sector agrícola. La Granja Experimental Mishili, ubicada en Santo Domingo de los Tsáchilas y hogar de aproximadamente 150 estudiantes activos en prácticas agrícolas, representa un escenario ideal para investigar y aplicar principios ergonómicos, con el objetivo de mejorar las condiciones laborales y educativas de su población (4-6).

Se abarca conceptos clave de la ergonomía y su aplicación en el ámbito laboral, subrayando la importancia de una adecuada evaluación de riesgos y la implementación de estrategias de mitigación basadas en evidencia. Se discuten los tipos de ergonomía, incluyendo la física, mental, industrial, ambiental, temporal y correctiva, cada una enfocada en diferentes aspectos de la interacción humano-sistema y contribuyendo a un entorno laboral óptimo (7-9).

La identificación y evaluación de riesgos laborales, específicamente los ergonómicos, en el sector agrícola constituyen un área de interés creciente para la salud ocupacional. En la Granja Experimental Mishili, la aplicación de metodologías como el método OWAS ha permitido un análisis exhaustivo de las condiciones de trabajo y la identificación de riesgos ergonómicos asociados a las tareas agrícolas (10,11). Este enfoque metodológico es fundamental para diseñar intervenciones efectivas que mejoren las condiciones laborales y reduzcan los riesgos para los trabajadores.

La ergonomía, al centrarse en la adaptación del trabajo a las capacidades humanas, juega un papel crucial en la prevención de trastornos musculoesqueléticos (TME) y otros daños relacionados con el trabajo. Los métodos de evaluación ergonómica, incluidos los análisis posturales y de carga de trabajo, ofrecen herramientas valiosas para identificar factores de riesgo en el ambiente laboral. El método OWAS, en particular, proporciona una estructura para clasificar las posturas de trabajo y evaluar su riesgo, facilitando la implementación de medidas correctivas apropiadas (12).

La evaluación de riesgos en la Granja Experimental Mishili reveló una serie de desafíos ergonómicos en las actividades agrícolas, como la preparación del terreno, la labranza, la siembra, la limpieza de maleza, la cosecha y el desgrane de cacao. Estas tareas implican posturas que pueden aumentar el riesgo de TME, destacando la necesidad de intervenciones dirigidas a modificar las prácticas de trabajo y mejorar la ergonomía en el sitio (13).

La implementación de listas de chequeo ergonómico y la adopción de tecnologías y prácticas laborales ergonómicamente mejoradas son pasos fundamentales hacia la creación de un entorno de trabajo más seguro y saludable. Además, la capacitación y la educación de los trabajadores sobre los principios ergonómicos y las prácticas de trabajo seguro son esenciales para fomentar una cultura de seguridad y prevención de riesgos en la agricultura.

Este estudio subraya la importancia de una evaluación ergonómica detallada y sistemática en el sector agrícola, demostrando cómo métodos como el OWAS pueden guiar eficazmente las intervenciones ergonómicas. Los hallazgos enfatizan la necesidad de estrategias integrales que aborden los riesgos ergonómicos y promuevan la salud y seguridad de los trabajadores agrícolas, contribuyendo a la sostenibilidad de la agricultura y al bienestar de quienes trabajan en ella.

2. Materiales y métodos

2.1. Métodos

La investigación se llevó a cabo en la Granja Experimental Mishili, parte del Instituto Superior Tecnológico Tsa'chila, ubicada en Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador. La población de estudio incluyó 150 estudiantes y 4 profesores activos en las prácticas agrícolas de la granja, con un enfoque en la identificación y evaluación de riesgos ergonómicos asociados con las actividades agrícolas desarrolladas.

Para el análisis de riesgos ergonómicos, se aplicó un enfoque mixto que combinó la investigación exploratoria y descriptiva. El diseño transversal permitió una evaluación observacional detallada de las condiciones de trabajo y los riesgos ergonómicos en un momento específico, utilizando el método OWAS (Ovako Work Posture Analyzing System) para el análisis postural de los trabajadores en tiempo real.

El procedimiento metodológico incluyó varias etapas:

1. **Reconocimiento inicial:** Conversaciones con el encargado de la Granja Experimental Mishili para obtener una visión completa de las actividades agrícolas realizadas.
2. **Observación de procesos agrícolas:** Observación detallada de los procesos agrícolas por los estudiantes, proporcionando un entendimiento profundo de las actividades.
3. **Aplicación del método OWAS:** Durante las observaciones, se aplicó el método OWAS para evaluar el riesgo de trastornos musculoesqueléticos basado en la postura y repetitividad del trabajo.
4. **Recopilación de información y evaluación de riesgos:** Se recopilaron datos para una evaluación detallada de los riesgos ergonómicos identificados.
5. **Análisis de procesos de mayor riesgo:** Se identificaron y analizaron los procesos agrícolas con mayores riesgos ergonómicos.
6. **Revisión bibliográfica:** Investigación de normas, manuales, leyes y textos enfocados en la seguridad y salud ocupacional para establecer y aplicar métodos efectivos en la evaluación de riesgos ergonómicos.
7. **Técnicas y observación:** Aplicación de técnicas para recabar información sobre el problema propuesto, empleando una lista de chequeo ergonómico y el método OWAS para identificar y evaluar los niveles de riesgo ergonómico.

La selección del método OWAS se basó en su capacidad para clasificar las posturas de trabajo y asignar una categoría de riesgo, facilitando la identificación de necesidades de intervención. Además, se utilizó una lista de chequeo ergonómico para detallar la ejecución de tareas específicas, como la preparación del terreno, labranza, siembra, limpieza de maleza, cosecha y desgrane de cacao, y evaluar su impacto ergonómico.

Este enfoque metodológico proporcionó un marco comprehensivo para identificar, evaluar y proponer medidas correctivas para los riesgos ergonómicos en la Granja Experimental Mishili,

apuntando hacia la mejora de las condiciones laborales y la reducción de la incidencia de trastornos musculoesqueléticos entre los trabajadores agrícolas.

3. Resultados

3.1. Aplicación del método OWAS

Para el desarrollo de las diferentes etapas y fases del estudio, se emplea la Figura 1, la cual representa los diferentes puntos y/o calificaciones en relación con las partes del cuerpo consideradas en la prevención y consideraciones en el riesgo laboral.

Frecuencia Relativa		≤10%	≤20%	≤30%	≤40%	≤50%	≤60%	≤70%	≤80%	≤90%	≤100%
ESPALDA	Derecha	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Inclinada hacia adelante o flexionada	1	1	1	2	2	2	2	3	3	3
	Girada o inclinada lateralmente	1	1	2	2	2	3	3	3	3	3
	Inclinada y girada	1	2	2	3	3	3	3	4	4	4
BRAZOS	Dos brazos bajos	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Un brazo bajo y el otro elevado	1	1	1	2	2	2	2	3	3	3
	Dos brazos elevados	1	1	2	2	2	2	2	3	3	3
PIERNAS	Sentado	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2
	De pie	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2
	Sobre una pierna recta	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3
	Sobre rodillas flexionadas	1	2	2	3	3	3	3	4	4	4
	Sobre una rodilla flexionada	1	2	2	3	3	3	3	4	4	4
	Arrodillado	1	1	2	2	2	3	3	3	3	3
Caminando	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	

Figura 1. (9) Tabla de Códigos de registro de posturas

3.1.1. Evaluación de Tareas Agrícolas

3.1.1.1. Preparación del terreno

La evaluación de la tarea de preparación del terreno reveló aspectos críticos respecto a las posturas adoptadas por los estudiantes durante esta actividad agrícola inicial. Utilizando el método OWAS, se identificaron posturas de trabajo y se asignaron códigos y niveles de riesgo asociados con la probabilidad de desarrollar trastornos musculoesqueléticos.

- **Código de Postura y Riesgo Asociado:** La espalda se encontraba frecuentemente inclinada o parte de los brazos por encima o al nivel de los hombros, con las piernas de pie y las rodillas flexionadas (<150°), y la carga manipulada menor a 10kg. Esta postura se codificó como 2 (espalda), 2 (brazos), 4 (piernas), y 1 (carga), reflejando una inclinación de la espalda y una flexión de rodillas significativa durante la labor.
- **Nivel de Riesgo:** La postura adoptada durante la preparación del terreno fue evaluada con un riesgo nivel 3, indicando efectos dañinos y la necesidad de tomar acciones correctivas lo antes posible para prevenir daños musculoesqueléticos.
- **Acciones Correctivas Recomendadas:** Basado en la evaluación de riesgo, se recomienda la implementación de prácticas ergonómicas para modificar la forma en que se realiza la preparación del terreno. Esto podría incluir la introducción de herramientas ergonómicas que permitan mantener una postura más neutral de la espalda y reducir la necesidad de flexión excesiva de las rodillas. Adicionalmente, se sugiere la realización de pausas activas y la rotación de tareas para disminuir la exposición continua a posturas de riesgo (14).

3.1.1.2. Labranza del suelo

Labranza del Suelo

La labranza del suelo es una tarea crítica en el proceso de preparación para la siembra, que implica el manejo de herramientas agrícolas para romper y voltear el suelo. Durante esta actividad, se observaron las siguientes condiciones ergonómicas y riesgos, en la Tabla 2 se muestran estos datos:

- **Código de Postura y Riesgo Asociado:** La evaluación ergonómica reveló que durante la labranza del suelo, la espalda se mantiene frecuentemente inclinada, con ambos brazos por debajo de los hombros y el peso corporal distribuido sobre cualquiera de las dos piernas, manejando cargas menores a 10kg. Esta postura se codificó con los números 2 (espalda), 1 (brazos), 5 (piernas), y 1 (carga), indicando una postura de riesgo debido a la inclinación de la espalda y la posición de los brazos.
- **Nivel de Riesgo:** El riesgo asociado con esta postura fue evaluado como nivel 3, sugiriendo que la postura tiene efectos dañinos y que se requiere la implementación de acciones correctivas lo antes posible para minimizar el riesgo de lesiones musculoesqueléticas.
- **Acciones Correctivas Recomendadas:** Para mitigar los riesgos identificados en la tarea de labranza del suelo, se recomienda la adopción de técnicas y herramientas ergonómicas que permitan mantener la espalda en una posición más neutral y reducir la necesidad de inclinación. Esto puede incluir el uso de herramientas con mangos extendidos para disminuir la flexión de la espalda, así como la instrucción a los trabajadores sobre prácticas de levantamiento y manejo de cargas seguras. Además, es crucial promover pausas regulares y ejercicios de estiramiento para los trabajadores, a fin de disminuir la fatiga muscular y el riesgo de lesiones.

La implementación de estas medidas correctivas no solo contribuye a la prevención de trastornos musculoesqueléticos entre los trabajadores agrícolas sino que también promueve una mayor eficiencia y productividad en las tareas de labranza del suelo. La atención a los riesgos ergonómicos y la adopción de prácticas de trabajo seguras son esenciales para asegurar un ambiente laboral saludable en la agricultura .

3.1.1.3. Siembra

- **Análisis Ergonómico y Riesgo Asociado:** Durante la siembra, se identificó que los trabajadores asumían posturas de riesgo significativo, incluyendo la espalda inclinada y girada, con ambos brazos por debajo de los hombros y frecuentemente arrodillados sobre una o ambas rodillas, manejando cargas inferiores a 10kg. Esta postura se asoció con un código OWAS de 4 (espalda), 1 (brazos), 6 (piernas), y 1 (carga), reflejando una elevada preocupación por la posibilidad de efectos sumamente dañinos para la salud musculoesquelética de los trabajadores.
- **Nivel de Riesgo:** La tarea de siembra se evaluó con un riesgo de nivel 4, indicando efectos sumamente dañinos y la necesidad urgente de implementar acciones correctivas para mitigar el riesgo de lesiones musculoesqueléticas. Este alto nivel de riesgo subraya la importancia crítica de revisar y mejorar las prácticas ergonómicas durante esta actividad.
- **Acciones Correctivas Sugeridas:** Para abordar los riesgos identificados en la tarea de siembra, se recomienda enfáticamente la implementación de intervenciones ergonómicas dirigidas a modificar las prácticas de trabajo. Estas pueden incluir el uso de herramientas que permitan realizar la tarea en una postura más erguida, reduciendo la necesidad de inclinación y torsión de la espalda, y el diseño de sistemas de trabajo que minimicen el tiempo pasado en posturas arrodilladas. La capacitación en técnicas de trabajo seguro y ergonomía es esencial para equipar a los trabajadores con el conocimiento y las habilidades necesarias para prevenir lesiones.

La identificación de la necesidad de acciones correctivas inmediatas para la tarea de siembra resalta la importancia de integrar principios ergonómicos en todas las fases del proceso agrícola. La implementación de estas recomendaciones no solo ayudará a prevenir lesiones musculoesqueléticas entre los trabajadores agrícolas, sino que también contribuirá a una mayor eficiencia y productividad en las operaciones de cultivo (15,16).

3.1.1.4. Limpieza de maleza

La limpieza de maleza es una actividad común en la gestión agrícola, implicando el uso de herramientas manuales para eliminar las malas hierbas que compiten con los cultivos. Durante esta tarea, se observaron las siguientes condiciones y riesgos ergonómicos:

- **Código de Postura y Riesgo Asociado:** La evaluación identificó que los trabajadores frecuentemente adoptaban una postura con la espalda inclinada y uno o ambos brazos elevados por encima o al nivel de los hombros, manteniéndose de pie con las rodillas flexionadas ($<150^\circ$), y manejando cargas menores a 10kg. Esta postura se codificó con 2 (espalda), 2 (brazos), 4 (piernas), y 1 (carga), reflejando una postura potencialmente perjudicial debido a la inclinación de la espalda y la posición de los brazos.
- **Nivel de Riesgo:** Se evaluó un riesgo nivel 3 para esta actividad, indicando efectos dañinos y la necesidad de implementar acciones correctivas lo antes posible para prevenir lesiones musculoesqueléticas. Esta evaluación resalta la importancia de abordar las prácticas laborales que contribuyen a posturas de trabajo perjudiciales.
- **Acciones Correctivas Recomendadas:** Para mitigar los riesgos ergonómicos identificados en la tarea de limpieza de maleza, se recomienda la implementación de estrategias ergonómicas, como el uso de herramientas con mangos largos que permitan trabajar en una postura más erguida, minimizando la necesidad de inclinación y elevación excesiva de los brazos. Además, se sugiere fomentar técnicas de trabajo que distribuyan equitativamente la carga física y promover la rotación de tareas para reducir la exposición a posturas perjudiciales. La capacitación en ergonomía y técnicas de trabajo seguro es esencial para concienciar a los trabajadores sobre la importancia de adoptar posturas seguras durante sus actividades laborales (17).

3.1.1.5. Cosecha

La cosecha es una etapa fundamental en el ciclo agrícola, que requiere de la recolección manual de los productos. Esta actividad fue sometida a un riguroso análisis ergonómico, revelando aspectos clave sobre las posturas de trabajo y los riesgos asociados.

- **Código de Postura y Riesgo Asociado:** Durante la cosecha, se observó que los trabajadores mantenían la espalda derecha o recta, con ambos brazos elevados o al nivel de los hombros, permaneciendo de pie con las piernas rectas y el peso equilibrado entre ambas. Se manejaron cargas menores a 10kg, resultando en un código OWAS de 1 (espalda), 3 (brazos), 2 (piernas), y 1 (carga). Esta configuración postural sugiere una menor incidencia de riesgo ergonómico comparado con otras tareas agrícolas.
- **Nivel de Riesgo:** La postura adoptada durante la cosecha fue evaluada con un riesgo nivel 1, indicando una postura normal y natural sin efectos dañinos aparentes. Esto sugiere que, bajo las condiciones observadas, la tarea de cosecha no requiere acciones correctivas inmediatas desde una perspectiva ergonómica.
- **Acciones Correctivas Recomendadas:** Aunque la tarea de cosecha se evaluó con un nivel de riesgo bajo, es esencial mantener prácticas de trabajo seguro para prevenir cualquier riesgo potencial. Se recomienda continuar la vigilancia ergonómica para asegurar que las buenas prácticas se mantengan, especialmente durante periodos de alta demanda laboral. La educación continua en ergonomía y técnicas de trabajo seguro puede ayudar a los trabajadores a mantener posturas adecuadas y reducir el riesgo de lesiones a largo plazo.

La evaluación ergonómica de la cosecha demuestra la importancia de adaptar las prácticas de trabajo a las necesidades y capacidades de los trabajadores, incluso en tareas con niveles de riesgo relativamente bajos. La promoción de un ambiente laboral seguro y saludable es fundamental para el bienestar de los trabajadores agrícolas y la sostenibilidad de las operaciones agrícolas en la Granja Experimental Mishili (17).

3.1.2. Análisis Postural y Riesgos Identificados

3.1.2.1. Evaluación de la espalda, brazos, piernas, y carga

- **Evaluación de la Espalda**
 - **Hallazgos:** La inclinación y torsión de la espalda fueron comunes en tareas como la siembra y la limpieza de maleza, lo que aumenta el riesgo de lesiones. La postura de la espalda fue clasificada con un nivel de riesgo que varía de 1 a 4, dependiendo de la tarea específica.
 - **Recomendaciones:** Implementar prácticas de levantamiento seguro y usar herramientas que permitan mantener la espalda recta. Es esencial fomentar pausas y ejercicios de estiramiento para minimizar la fatiga y el estrés en la región lumbar.
- **Evaluación de los Brazos**
 - **Hallazgos:** El levantamiento y transporte de cargas, así como el uso de herramientas manuales, implican frecuentemente posiciones de brazos elevados o extendidos, identificándose riesgos desde niveles bajos hasta medios.
 - **Recomendaciones:** Usar herramientas con diseño ergonómico que reduzcan la necesidad de elevar los brazos por encima de los hombros y asegurar que las cargas pesadas sean manejadas con asistencia o equipos de levantamiento adecuados.
- **Evaluación de las Piernas**
 - **Hallazgos:** Actividades como la siembra, que requieren arrodillarse o adoptar posturas en cuclillas por períodos prolongados, presentan un riesgo significativo para las piernas y la espalda baja.
 - **Recomendaciones:** Proporcionar equipos de apoyo como rodilleras acolchadas y promover técnicas de trabajo que alternen la postura para evitar la sobrecarga en las piernas y los pies.
- **Evaluación de la Carga**
 - **Hallazgos:** La mayoría de las tareas implican manejar cargas menores a 10kg, sin embargo, la forma en que estas cargas se transportan y manipulan puede aumentar el riesgo de lesiones.
 - **Recomendaciones:** Capacitar a los trabajadores en técnicas de manejo manual de cargas y asegurar que la distribución del peso sea la adecuada. Considerar el uso de carritos o ayudas mecánicas para el transporte de materiales pesados (17).

3.1.2.2. Códigos de postura y riesgo asociado

- **Espalda**
 - **Hallazgos:** Las posturas de trabajo que involucran la espalda, como la inclinación y la torsión, fueron comunes en tareas como la siembra y la limpieza de maleza. Estas posturas se asociaron con códigos OWAS que indican un riesgo de nivel 2 a 4, sugiriendo la posibilidad de causar daño.
 - **Recomendaciones:** Es crucial adoptar técnicas de levantamiento seguro y utilizar herramientas que permitan mantener la espalda en una posición neutral. La implementación de pausas y ejercicios de estiramiento puede ayudar a minimizar la fatiga muscular.
- **Brazos**
 - **Hallazgos:** El uso de los brazos por encima de los hombros o en posiciones extendidas se observó durante actividades como la cosecha, asignándose riesgos de nivel 1 a 2.
 - **Recomendaciones:** Se sugiere el uso de herramientas ergonómicas para reducir la elevación de los brazos y la capacitación en prácticas de trabajo seguro para evitar posturas perjudiciales.
- **Piernas**

- **Hallazgos:** Tareas que requieren estar de pie por largos períodos, arrodillarse o adoptar posturas en cuclillas se asociaron con un riesgo ergonómico de nivel 2, indicando la necesidad de intervenciones.
- **Recomendaciones:** Proporcionar apoyo como almohadillas para arrodillarse y promover el cambio frecuente de posturas para distribuir de manera uniforme la carga sobre las piernas y reducir la fatiga.
- **Carga**
 - **Hallazgos:** La manipulación de cargas generalmente involucró pesos menores a 10kg, pero la forma en que se llevan a cabo estas actividades puede aumentar el riesgo ergonómico.
 - **Recomendaciones:** Fomentar la capacitación en técnicas adecuadas de manejo manual de cargas y considerar el uso de ayudas mecánicas para el transporte de materiales más pesados (17).

3.1.2.3. Acciones correctivas recomendadas

3.2. Proceso de Cultivo de cacao

- **Preparación del Terreno**
 - **Descripción:** Inicia con la evaluación de la calidad del suelo y su drenaje. La limpieza del área de maleza, arbustos y, si es necesario, de árboles, es crucial para garantizar la viabilidad de las plantas de cacao.
 - **Consideraciones Ergonómicas:** La limpieza y preparación del terreno pueden exponer a los trabajadores a posturas inadecuadas, especialmente al inclinarse o arrodillarse para retirar maleza o al manejar herramientas para la limpieza.
- **Labranza del Suelo**
 - **Descripción:** Se marcan los lugares para los hoyos con un espaciamiento de 3x3 metros. El tamaño del hoyo debe ser de aproximadamente 40 cm x 40 cm x 40 cm, adecuado para el sistema radicular de la plántula.
 - **Consideraciones Ergonómicas:** La creación de hoyos implica repetición de movimientos y esfuerzo físico que puede incidir en la aparición de fatiga o lesiones si no se utilizan técnicas adecuadas.
- **Siembra**
 - **Descripción:** Las plántulas, una vez alcanzado un tamaño adecuado en el vivero, se trasladan al terreno para su siembra. Es esencial añadir abono o fertilizante orgánico para fomentar el desarrollo de la plantación.
 - **Consideraciones Ergonómicas:** La siembra requiere de agacharse o arrodillarse, posturas que deben ser monitoreadas para prevenir trastornos musculoesqueléticos.
- **Limpieza de Maleza de la Planta**
 - **Descripción:** Identificar los tipos de malezas presentes es crucial ya que compiten por agua, nutrientes y luz con las plantas de cacao. La desyerba se recomienda cada 8 días, utilizando herramientas como machetes, azadones o guadañas.
 - **Consideraciones Ergonómicas:** El uso frecuente de estas herramientas y la postura adoptada durante la desyerba pueden contribuir al estrés físico en varias partes del cuerpo.
- **Cosecha**
 - **Descripción:** Se realiza cuando los frutos están maduros, lo cual se determina por el cambio de color. Las mazorcas se cortan del árbol con cuidado para no dañar las ramas ni los brotes jóvenes.

- **Consideraciones Ergonómicas:** La cosecha puede requerir el uso de herramientas manuales que, sin la técnica adecuada, pueden incrementar el riesgo de lesiones.
- **Desgrane de Cacao**
 - **Descripción:** Implica la recolección, apertura y desgrane de las mazorcas maduras y sanas, generalmente con un corte longitudinal utilizando un machete para extraer las semillas.
 - **Consideraciones Ergonómicas:** Esta tarea puede involucrar riesgos por el manejo de herramientas cortantes y la repetitividad del movimiento (17).

3.2.1. Evaluación por Tareas

3.2.1.1. Preparación del Terreno

3.2.1.1.1. Código de riesgo y acciones correctivas

En la etapa de Preparación del Terreno del proceso de cultivo de cacao, el análisis mediante el método OWAS arrojó un código de riesgo que requiere atención específica para la prevención de lesiones ergonómicas. La configuración del código fue 2 (Espalda), 2 (Brazo), 4 (Pierna), 1 (Carga), indicando ciertas posturas y manejos de carga que presentan riesgos ergonómicos para los trabajadores, en la Tabla 1 se muestran estos detalles y ejemplo en la Figura 2.

Tabla 1. Proceso de cacao con el método OWAS

Preparación del terreno	Espalda	Brazo	Pierna	Carga
Código	2	2	4	1
Postura	Espalda inclinada	Un brazo, o parte de él, por encima o al nivel de los hombros	De pie con las rodillas flexionadas (<150°)	<10kg
Riesgo	3	Postura con efecto dañino	Se requiere toma de acciones correctivas lo antes posible	



Figura 2. Postura proceso Cacao

- **Espalda:** La postura inclinada representa un riesgo ergonómico, ya que puede provocar tensión y dolor en la zona lumbar a largo plazo.
- **Brazos:** La posición de un brazo, ya sea elevando una parte de este por encima o al nivel de los hombros, puede causar fatiga o lesiones en los hombros y brazos.
- **Piernas:** Estar de pie con las rodillas flexionadas a menos de 150° sugiere una postura que puede incrementar el riesgo de problemas en las piernas y la espalda baja.
- **Carga:** El manejo de cargas menores a 10kg en estas posturas puede contribuir a los riesgos ergonómicos, especialmente si no se utilizan técnicas adecuadas de levantamiento y transporte.

Acciones Correctivas Sugeridas

Debido a que el riesgo fue evaluado en la categoría 3, lo que indica un nivel de efectos dañinos, es necesario tomar acciones correctivas lo antes posible para minimizar el potencial de lesiones:

1. Revisión de Métodos de Trabajo: Modificar las prácticas laborales para reducir la necesidad de inclinación de la espalda y elevación de los brazos. Esto puede incluir el uso de herramientas ergonómicas que permitan mantener una postura más neutral.
2. Capacitación y Concienciación: Ofrecer formación a los trabajadores sobre técnicas de levantamiento seguro y uso correcto de herramientas, enfatizando la importancia de mantener una buena postura durante el trabajo.
3. Rotación de Tareas y Pausas: Implementar descansos frecuentes y rotación entre tareas para evitar la sobrecarga ergonómica en partes específicas del cuerpo.
4. Uso de Ayudas Mecánicas: Cuando sea posible, introducir equipos o ayudas mecánicas para el manejo de cargas, reduciendo así la carga física sobre los trabajadores.

Implementar estas acciones correctivas no solo ayudará a prevenir lesiones relacionadas con el trabajo, sino que también puede mejorar la productividad y el bienestar general de los trabajadores involucrados en la preparación del terreno para el cultivo de cacao (17).

3.2.1.2. Labranza del Suelo

3.2.1.2.1. Código de riesgo y acciones correctivas

El método OWAS se basa en la observación de las diferentes posturas adoptadas por los trabajadores durante la realización de sus tareas. Este enfoque observacional clasifica las posturas en 252 combinaciones posibles, considerando la posición de la espalda, los brazos, las piernas, y la magnitud de la carga manejada. Cada postura es codificada y evaluada en términos de riesgo o incomodidad, asignándole una categoría de riesgo entre cuatro niveles posibles como se presenta en la Tabla 2.

Tabla 2. Proceso de cacao con el método OWAS

Labranza del Suelo	Espalda	Brazo	Pierna	Carga
Código	2	1	5	1
Postura	Espalda inclinada	Ambos brazos por debajo de los hombros	Arrodillado sobre una o las dos rodillas	<10kg
Riesgo	3	Postura con efecto dañinos	Se requiere toma de acciones correctivas lo antes posible.	



Figura 3. Labranza del suelo

La aplicación del método implica varios pasos clave, desde la división de la tarea en fases si es necesario, hasta la observación y registro de posturas, y la codificación y evaluación de estas. Se calcula la categoría de riesgo para cada postura individualmente y luego, de forma global, para cada parte del cuerpo involucrada, basándose en la frecuencia relativa de las posturas observadas. Este proceso culmina con la determinación de acciones correctivas y de rediseño

necesarias para mitigar los riesgos identificados. Si se han implementado cambios, se realiza una reevaluación de la tarea con el método OWAS para comprobar la efectividad de las mejoras (17).

3.2.1.3. Siembra

3.2.1.3.1. Código de riesgo y acciones correctivas

Código de Riesgo y Acciones Correctivas para la Labranza del Suelo

Para la etapa de Siembra en el proceso de cultivo de cacao, el análisis ergonómico realizado mediante el método OWAS reveló una situación que demanda atención inmediata debido a los altos niveles de riesgo identificados. La evaluación específica de esta tarea arrojó los siguientes resultados en unión con los valores de la Tabla 3:

- **Código OWAS para la Siembra:**
 - Espalda: 4 (Espalda inclinada y girada)
 - Brazos: 1 (Ambos brazos por debajo de los hombros)
 - Piernas: 6 (Arrodillado sobre una o las dos rodillas)
 - Carga: 1 (<10kg)

Tabla 3. Proceso de cacao con el método OWAS

Siembra	Espalda	Brazo	Pierna	Carga
Código	4	1	6	1
Postura	Espalda inclinada	Ambos brazos por debajo de los hombros	Arrodillado sobre una o las dos rodillas	<10kg
Riesgo	4	Postura dañino	con efecto	Se requiere toma de acciones correctivas lo antes posible



Figura 4. Siembra

La combinación de estos factores resultó en un Código de Riesgo 4, el cual señala "Efectos sumamente dañinos" y subraya la urgencia de implementar acciones correctivas inmediatas para mitigar el potencial de lesiones musculoesqueléticas entre los trabajadores.

Acciones Correctivas Sugeridas

Dada la gravedad del riesgo identificado, se recomiendan las siguientes medidas para mejorar las condiciones ergonómicas durante la tarea de siembra:

1. Rediseño de la Tarea:

- Considerar el uso de herramientas o equipos que permitan realizar la siembra en una postura más erguida, reduciendo la necesidad de inclinación y torsión de la espalda, así como el trabajo en posiciones arrodilladas.

2. Capacitación y Sensibilización:

- Proporcionar formación específica a los trabajadores sobre técnicas de trabajo seguro y ergonómico, enfocando en la importancia de evitar posturas que conlleven a un alto riesgo de lesiones.

3. Equipamiento Ergonómico:

- Introducir almohadillas para arrodillarse o bancos de trabajo móviles que permitan mantener una altura adecuada del suelo, facilitando así la tarea sin comprometer la postura.

4. Revisión Periódica y Seguimiento:

- Realizar evaluaciones ergonómicas periódicas para asegurar que las medidas implementadas sean efectivas y ajustarlas según sea necesario para continuar protegiendo la salud y seguridad de los trabajadores.

La implementación de estas acciones correctivas es crucial para abordar los riesgos ergonómicos significativos identificados en la etapa de siembra del proceso de cultivo de cacao, contribuyendo a la creación de un ambiente de trabajo más seguro y saludable (17).

3.2.1.4. Limpieza de Maleza

3.2.1.4.1 Código de riesgo y acciones correctivas

Para la tarea de Limpieza de Maleza en el proceso de cultivo de cacao, el análisis ergonómico mediante el método OWAS reveló los siguientes códigos de postura y riesgo asociado, como se representa en la Tabla 4:

- **Código de Postura:** 2 (Espalda), 2 (Brazo), 4 (Pierna), 1 (Carga).
- **Descripción de la Postura:**
 - La espalda se mantiene inclinada, lo cual puede contribuir al desarrollo de trastornos musculoesqueléticos debido a la postura forzada.
 - Los brazos pueden estar elevados o extendidos, aumentando el riesgo de fatiga o lesiones en estas áreas.
 - Las piernas están de pie con las rodillas flexionadas a menos de 150°, lo que puede afectar tanto a las piernas como a la espalda baja a largo plazo.
 - La carga manejada es menor a 10kg, lo que indica que el peso en sí no representa un riesgo significativo, pero la postura durante el manejo sí lo hace.
- **Riesgo Asociado:** Categoría 3, lo que indica que las posturas adoptadas durante la limpieza de maleza tienen efectos dañinos y requieren la implementación de acciones correctivas lo antes posible para mitigar el riesgo de lesiones.

Acciones Correctivas Sugeridas

Para abordar los riesgos identificados en la tarea de limpieza de maleza, se sugieren las siguientes acciones correctivas:

1. **Revisión de Herramientas y Técnicas:** Evaluar el uso de herramientas que permitan realizar la tarea en una postura más ergonómica, evitando la inclinación excesiva de la espalda y la elevación prolongada de los brazos.
2. **Capacitación en Ergonomía:** Proporcionar capacitación a los trabajadores sobre técnicas de trabajo seguro y ergonomía, incluyendo el levantamiento y manejo adecuado de cargas, incluso si estas son ligeras.
3. **Rotación de Tareas y Pausas:** Implementar un sistema de rotación de tareas que permita a los trabajadores alternar entre actividades que requieren diferentes posturas, reduciendo así el tiempo de exposición a posturas de riesgo. Además, promover la toma de pausas regulares para estirar y relajar los músculos (17).

Tabla 4. Proceso de cacao con el método OWAS

Limpieza de maleza	Espalda	Brazo	Pierna	Carga
Código	2	2	4	1
Postura	Espalda inclinada	Un brazo, o parte de él, por encima o al nivel de los hombros	De pie con las rodillas flexionadas (<150°)	<10kg
Riesgo	3	Postura con efecto dañino	Se requiere toma de acciones correctivas lo antes posible	



Figura 5. Limpieza de maleza

3.2.1.5. Cosecha

3.2.1.5.1. Código de riesgo y acciones correctivas

Para la tarea de Cosecha en el proceso de cultivo de cacao, la aplicación del método OWAS proporcionó un análisis detallado para evaluar las posturas y determinar el riesgo ergonómico asociado. Este enfoque permitió identificar las necesidades de intervención para mitigar los riesgos y mejorar las condiciones de trabajo de los trabajadores agrícolas, apoyado esto con los datos de la Tabla 5.

Tabla 5. Proceso de cacao con el método OWAS

Cosecha	Espalda	Brazo	Pierna	Carga
Código	1	3	2	1
Postura	Espalda derecha o recta	Ambos brazos, o parte de ellos, están por encima o a nivel de los hombros	De pie, con las dos piernas rectas y con el equilibrado entre ambas	<10kg
Riesgo	1	Postura norma y natural sin efecto	No requiere acción 1	



Figura 6. Cosecha

- **Código OWAS Asignado:** 1 (Espalda), 3 (Brazo), 2 (Pierna), 1 (Carga).
- **Descripción de la Postura:**
 - **Espalda:** Se mantiene derecha o recta, indicando una postura ergonómicamente favorable que minimiza el riesgo de trastornos musculoesqueléticos.
 - **Brazos:** Elevación de los brazos o parte de ellos al nivel de los hombros, lo que podría sugerir un riesgo leve de fatiga o tensión si se mantiene por períodos prolongados.
 - **Piernas:** Posición de pie con las piernas rectas y el peso equilibrado entre ambas, lo cual es una postura natural y no representa un riesgo significativo bajo condiciones normales de trabajo.
 - **Carga:** Manejo de cargas menores a 10kg, considerado dentro de un rango seguro para la mayoría de las actividades agrícolas sin requerir acciones correctivas específicas.
- **Evaluación de Riesgo:** La postura durante la cosecha se clasificó con un riesgo nivel 1, lo que indica que es una postura normal y natural sin efectos dañinos aparentes. Por lo tanto, no se requieren acciones correctivas inmediatas.

Acciones Correctivas Sugeridas

Dado el bajo nivel de riesgo identificado para la tarea de cosecha, las acciones correctivas específicas pueden no ser necesarias. Sin embargo, se recomienda mantener prácticas de trabajo seguro y ergonómico para asegurar que las condiciones no cambien a lo largo del tiempo. Algunas sugerencias generales incluyen:

- Continuar con la evaluación periódica de las posturas de trabajo para detectar cualquier cambio en las condiciones que pueda incrementar el riesgo.
- Promover el uso de herramientas y técnicas que faciliten la cosecha sin requerir posturas que puedan incrementar el riesgo ergonómico.
- Fomentar pausas regulares y ejercicios de estiramiento entre los trabajadores para minimizar la fatiga muscular.

La aplicación del método OWAS en la tarea de cosecha demuestra su utilidad para evaluar las posturas de trabajo y gestionar los riesgos ergonómicos en el ámbito agrícola. Aunque en este caso el nivel de riesgo fue bajo, el método proporciona un marco valioso para la identificación y prevención proactiva de riesgos ergonómicos en una variedad de tareas agrícolas (17).

3.2.1.6. Desgrane de Cacao

3.2.1.6.1. Código de riesgo y acciones correctivas

En el proceso de desgrane de cacao, la evaluación ergonómica identificó necesidades críticas de intervención para prevenir posibles daños relacionados con las posturas de trabajo adoptadas por los estudiantes y trabajadores. La implementación del método OWAS reveló que las posturas de espalda inclinada y rodillas flexionadas, comunes durante el desgrane, presentan riesgos significativos para la salud musculoesquelética. Estas posturas fueron evaluadas con un nivel de riesgo que exige la adopción de medidas correctivas inmediatas para minimizar la exposición a posturas perjudiciales y prevenir lesiones.

- **Código de Riesgo Identificado:** Las actividades durante el desgrane de cacao, especialmente aquellas que implican inclinación de la espalda y flexión de rodillas por períodos prolongados, fueron clasificadas con un nivel de riesgo que demanda atención urgente.
- **Acciones Correctivas Sugeridas:**
 - Reconfiguración de las Estaciones de Trabajo: Modificar las estaciones de trabajo para permitir que las tareas se realicen en posiciones más ergonómicas, reduciendo la necesidad de inclinación de la espalda y flexión de rodillas.
 - Implementación de Programas Educativos en Ergonomía: Desarrollar y ofrecer programas de formación que inculquen prácticas de trabajo seguro y conciencia ergonómica entre los estudiantes y trabajadores, enseñándoles sobre los riesgos asociados con ciertas posturas y cómo evitarlos.
 - Promoción de Pausas **Activas:** Fomentar la realización de pausas activas y ejercicios de estiramiento entre las tareas para reducir la fatiga muscular y el riesgo de lesiones musculoesqueléticas.

Estas medidas no solo buscan mitigar los riesgos identificados sino también establecer una base para la mejora continua de las condiciones de trabajo en la Granja Experimental Mishili. La adopción de un enfoque proactivo y la implementación de cambios ergonómicos sustanciales son esenciales para garantizar un ambiente laboral seguro y sostenible, promoviendo el bienestar a largo plazo de todos los involucrados en el proceso agrícola (17).

En la Tabla 6 se observan los datos recogidos en base a las diferentes partes que se tienen en cuenta en la elaboración y cuantificación del método OWAS:

Tabla 6. Puntuación total de la afectación de la espalda método OWAS

	Frecuencia relativa	Valor	Categoría de riesgo	Efecto sobre el sistema musculoesquelético	Acciones correctivas
Espalda	Derecha	2/6=0.33* 100%=33.3%	1	Postura norma y natural	No requiere acción
	Inclinada	3/6=0.5* 100%=50%	2	Postura con la posibilidad de causar daño	Se requiere acciones correctivas
	Girada Inclinada y girada	1/6=0.16.67* 100%=16.67%	1	Postura norma y natural	No requiere acción
Brazos	Dos brazos bajo	3/6=0.5* 100%=50%	1	Postura normal y natural	No requiere acción

	U brazo bajo y el otro elevado	2/6=0.16* 100%=33.33%	1	Postura natural	normal y	No requiere acción
	Dos brazos elevados	1/6=0.16* 100%=16.66%	1	Postura natural	normal y	No requiere acción
	Sentado	1/6=0.16* 100%=16.66%	1	Postura natural	normal y	No requiere acción
	De pie	1/6=0.16* 100%=16.66%	1	Postura natural	normal y	No requiere acción
	Sobre una pierna					
Piernas	Sobre rodillas flexionadas	2/6=0.33* 100%=33.33%	2	Postura con posibilidad de causar daño	con la de	Se requiere acciones correctivas
	Sobre una rodilla flexionada	1/6=0.16* 100%=16.66%	1	Postura natural	normal y	No requiere acción
	Arrodillado	1/6=0.16* 100%=16.66%	1	Postura natural	normal y	No requiere acción
	Caminando					

3.3. Proceso del Cultivo de Plátano

3.3.1. Evaluación por Tareas

3.3.1.1. Limpieza del suelo

3.3.1.1.1. Código de riesgo y acciones correctivas

Para la tarea de Limpieza del suelo en el proceso del cultivo de plátano, se aplicó el método OWAS para evaluar las posturas de trabajo y determinar el código de riesgo y las acciones correctivas necesarias, en la Tabla 7 se observan algunos de los datos obtenidos en base al método OWAS aplicado en la Tabla 7:

Tabla 7. Proceso de plátano con el método OWAS

Limpieza	Espalda	Brazo	Pierna	Carga
Código	4	3	7	1
Postura	Espalda inclinada y girada	Ambos brazos, por encima de los hombros	De manera dinámica, es decir, caminando	<10kg
Riesgo	4	Efecto sumamente dañino, sistema musculoesquelético	Se requiere acciones correctivas inmediatas	



Figura 7. Limpieza de suelo

- Código OWAS: La combinación de códigos asignada fue 4 (Espalda), 3 (Brazo), 7 (Pierna), 1 (Carga).

- Descripción de la Postura:
 - Espalda: Inclinada y girada, lo que indica una posición que puede causar estrés significativo en la espalda y aumentar el riesgo de lesiones musculoesqueléticas.
 - Brazos: Elevados por encima de los hombros, lo que puede llevar a fatiga muscular y potenciales lesiones en los hombros y brazos.
 - Piernas: La postura implicaba movimiento dinámico, es decir, caminar, lo que sugiere variabilidad en las posturas de las piernas pero también potenciales riesgos asociados a la movilidad y estabilidad.
 - Carga: Manejo de cargas menores a 10 kg, indicando que el peso en sí no es el principal factor de riesgo, pero su manejo durante la actividad dinámica puede contribuir al riesgo ergonómico.
- Nivel de Riesgo: 4, indicando efectos sumamente dañinos para el sistema musculoesquelético y la necesidad de implementar acciones correctivas inmediatas para mitigar estos riesgos.

Acciones Correctivas Sugeridas

Dada la alta evaluación de riesgo, se requieren medidas inmediatas para mejorar las condiciones ergonómicas de esta tarea:

- Rediseño de la Tarea: Modificar la forma en que se realiza la limpieza del suelo para reducir la necesidad de posturas dañinas, como la inclinación y giro de la espalda y el levantamiento de los brazos.
- Herramientas Ergonómicas: Introducir o mejorar el uso de herramientas que permitan realizar la limpieza manteniendo una postura más segura, como mangos más largos en herramientas para reducir la inclinación.
- Capacitación y Concienciación: Educar a los trabajadores sobre técnicas de trabajo seguras y ergonómicas para minimizar el riesgo de lesiones. Esto puede incluir entrenamiento en el manejo adecuado de herramientas y técnicas para variar la postura y distribuir el esfuerzo físico de manera más uniforme.
- Pausas y Rotaciones: Implementar pausas frecuentes y rotaciones de tareas para evitar la exposición prolongada a posturas de riesgo.

3.3.1.2. Labranza del suelo

3.3.1.2.1. Código de riesgo y acciones correctivas

Tabla 8. Proceso de plátano con el método OWAS

Labranza del suelo	Espalda	Brazo	Pierna	Carga
Código	4	3	3	1
Postura	Espalda inclinada y girada	Ambos brazos, por encima de los hombros	De pie, con peso sobre una pierna recta	<10kg
Riesgo	2	Posibilidad de acusar daño al sistema músculo	Acciones correctivas en futuro cercano	



Figura 8. Labranza de suelo

Labranza del Suelo

- **Código OWAS:** 4 (Espalda), 3 (Brazo), 3 (Pierna), 1 (Carga).
- **Riesgo:** 2, señalando la posibilidad de acusar daño al sistema musculoesquelético.
- **Acciones Correctivas:** Se sugieren acciones correctivas en un futuro cercano para mejorar las condiciones ergonómicas y prevenir el daño.

En este contexto, la tabla 8 y la Figura 8 mencionadas, los puntos de control destacados como la espalda, brazo, piernas y el volumen de carga se refieren a los aspectos específicos del cuerpo del trabajador y las cargas que manejan, que son evaluados mediante el método OWAS para determinar el nivel de riesgo asociado con sus posturas de trabajo. Se detalla qué tipo de datos se obtienen de la aplicación del método OWAS y cómo se reflejan estos valores.

3.3.1.3. Siembra del plátano

3.3.1.3.1. Código de riesgo y acciones correctivas

Siembra del Plátano

- **Código OWAS:** 4 (Espalda), 3 (Brazo), 6 (Pierna), 1 (Carga).
- **Riesgo:** 4, lo que implica un efecto sumamente dañino al sistema musculoesquelético.
- **Acciones Correctivas:** Es imperativo tomar acciones correctivas inmediatas para evitar lesiones graves y mejorar la ergonomía en esta tarea.

Estos valores y características se obtienen de la aplicación del método OWAS, a partir de la ejecución de este se obtiene la Tabla 9, donde se reflejan las consecuencias posibles así como las medidas que se deben tener en cuenta para eliminar el daño o reducir el nivel de existir ya en los trabajadores.

Tabla 9. Proceso de plátano con el método OWAS

Siembra	Espalda	Brazo	Pierna	Carga
Código	4	3	6	1
Postura	Espalda inclinada y girada	Ambos brazos, por encima de los hombros	Arrodillado sobre una o las dos rodillas	<10kg
Riesgo	4	Efecto sumamente dañino, sistema musculo	Se requiere acciones correctivas inmediatas	



Figura 9. Siembra

3.3.1.4. Limpieza del plátano

3.3.1.4.1. Código de riesgo y acciones correctivas

Tabla 10. Proceso de plátano con el método OWAS

Limpieza del plátano	Espalda	Brazo	Pierna	Carga
Código	2	2	4	1
Postura	Espalda inclinada	Un brazo, o parte de él, por encima o al nivel de los hombros	De pie con las rodillas flexionadas (<math><150^\circ</math>)	<math><10\text{kg}</math>
Riesgo	4	Postura con efecto dañinos	Se requiere toma de acciones correctivas lo antes posible	



Figura 10. Limpieza del plátano

En la tabla 10, se presentan los resultados, los datos, de la aplicación del método OWAS en cuanto a la limpieza del plátano, del cual en la Figura 10 se observa el proceso de la actividad y la postura que el trabajador adquiere para el cumplimiento de esta tarea.

Limpieza del Plátano

- **Código OWAS:** 2 (Espalda), 2 (Brazo), 4 (Pierna), 1 (Carga).
- **Riesgo:** 3, indicando posturas con efecto dañinos.
- **Acciones Correctivas:** Se necesitan acciones correctivas lo antes posible para ajustar las prácticas de trabajo y minimizar los riesgos ergonómicos.

Estos hallazgos resaltan la importancia de implementar medidas preventivas y correctivas específicas para cada tarea dentro del cultivo de plátano, con el objetivo de proteger la salud y seguridad de los trabajadores. La aplicación del método OWAS en este contexto facilita la identificación precisa de riesgos y la planificación de intervenciones ergonómicas adecuadas (17).

3.3.1.5. Desoje del plátano

3.3.1.5.1. Código de riesgo y acciones correctivas

Tabla 11. Proceso de plátano con el método OWAS

Desoje del plátano	Espalda	Brazo	Pierna	Carga
Código	1	3	2	1
Postura	Espalda derecha o recta	Ambos brazos, o parte de ellos están por encima de los hombros	De pie, con las dos piernas rectas y con el equilibrado entre ambas	<10kg
Riesgo	1	Postura norma y natural sin efecto dañino	No requiere acción	



Figura 11. Desoje del plátano

Para la tarea de Desoje del Plátano en el proceso de cultivo, el método OWAS, del cual los datos se presentan en la Tabla 11, proporcionó una evaluación detallada que resultó en un código de riesgo muy bajo. Los detalles específicos de esta evaluación son los siguientes:

- **Código OWAS Asignado:** 1 (Espalda), 3 (Brazo), 2 (Pierna), 1 (Carga).
- **Descripción de la Postura:**
 - **Espalda:** La postura de la espalda es derecha o recta, indicando una alineación natural y erguida durante la realización de la tarea, lo cual minimiza el riesgo de trastornos musculoesqueléticos relacionados con posturas inadecuadas.
 - **Brazos:** Aunque una parte de los brazos puede estar por encima del nivel de los hombros, la postura general se considera dentro de un rango aceptable y no se identifica como una fuente significativa de riesgo ergonómico.
 - **Piernas:** Las piernas están rectas y el peso corporal se distribuye equilibradamente entre ambas, lo que contribuye a una postura estable y reduce la carga sobre cualquier extremidad inferior específica.
 - **Carga:** La carga manipulada es menor a 10kg, lo cual se considera manejable y no representa un riesgo elevado para la salud del trabajador.
- **Evaluación de Riesgo y Acciones Correctivas:**
 - **Riesgo:** Se asigna un nivel de riesgo 1, lo que indica que la postura es normal y natural sin efectos dañinos aparentes. Bajo estas condiciones, no se requieren acciones correctivas específicas para modificar la realización de esta tarea desde una perspectiva ergonómica (17).

4. Discusión

En el apartado de discusión, es crucial analizar la aplicación y los efectos de la ergonomía en la agricultura, teniendo en cuenta la creciente demanda mundial de alimentos y el papel fundamental de este sector en la economía global. La ergonomía, definida como el diseño e

instalación de tecnología que se adapta a las aptitudes y limitaciones humanas, busca mejorar la salud personal, el bienestar y la seguridad en el lugar de trabajo, al tiempo que se aumenta la productividad (18,19). Este enfoque es particularmente relevante en la agricultura, donde gran parte del trabajo se realiza con energía humana o animal, y las prácticas laborales inadecuadas pueden conducir a fatiga y enfermedades relacionadas con el trabajo, reduciendo así la capacidad productiva (20).

Una revisión sistemática de la literatura ha mostrado un creciente interés en la ergonomía aplicada al sector agrícola en las últimas dos décadas, con aproximadamente el 58% de los trabajos publicados en los últimos cinco años. Esto subraya la importancia y la urgencia de abordar los desafíos ergonómicos en la agricultura, especialmente en países en desarrollo donde las prácticas agrícolas aún dependen en gran medida de la energía humana y animal. Dichas prácticas pueden causar no solo fatiga sino también enfermedades relacionadas con el trabajo, afectando negativamente la productividad (20).

Los Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades (CDC) destacan que la ergonomía tiene como objetivo reducir el estrés y eliminar lesiones y trastornos asociados al uso excesivo de los músculos, la mala postura y las tareas repetitivas. Esto se logra mediante el diseño adecuado de tareas, espacios de trabajo, controles, herramientas, iluminación y equipo, ajustándose a las capacidades y limitaciones físicas de los trabajadores (21).

Dada la importancia estratégica de la agricultura en el suministro mundial de alimentos y su impacto en la economía global, es esencial que los esfuerzos de investigación y aplicación práctica en ergonomía continúen expandiéndose. Las intervenciones ergonómicas no solo pueden mejorar la salud y seguridad de los trabajadores agrícolas sino también aumentar la eficiencia y productividad, contribuyendo así a la sostenibilidad del sector agrícola frente a los desafíos del crecimiento poblacional y el cambio en las demandas dietéticas.

5. Conclusión

Este estudio ha demostrado la importancia crítica de integrar evaluaciones ergonómicas detalladas en el sector agrícola, particularmente en la Granja Experimental Mishili, para identificar y mitigar los riesgos ergonómicos asociados con actividades clave como la preparación del terreno, labranza, siembra, limpieza de maleza, cosecha y desgrane de cacao. La aplicación del método OWAS ha permitido una clasificación sistemática de las posturas de trabajo y ha revelado que ciertas actividades agrícolas exponen a los trabajadores a riesgos significativos de trastornos musculoesqueléticos, subrayando la necesidad de acciones correctivas inmediatas.

Las acciones correctivas sugeridas, incluyendo la implementación de herramientas ergonómicas y la capacitación en prácticas de trabajo seguro, tienen el potencial de mejorar significativamente las condiciones de trabajo, reducir la incidencia de lesiones y aumentar la productividad agrícola. Este estudio subraya la relevancia de la ergonomía en la agricultura y proporciona una base sólida para futuras investigaciones dirigidas a desarrollar intervenciones más efectivas y sostenibles que promuevan la salud y seguridad de los trabajadores agrícolas.

Los hallazgos de este estudio contribuyen al cuerpo de conocimiento en ergonomía agrícola y salud ocupacional, ofreciendo insights valiosos para académicos, profesionales de la salud ocupacional y gestores agrícolas interesados en adoptar enfoques proactivos para la gestión de riesgos laborales. Es imperativo que la investigación futura continúe explorando y validando estrategias de intervención ergonómica, con un enfoque particular en la adaptabilidad y eficacia en diversos contextos agrícolas.

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. Litardo Velásquez CA, Díaz Caballero JR, Perero Espinoza GA. La ergonomía en la prevención de problemas de salud en los trabajadores y su impacto social. *Revista Cubana de Ingeniería*. 2019;10(2):3–15.
2. House. ¿Cuáles son los 7 tipos de riesgos laborales (con ejemplos)? CTAIMA – Software Prevención Riesgos Laborales y Coordinación Empresarial. CTAIMA; 2023.
3. Selección de métodos de evaluación ergonómica. Selección de métodos de evaluación ergonómica de puestos de trabajo. *Ergonautas*. 2024.
4. nandrade. La Importancia de la Agricultura en nuestro país. *Edu.ec*. 2017.
5. Casanova–Villalba CI. Desafíos en el crecimiento empresarial en Santo Domingo: Un análisis de los factores clave en el periodo 2021–2022. *Journal of Economic and Social Science Research*. 2022;2(3).
6. Casanova–Villalba CI, Gavilanes–Bone SA, Zambrano–Zambrano MA. Factores que dificultan el crecimiento de los emprendimientos de Santo Domingo. *Journal of Economic and Social Science Research*. 2022;2(1).
7. Guillén Fonseca M. Ergonomía y la relación con los factores de riesgo en salud ocupacional. *Rev Cubana Enferm*. 2006;22(4):0.
8. Norman JC. La ergonomía en el trabajo mental. *Med Leg Costa Rica*. 1997;13–14(2–1–2):90–4.
9. Matgro L. TIPOS de ERGONOMÍA. *Ergonomia OnLine*. 2018.
10. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Posturas de trabajo: Evaluación del riesgo. 2015.
11. Herrera–Sánchez PJ, Mina–Villalta GY. Riesgos de la mala higiene de los equipos quirúrgicos. *Journal of Economic and Social Science Research*. 2023;3(1).
12. Diego–Mas JA. ROSA. *Ergonautas*. 2015.
13. CCOO. Métodos de evaluación ergonómica. 2016.
14. Vernaza–Arroyo GD, Mina Bone SG, Flores Alvarado EA, Rueda Orozco GJ, Zambrano Vélez DL, Casanova–Villalba CI, et al. Resultados Científicos de la Investigación Multidisciplinaria desde la Perspectiva Ética. Editorial Grupo AEA, editor. Editorial Grupo AEA; 2022.
15. Casanova–Villalba CI, Proaño–González EA, Macias–Lloor JM, Ruiz–López SE. La contabilidad de costos y su incidencia en la rentabilidad de las PYMES. *Journal of Economic and Social Science Research*. 2023;3(1).
16. Herrera–Sánchez MJ, Navarrete–Zambrano CM, Núñez–Liberio RV, López–Pérez PJ. Elementos de un sistema de costeo para la producción de Sacha Inchi. *Journal of Economic and Social Science Research*. 2023;3(1).
17. Rodríguez Reinoso DP, Ramírez Armijos HD. Identificación De Peligros Y Evaluación De Riesgos Laborales (Ergonómicos) En Los Procesos Agrícolas Desarrollados En La Granja Experimental Mishili, 2024. Instituto Superior Tecnológico Tsa`chila; 2023.
18. Kuruganti U, Rickards J. The role of human factors engineering in establishing occupational fitness standards. *Int J Ind Ergon*. 2004;34(6):451–7.
19. Gómez–Conesa. A, Martínez–González. M. Ergonomía. Historia y ámbitos de aplicación. *Fisioter (Madr, Ed, Impresa)*. 2002;24:3–10.
20. Herren HR, Bassi AM, Tan Z, Binns WP. Green Jobs for a Revitalized Food and Agriculture Sector. 2012.
21. CDC. Ergonomía (desordenes musculoesqueléticos). CDC. 2020.



© 2024 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

Validación de Criterios de Mejora Continua en la Gestión Preventiva de Riesgos Ergonómicos: Estudio en la Granja Experimental Mishili 2024

Velez Laborde, Tatiana Maribel ¹   Almeida Narvaez, Kevin Rene ¹ 
Jara Minaya, Gustavo Javier ¹  Palma Rivera, Alex Dario ¹ 

¹ Instituto Tecnológico Superior Tsáchila, Santo Domingo, Ecuador

 Correspondencia: tatianavelezlaborde@tsachila.edu.ec  + 593 97 945 7704

DOI/URL: <https://doi.org/10.53313/gwj71103>

Resumen: Este estudio aborda la ergonomía y la mejora continua en la gestión de riesgos ergonómicos en la granja experimental Mishili, enfocándose en los cultivos de plátano y maracuyá. Utilizando un enfoque cualitativo basado en el Ciclo de Deming (PHVA) y la norma ISO 45001, se analizan las medidas preventivas para mitigar los riesgos de salud en el trabajo agrícola. La investigación emplea observaciones, entrevistas y análisis de contenido, complementados con encuestas y el método RULA para evaluar riesgos ergonómicos entre estudiantes del Instituto Tecnológico Superior Tsáchila. Los resultados indican riesgos significativos en las etapas del ciclo de cultivo, incluyendo lesiones físicas, trastornos musculoesqueléticos y exposición a condiciones ambientales adversas. Se destaca la importancia de implementar prácticas seguras, formación en seguridad y medidas ergonómicas para mejorar la seguridad de los trabajadores. La conclusión resalta la relevancia de adaptar el trabajo a las personas, promoviendo entornos laborales seguros y productivos. Este proyecto sugiere que principios ergonómicos efectivos y una gestión de riesgos continua pueden mejorar significativamente las condiciones laborales en la agricultura, ofreciendo un modelo aplicable a otros contextos agrícolas.

Palabras claves: Ergonomía, Gestión de riesgos, Seguridad, Salud.

Validation of Continuous Improvement Criteria in the Preventive Management of Ergonomic Risks: Study at the Mishili 2024 Experimental Farm

Abstract: This study addresses ergonomics and continuous improvement in ergonomic risk management at the Mishili experimental farm, focusing on banana and passion fruit crops. Using a qualitative approach based on the Deming Cycle (PHVA) and ISO 45001, preventive measures to mitigate health risks in agricultural work are analyzed. The research uses observations, interviews and content analysis, complemented with surveys and the RULA method to assess ergonomic risks among students of the Instituto Tecnológico Superior Tsáchila. The results indicate significant risks in the stages of the crop cycle, including physical injuries, musculoskeletal disorders and exposure to adverse environmental conditions. The importance of implementing safe practices, safety training and ergonomic measures to improve worker safety is highlighted. The conclusion highlights the relevance of adapting work to people, promoting safe and productive work environments. This project suggests



Cita: Velez Laborde, T. M., Almeida Narvaez, K. R., Jara Minaya, G. J., & Palma Rivera, A. D. (2024). Validación de Criterios de Mejora Continua en la Gestión Preventiva de Riesgos Ergonómicos: Estudio en la Granja Experimental Mishili 2024. Green World Journal, 7(1), 103. <https://doi.org/10.53313/gwj71103>

Received: 20/Dec /2023

Accepted: 26/Jan /2024

Published: 29/Feb /2024

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.



© 2024 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>

that effective ergonomic principles and continuous risk management can significantly improve working conditions in agriculture, providing a model applicable to other agricultural contexts.

Keywords: Ergonomics, Risk management, Safety, Health, Health, Safety.

1. Introducción

La ergonomía, entendida como la ciencia que estudia la relación entre el ser humano y su entorno laboral, ha cobrado una importancia creciente en el ámbito del trabajo. Su aplicación trasciende diversos sectores, desde la industria pesada hasta los entornos de oficina, buscando siempre adaptar las condiciones de trabajo a las capacidades y necesidades de los trabajadores. Este enfoque no solo se orienta hacia la promoción de la salud y el bienestar, sino que también busca reducir la incidencia de accidentes laborales y mejorar la productividad de las empresas. Con el avance de los años, la ergonomía ha evolucionado, adaptándose e integrando nuevos enfoques y metodologías para responder de manera efectiva a los desafíos impuestos por los cambios tecnológicos, sociales y económicos en el entorno laboral. Esta evolución enfatiza la importancia de adaptar el trabajo a las personas, mejorando así la calidad de vida en el trabajo y la eficiencia en los procesos industriales.

La ergonomía, como disciplina científica, se ha consolidado como una piedra angular en la comprensión y mejora de la interacción entre los seres humanos y los elementos de su entorno laboral. Desde sus orígenes, ha evolucionado adaptándose a los cambios tecnológicos, sociales y económicos, con el objetivo de optimizar el bienestar humano y la eficiencia de los sistemas (1). Esta evolución ha llevado a una comprensión más profunda de la ergonomía no solo como el estudio del comportamiento humano en el trabajo, sino como un enfoque integral que considera al trabajador en su totalidad dentro de su entorno (2).

El proyecto que se presenta tiene como objetivo principal validar la mejora continua en la gestión de los riesgos ergonómicos, enfocándose en el contexto específico de la granja experimental Mishili, en los procesos de cultivo de plátano y maracuyá. Se pretende destacar la importancia de adoptar medidas preventivas efectivas para evitar problemas de salud asociados a la actividad laboral, haciendo uso del Ciclo de Deming (PHVA), una herramienta que guía la planificación y ejecución controlada de acciones, permitiendo la revisión y ajuste de procesos en función de los resultados obtenidos. La implementación de un sistema de gestión conforme a la norma ISO 45001 ofrece un marco documental estructurado para abordar la seguridad y salud en el trabajo, siendo compatible con otros sistemas de gestión ambiental y de calidad, como las normas ISO 14001 y ISO 9001, respectivamente. Este enfoque subraya el compromiso con la mejora continua, basándose en la identificación de oportunidades para aumentar la eficiencia mediante el rediseño y la reingeniería de procesos, tal como lo indican (3).

Este compromiso con la mejora continua en el ámbito de la ergonomía se justifica plenamente en el contexto de la granja experimental Mishili, la cual enfrenta desafíos significativos en cuanto a la gestión preventiva de riesgos ergonómicos. La falta de un proceso de mejora continua adecuada en la gestión de estos riesgos implica que las actividades cotidianas se realicen en condiciones que no están adecuadamente adaptadas al personal, lo que resulta en una serie de problemas físicos como dolores musculares, espasmos, lesiones, distrofia muscular, entre otros, causados por el trabajo manual intensivo y el incremento en la mecanización del trabajo. La factibilidad de este proyecto se ve reforzada por el apoyo del Instituto Superior Tecnológico Tsa'chila, contando con las herramientas y conocimientos necesarios para alcanzar los objetivos propuestos.

Históricamente, la preocupación por adaptar herramientas y espacios a las capacidades humanas se remonta a tiempos antiguos, demostrando una comprensión intuitiva de los principios ergonómicos mucho antes de que el término fuera acuñado (4). La formalización de la ergonomía como disciplina científica y su desarrollo acelerado a partir del siglo XIX, evidencian su importancia creciente en la mejora de la actividad laboral y la prevención de riesgos asociados al trabajo (5).

En la actualidad, la ergonomía se enfrenta al desafío de integrar diversas perspectivas y enfoques para abordar los riesgos ergonómicos en el trabajo. La evaluación y gestión de estos

riesgos son cruciales para prevenir trastornos musculoesqueléticos y otros problemas de salud, que pueden afectar significativamente la productividad y el bienestar de los trabajadores (6). La implementación de controles técnicos y administrativos al detectar riesgos y peligros es esencial en este proceso, subrayando la importancia de una gestión de seguridad y salud en el trabajo basada en la mejora continua (7,8).

Además de validar la mejora continua en la gestión de riesgos ergonómicos, este proyecto busca proporcionar recomendaciones prácticas para estudiantes y docentes, con el fin de mejorar la ergonomía y reducir los riesgos asociados a sus actividades diarias. Esto incluye la implementación de ajustes en la postura, la organización del espacio de trabajo y la mejora en el uso de maquinaria y herramientas. Estas medidas no solo buscan mejorar las condiciones de trabajo, sino que también pretenden incrementar la concienciación sobre la importancia de la ergonomía en el ámbito educativo y laboral.

La justificación de este proyecto radica en la capacidad de la ergonomía para reducir los factores de riesgo y mejorar la interacción entre el trabajo y el trabajador. La gestión preventiva de riesgos ergonómicos es fundamental para beneficiar la productividad y calidad del trabajo, facilitando y agilizando las tareas laborales gracias a la comodidad y bienestar que promueve un entorno de trabajo adecuado. Además, se espera que la implementación de este proyecto en la granja experimental Mishili sirva como modelo para otras instituciones, demostrando cómo la aplicación efectiva de principios ergonómicos y la mejora continua pueden contribuir significativamente a crear entornos de trabajo más seguros, saludables y productivos.

2. Materiales y métodos

El enfoque de este estudio es predominantemente cualitativo, siguiendo la perspectiva de Creswell (2009), que define la investigación cualitativa como aquella centrada en la interpretación y comprensión de fenómenos sociales, culturales y humanos. A diferencia de los métodos cuantitativos, que buscan medir variables de manera numérica, este enfoque se inclina hacia la exploración de significados, contextos y procesos subyacentes a través de técnicas como entrevistas, observación participante y análisis de contenido. Este enfoque es particularmente pertinente para la presente investigación, cuyo objetivo es validar criterios de mejora continua en la gestión preventiva de riesgos ergonómicos en la granja experimental Mishili, 2024. El análisis de la información se realizará de forma descriptiva, basándose en observaciones y opiniones para profundizar en la temática de estudio.

La investigación se apoya en el estándar ISO 45001, que propone una gestión de la seguridad y salud basada en el ciclo PHVA (Planificar, Hacer, Verificar, Actuar). Este estándar enfatiza la importancia de la implementación continua para lograr la mejora continua, previniendo lesiones, problemas de salud y accidentes laborales, y asegurando un lugar de trabajo seguro y saludable.

El Ciclo de Deming, también conocido como Ciclo PHVA, es una herramienta fundamental en esta investigación. Representa un enfoque iterativo para la gestión de la calidad y la mejora continua de procesos empresariales (9). El ciclo implica planificar acciones para mejorar, ejecutar lo planificado, verificar los resultados y, finalmente, ajustar según sea necesario. Este método no solo promueve una rutina de gestión diaria y el desarrollo continuo, sino que también contribuye a la innovación, la reducción de costos y el aumento de la productividad.

El diseño de la investigación es descriptivo y transversal, lo que permite realizar un diagnóstico de la situación actual de los riesgos ergonómicos en los cultivos de plátano y maracuyá en la Granja Experimental Mishili. Se utilizarán diversas técnicas e instrumentos de recolección de datos, incluyendo encuestas y el método RULA para evaluar la carga postural y los riesgos ergonómicos asociados.

El universo de estudio incluye a 68 estudiantes del Instituto Tecnológico Superior Tsa'chila, divididos entre los cultivos de plátano y maracuyá. La muestra no probabilística consta de 30 estudiantes, seleccionados para profundizar en el análisis de los riesgos ergonómicos y la mejora de las condiciones laborales. El procedimiento metodológico abarca desde la aprobación del tema de investigación hasta la conclusión del informe final, pasando por la definición de la muestra, la elaboración de instrumentos, la recolección y validación de datos, y la ejecución de

la propuesta de mejora. Se detallarán los procesos de cultivo de plátano y maracuyá para identificar específicamente los riesgos ergonómicos.

3. Resultados

3.1. Análisis e interpretación de resultados

3.1.1. Resultados de la encuesta aplicada a los estudiantes

Conocimiento sobre el término ergonomía:

- Un 50% de los estudiantes indicó no conocer el término ergonomía, lo que sugiere una falta de conciencia sobre este concepto crucial para optimizar la eficiencia y reducir el riesgo de lesiones en el lugar de trabajo.

Información sobre riesgos ergonómicos en la granja:

- La mayoría de los encuestados siente que no está adecuadamente informada sobre los riesgos ergonómicos presentes en la Granja Experimental Mishili. Esto destaca una posible falta de comunicación efectiva o programas de capacitación insuficientes en relación con la ergonomía.

Conocimiento de evaluaciones de riesgos ergonómicos por proceso de cultivos:

- Un porcentaje significativo de los estudiantes no estaba al tanto de si se realizan evaluaciones de riesgos ergonómicos por cada proceso de cultivo. Esto sugiere una falta de transparencia y comunicación por parte de la administración de la granja sobre las evaluaciones de riesgos, lo cual es esencial para fomentar la confianza y la conciencia ergonómica.

Estos hallazgos sugieren la necesidad de mejorar la comunicación, la educación, y la transparencia en la Granja Experimental Mishili respecto a la ergonomía y la gestión preventiva de riesgos ergonómicos. La implementación de programas de capacitación específicos, junto con una comunicación efectiva sobre las evaluaciones de riesgos ergonómicos, podría mejorar significativamente la conciencia y la gestión de estos riesgos entre los estudiantes y trabajadores de la granja.

3.1.1.1. Conocimiento sobre el término ergonomía

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	SI	9	30	30	30
	NO	15	50	50	80
	NES	6	20	20	100
	Total	30	100	100	

Tabla 1. Conocimiento sobre ergonomía

Los resultados de la encuesta aplicada a los estudiantes en la Granja Experimental Mishili revelaron lo siguiente:

- **Frecuencia y Porcentaje de Respuestas:**
 - **Sí:** 9 estudiantes (30%)
 - **No:** 15 estudiantes (50%)
 - **No estoy seguro/a:** 6 estudiantes (20%)
 - **Total:** 30 estudiantes (100%)

- **Análisis de los Resultados:** La encuesta mostró que el 50% de los estudiantes encuestados no conocen el término ergonomía, lo que indica una falta de conciencia sobre este concepto crucial. La ergonomía se refiere al diseño de lugares de trabajo, productos y sistemas para que se adapten a las personas, optimizando la eficiencia y la seguridad.

Este hallazgo subraya la importancia de mejorar la educación y la conciencia sobre la ergonomía entre los estudiantes, especialmente en entornos agrícolas como la Granja Experimental Mishili, donde el conocimiento ergonómico es esencial para prevenir lesiones y mejorar la productividad y bienestar de los trabajadores.

3.1.1.2. Información sobre riesgos ergonómicos en la granja

Para abordar eficazmente los riesgos ergonómicos, se sugiere la creación de programas de capacitación específicos y la promoción de una cultura de seguridad y salud. Estas iniciativas deben enfocarse en la identificación de riesgos ergonómicos, la aplicación de prácticas ergonómicas correctas, y la implementación de medidas preventivas. Además, se menciona la importancia de involucrar a los trabajadores en la identificación de riesgos y en la promoción de la participación activa para mejorar la gestión de riesgos ergonómicos.

En la granja, los trabajadores están expuestos a una variedad de riesgos ergonómicos que pueden afectar su salud y bienestar. Algunos de estos riesgos incluyen movimientos repetitivos, posturas incómodas, levantamiento de cargas pesadas y vibraciones. Estos trastornos pueden afectar las extremidades superiores, la espalda y las piernas, y pueden ser causados por la realización de tareas repetitivas, la falta de descanso adecuado y la exposición a vibraciones (10).

Además, la exposición a productos químicos y pesticidas en la granja también puede tener efectos negativos en la salud de los trabajadores. Según un estudio publicado en la revista *Environmental Health Perspectives*, la exposición a pesticidas puede estar relacionada con un mayor riesgo de trastornos musculoesqueléticos y otros problemas de salud (11). Es importante que los trabajadores agrícolas tomen medidas para reducir su riesgo de lesiones y enfermedades relacionadas con la ergonomía. Esto puede incluir la implementación de prácticas de trabajo seguras, la utilización de equipos de protección personal adecuado y la realización de ejercicios de estiramiento y fortalecimiento para prevenir lesiones (10,12).

- Condiciones Termohigrométricas y Radiaciones No Ionizantes:
 - Fuentes Generadoras: Exposición directa al sol, condiciones climáticas como temperatura, humedad, y ventilación.
 - Posibles Consecuencias: Aumento de la temperatura corporal, dolor de cabeza, insolación, pérdida del conocimiento, quemaduras de piel, y lesiones en la piel.
- Riesgos Químicos:
 - Fuentes Generadoras: Uso de productos agroquímicos, gases producto de la combustión interna de los motores, quemaduras controladas.
 - Posibles Consecuencias: Problemas respiratorios.
- Riesgos Biológicos:
 - Fuentes Generadoras: Presencia de gusanos, hormigas, avispas, serpientes, roedores, animales domésticos y plantas.
 - Posibles Consecuencias: Alergias, picaduras, mordeduras, muerte o lesiones serias por ataques de animales, lesiones de la piel, y zoonosis.
- Riesgos Mecánicos:
 - Fuentes Generadoras: Uso de herramientas manuales (machetes, palas), maquinaria agrícola (tractores) y sus aditamentos (arado, rastra).
 - Posibles Consecuencias: Heridas, vuelco, golpes, atropello, amputaciones, muerte.
- Riesgos Derivados de los Lugares de Trabajo:

- Fuentes Generadoras: Instalaciones agrícolas mal estructuradas, fosas, zanjas, y hoyos (trabajos en espacios confinados), condiciones climáticas adversas, derivados del ambiente y ecosistema como deslizamientos, sismos, inundaciones, y erupciones volcánicas.
 - Posibles Consecuencias: Accidentes, enfermedades, golpes, caídas, atrapamiento, lesiones y hasta la muerte.
 - Condiciones de Trabajo:
 - Fuentes Generadoras: Trabajar en condiciones lluviosas o en terrenos desiguales.
 - Posibles Consecuencias: Lesiones de piel, caídas, golpes, trastornos músculo esqueléticos, fatiga física, lesiones por esfuerzos repetitivos, y otras exigencias laborales derivadas de la organización, división y contenido del trabajo.
- 3.1.1.3. Conocimiento de evaluaciones de riesgos ergonómicos por proceso de cultivos

En la granja, los trabajadores están expuestos a una variedad de riesgos ergonómicos que pueden afectar su salud y bienestar. Algunos de estos riesgos incluyen movimientos repetitivos, posturas incómodas, levantamiento de cargas pesadas y vibraciones. Estos trastornos pueden afectar las extremidades superiores, la espalda y las piernas, y pueden ser causados por la realización de tareas repetitivas, la falta de descanso adecuado y la exposición a vibraciones (10,11).

Además, la exposición a productos químicos y pesticidas en la granja también puede tener efectos negativos en la salud de los trabajadores. Según un estudio publicado en la revista *Environmental Health Perspectives*, la exposición a pesticidas puede estar relacionada con un mayor riesgo de trastornos musculoesqueléticos y otros problemas de salud (13,14).

Es importante que los trabajadores agrícolas tomen medidas para reducir su riesgo de lesiones y enfermedades relacionadas con la ergonomía. Esto puede incluir la implementación de prácticas de trabajo seguras, la utilización de equipos de protección personal adecuado y la realización de ejercicios de estiramiento y fortalecimiento para prevenir lesiones (10,11). En consideración a esto, se realiza en la Tabla 2, los conocimientos sobre el ciclo Deming por parte de los estudiantes:

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Rotación	9	30	30	30
	Metodología	21	70	70	100
	Total	30	100	100	

Tabla 2. Conocimiento sobre evaluaciones de ergonomía

En base a esto se sugiere la relevancia de evaluar y modificar el diseño de los espacios de trabajo con el fin de minimizar las posturas inadecuadas y promover movimientos ergonómicos. La adquisición de mobiliario y utensilios diseñados ergonómicamente se destaca como esencial para incrementar el confort y disminuir la probabilidad de sufrir daños físicos

3.2. Identificación de puestos de trabajo y riesgos asociados

3.2.1. Riesgos en la etapa de preparación del terreno

En la etapa de preparación del terreno, la identificación de los puestos de trabajo y los riesgos asociados es fundamental para garantizar la seguridad y salud de los trabajadores. Esta fase implica actividades variadas que pueden exponer a los trabajadores a una amplia gama de peligros. Los riesgos identificados incluyen, pero no se limitan a, la exposición a ruido excesivo,

lesiones musculoesqueléticas debido a la manipulación manual de cargas, riesgos de accidentes por el uso de maquinaria pesada, y exposición a polvo y sustancias químicas peligrosas.

La prevención de accidentes con maquinaria implica la realización de inspecciones regulares, mantenimiento preventivo y la formación de los operadores en prácticas seguras de trabajo. Es igualmente importante garantizar una buena gestión del polvo y las sustancias químicas, incluyendo el uso de sistemas de ventilación adecuados y EPP para reducir la exposición a niveles seguros (15).

La implementación de un programa integral de seguridad y salud en el trabajo, que incluya la evaluación y gestión de riesgos, formación de los trabajadores, y el uso de EPP, es esencial para mitigar los riesgos identificados en la etapa de preparación del terreno, de estas características se desarrollan diferentes puntos, como los siguientes en la Tabla 3:

Factores de riesgo	Fuentes generadoras	Posibles consecuencias
Condiciones termo higrométricas	Condiciones climáticas (temperatura, humedad y ventilación)	Aumento de la temperatura corporal, dolor de cabeza, insolación, pérdida del conocimiento. Quemaduras de piel.
Radiaciones no ionizantes	El sol	Lesiones en la piel.
Riesgos químicos	Productos agroquímicos Gases producto de la combustión interna de los motores, quemaduras controladas	Problemas respiratorios.
Riesgos biológicos	Gusanos, hormigas, avispas, serpientes, roedores, animales domésticos y plantas.	Alergias, picaduras, mordeduras, muerte o lesiones serias por ataques de animales, lesiones de la piel y zoonosis.
Riesgos mecánicos	Herramientas manuales (machetes, palas), maquinaria agrícola (tractores) y sus aditamentos (arado, rastra).	Heridas, vuelco, golpes, atropello, amputaciones, muerte.
Derivados de los lugares de trabajo	Instalaciones agrícolas mal estructuradas	Accidentes y enfermedades
	Fosas, zanjas y hoyos (Trabajos en espacios confinados)	Golpes, caídas, Atrapamiento
Derivados del ambiente y ecosistema	Condiciones climáticas adversas, deslizamientos, sismos, inundaciones y erupciones volcánicas.	Lesiones y hasta la muerte.
	Trabajar en condiciones lluviosas o en terrenos	Lesiones de piel, caídas, golpes,
Exigencias derivadas de la actividad física	Posturas forzadas o incómodas,	Trastornos músculo esqueléticos fatiga física, lesiones por esfuerzos repetitivos.
	Desplazamientos Levantamiento o transporte de carga	

Exigencias laborales derivadas de la organización, división y contenido del trabajo	Inexistencia o deficiencias en el sistema de gestión gerencial sobre prevención de riesgos laborales.	Accidentes, enfermedades y pérdidas materiales y humanas.
---	---	---

Tabla 3. Preparación de terreno

3.2.2. Riesgos en la etapa de siembra

En la etapa de siembra de la agricultura, los trabajadores están expuestos a una variedad de riesgos que pueden afectar significativamente su salud y bienestar. Estos riesgos incluyen desde trastornos musculoesqueléticos debido a posturas forzadas y manipulación manual de cargas, hasta la exposición a vibraciones perjudiciales y riesgos ambientales como las altas temperaturas. Nygaard et al (16) destacan la importancia de implementar herramientas ergonómicas y prácticas de trabajo que minimicen los trastornos musculoesqueléticos entre los trabajadores agrícolas, sugiriendo que la adopción de estas medidas puede conducir a una reducción significativa en la incidencia de estos trastornos.

Osborne et al. (17) refuerzan esta idea al resaltar la necesidad de formación en técnicas de levantamiento seguro y el uso de ayudas mecánicas para prevenir lesiones relacionadas con la manipulación manual de cargas. Además, la exposición prolongada a vibraciones, especialmente a través del uso de maquinaria agrícola, ha sido identificada como una fuente de riesgo para la salud, donde Griffin (18) sugiere medidas de control específicas para mitigar estos efectos. Por otro lado, la fatiga física y mental, producto de largas jornadas de trabajo y tareas repetitivas, puede ser manejada efectivamente a través de estrategias como pausas adecuadas y un diseño de trabajo óptimo, según lo discutido por Tucker et al. (19,20).

Como se trata, uno de los elementos que se debe tener en consideración en la ergonomía al momento de realizar las tareas de siembra es la postura, se observa el como dependiendo de la tarea esta posición cambia, para adaptarse a la misma el cuerpo tiene que realizar estiramiento o rotaciones que pueden llegar a causar molestias e incluso daño a largo plazo en la salud de las personas que se encarguen de las actividades de siembra y sus relacionadas.

Finalmente, en “Respiratory health hazards in agriculture” (21) abordan los riesgos para la salud asociados con la exposición a condiciones ambientales adversas, como el calor extremo, y proponen estrategias de mitigación para proteger a los trabajadores agrícolas. Estos estudios resaltan la importancia de una gestión preventiva integral de los riesgos ergonómicos y ambientales en la agricultura para promover un entorno de trabajo seguro y saludable, esto se refleja en la Tabla 4.

Factores de riesgo	Fuentes generadoras	Posibles consecuencias
Condiciones termo higrométricas	Condiciones climáticas (temperatura, humedad y ventilación)	Aumento de la temperatura corporal, dolor de cabeza, insolación, pérdida del conocimiento. Quemaduras de piel.
Radiaciones no ionizantes	El sol	Lesiones en la piel.
Riesgos químicos	Productos agroquímicos Gases producto de la combustión interna de los motores, quemadas controladas	Problemas respiratorios.
Riesgos biológicos	Gusanos, hormigas, avispas, serpientes, roedores, animales domésticos y plantas.	Alergias, picaduras, mordeduras, muerte o lesiones serias por ataques de animales, lesiones de la piel y zoonosis.

Riesgos asociados a la topografía del terreno	Topografía irregular del terreno, zanjas, drenajes.	Resbalones, golpes, caídas, fatiga.
Riesgos mecánicos	Herramientas manuales (machetes, palas), maquinaria agrícola (tractores) y sus aditamentos (arado, rastra).	Heridas, vuelco, golpes, atropello, amputaciones, muerte.
Derivados de los lugares de trabajo	Instalaciones agrícolas mal estructuradas	Accidentes y enfermedades
	Fosas, zanjas y hoyos (Trabajos en espacios confinados)	Golpes, caídas, Atrapamiento
Derivados del ambiente y ecosistema	Condiciones climáticas adversas, deslizamientos, sismos, inundaciones y erupciones volcánicas.	Lesiones y hasta la muerte.
	Trabajar en condiciones lluviosas o en terrenos	Lesiones de piel, caídas, golpes,
Exigencias derivadas de la actividad física	Posturas forzadas o incómodas, Desplazamientos Levantamiento o transporte de carga	Trastornos músculo esqueléticos fatiga física, lesiones por esfuerzos repetitivos.
Exigencias laborales derivadas de la organización, división y contenido del trabajo	Inexistencia o deficiencias en el sistema de gestión gerencial sobre prevención de riesgos laborales.	Accidentes, enfermedades y pérdidas materiales y humanas.

Tabla 4. Siembra

3.2.3. Riesgos en la etapa de mantenimiento del cultivo

Durante la etapa de mantenimiento del cultivo, los trabajadores enfrentan diversos riesgos que pueden afectar su salud y seguridad. La exposición a productos químicos, como pesticidas, es uno de los peligros más significativos, ya que estos compuestos pueden provocar una variedad de problemas de salud, incluidos trastornos respiratorios y dermatológicos. Damalas y Eleftherohorinos (22) subrayan la importancia de la formación en el manejo seguro de productos químicos y el uso de equipo de protección personal para minimizar estos riesgos. Además, la operación de maquinaria agrícola y el manejo de herramientas pueden resultar en lesiones físicas, como cortes y contusiones, así como en trastornos musculoesqueléticos.

Rautiainen y Reynolds (23) señalan que la capacitación en seguridad y el mantenimiento adecuado de los equipos son fundamentales para prevenir accidentes. Las tareas repetitivas asociadas con el mantenimiento, como la poda y el deshierbe, pueden exacerbar los riesgos ergonómicos, y Fathallah (24) sugiere que la adopción de prácticas ergonómicas y el rediseño de herramientas pueden aliviar la carga física sobre los trabajadores. Finalmente, la exposición prolongada a condiciones climáticas adversas representa otro riesgo importante durante esta etapa.

En “Respiratory health hazards in agriculture” (21) discuten los efectos de la exposición al calor y otras condiciones ambientales, enfatizando la necesidad de medidas preventivas como el uso de ropa adecuada y la hidratación. La implementación de estrategias de seguridad y salud ocupacional es crucial para mitigar estos riesgos y proteger a los trabajadores agrícolas durante el mantenimiento de los cultivos, estos datos dan a entender diferentes elementos que influyen en las condiciones de trabajo y salud de los empleados, algunos de estos se describen a en la Tabla 5.

Factores de riesgo	Fuentes generadoras	Posibles consecuencias
Ruido y vibraciones	Bomba de espalda o la bomba de alta presión, usadas en la aplicación de plaguicidas y los tractores utilizados para el transporte de bidones con agua y agroquímicos.	Disminución de la capacidad auditiva Trastornos músculo esqueléticos efectos psicológicos, efectos en el sueño y la atención, entre otros
Condiciones termo higrométricas	Condiciones climáticas (temperatura, humedad y ventilación)	Aumento de la temperatura corporal, dolor de cabeza, insolación, pérdida del conocimiento. Quemaduras de piel.
Radiaciones no ionizantes	El sol	Lesiones en la piel.
Riesgos químicos	Plaguicidas (herbicidas, insecticidas, funguicidas, bactericidas, acaricidas y nematocidas) y fertilizantes.	Problemas respiratorios, intoxicaciones, muerte.
Riesgos biológicos	Gusanos, hormigas, avispas, serpientes, roedores, animales domésticos y plantas.	Alergias, picaduras, mordeduras, muerte o lesiones serias por ataques de animales, lesiones de la piel y zoonosis.
Riesgos asociados a la topografía del terreno	Topografía irregular, con presencia de hoyos y drenajes.	Resbalones, golpes, caídas, fatiga.
Riesgos mecánicos	Herramientas manuales (palas, machetes y cuchillos) y equipos agrícolas (bombas de espalda y bombas de alta presión).	Heridas, golpes, amputaciones, muerte.
Riesgos Eléctricos	Equipos agrícolas (bombas de espalda, bombas de alta presión) energizados.	Golpe eléctrico
Asociados a las condiciones higiénico – sanitarias	Ausencia o malas condiciones de las instalaciones sanitarias	Enfermedades generales y endémicas (malnutrición, dengue, cólera, parásitos, paludismo problemas intestinales y respiratorios). Accidentes y enfermedades

	Instalaciones agrícolas mal estructuradas	
Derivados de los lugares de trabajo	Fosas, zanjas y hoyos (Trabajos en espacios confinados)	Golpes, caídas, Atrapamiento
	No se realizan trabajos de altura. Sin embargo, los trabajadores que operan la maquinaria podrían lesionarse al subir y	Caídas, golpes
Derivados del ambiente y ecosistema	Condiciones climáticas adversas, deslizamientos, sismos, inundaciones,	Lesiones y hasta la muerte.
	Trabajar en condiciones lluviosas o en terrenos desiguales	Lesiones de piel, caídas, golpes,
Exigencias derivadas de la actividad física	Posturas forzadas o incómodas, Desplazamientos	Trastornos músculo esqueléticos fatiga física, lesiones por esfuerzos repetitivos.
	Levantamiento o transporte de carga	

Tabla 5. Cultivo

3.2.4. Riesgos en la etapa de cosecha

La etapa de cosecha representa el culmen del ciclo de producción agrícola, pero también conlleva sus propios riesgos específicos para los trabajadores involucrados. Estos riesgos abarcan desde lesiones físicas hasta problemas ergonómicos y exposiciones a condiciones ambientales extremas, todos los cuales requieren una atención y gestión cuidadosas para garantizar la seguridad y salud de los trabajadores.

Uno de los riesgos más evidentes durante la cosecha es el potencial de lesiones físicas. El uso de maquinaria pesada, como cosechadoras y tractores, incrementa el riesgo de accidentes que pueden resultar en lesiones graves. Quandt y Arcury (25) destacan que la capacitación adecuada en el uso y mantenimiento de estas máquinas es esencial para prevenir accidentes. Además, las herramientas manuales utilizadas durante la cosecha, como cuchillos y tijeras de podar, pueden causar cortes y laceraciones si no se manejan correctamente, subrayando la importancia de prácticas de trabajo seguras y el uso de equipo de protección personal.

Los trastornos musculoesqueléticos representan otro riesgo significativo, derivado de movimientos repetitivos, posturas forzadas y el levantamiento de cargas pesadas. La investigación de McCurdy et al. (26) en trabajadores de viñedos en California encontró que las largas jornadas de trabajo en posturas incómodas pueden aumentar la incidencia de estas condiciones. Implementar técnicas ergonómicas y proporcionar formación sobre prácticas de levantamiento seguro puede ayudar a mitigar estos riesgos.

La exposición a condiciones ambientales extremas, como el calor intenso o la lluvia, también es una preocupación durante la cosecha. El trabajo bajo el sol puede llevar a golpes de calor y deshidratación, mientras que trabajar en condiciones húmedas puede aumentar el riesgo de resbalones y caídas. El estudio de Kjellstrom et al. (27) advierte sobre los efectos del estrés térmico en los trabajadores agrícolas y subraya la necesidad de medidas preventivas, como asegurar la disponibilidad de agua potable, proporcionar sombra y establecer horarios de trabajo que eviten las horas más calurosas del día.

En resumen, al igual en la Tabla, la etapa de cosecha en la agricultura está asociada con una serie de riesgos específicos que requieren una gestión cuidadosa. La capacitación en seguridad, las prácticas ergonómicas, el uso de equipo de protección personal y las medidas para combatir la exposición a condiciones extremas son fundamentales para proteger la salud y seguridad de

los trabajadores durante esta etapa crítica del ciclo de producción agrícola, esto se expande en la tabla 6, para apoyar estos puntos.

Factores de riesgo	Fuentes generadoras	Posibles consecuencias
Ruido y vibraciones	Tractores y camiones utilizados para transportar la yuca hasta la planta empacadora.	Disminución de la capacidad auditiva Trastornos músculo esqueléticos efectos psicológicos, efectos en el sueño y la atención, entre otros
Condiciones termo higrométricas	Condiciones climáticas (temperatura, humedad y ventilación)	Aumento de la temperatura corporal, dolor de cabeza, insolación, pérdida del conocimiento. Quemaduras de piel.
Radiaciones no ionizantes	El sol	Lesiones en la piel.
Riesgos químicos	Residuos de plaguicidas en las plantas, tractores y camiones usados para el transporte	Irritación de piel y ojos
Riesgos biológicos	Gusanos, hormigas, avispas, serpientes, roedores, animales domésticos y plantas.	Alergias, picaduras, mordeduras, muerte o lesiones serias por ataques de animales, lesiones de la piel y zoonosis.
Riesgos asociados a la topografía del terreno	Topografía irregular y presencia de hoyos o drenajes profundos.	Resbalones, golpes, caídas, fatiga.
Riesgos mecánicos	Machetes filosos para cortar, tractores y camiones usados para el transporte	Heridas, golpes, amputaciones y hasta la muerte.
Derivados de los lugares de trabajo	Instalaciones agrícolas mal estructuradas	Accidentes y enfermedades
	Fosas, zanjas y hoyos (Trabajos en espacios confinados)	Golpes, caídas, Atrapamiento
	No se realizan trabajos de altura. Sin embargo, los trabajadores que operan la maquinaria podrían lesionarse al subir y bajar de esta.	Caídas, golpes
Derivados del ambiente y ecosistema	Condiciones climáticas adversas, deslizamientos, sismos, inundaciones,	Lesiones y hasta la muerte.
	Trabajar en condiciones lluviosas	Lesiones de piel, caídas, golpes,
Exigencias derivadas de la actividad física	Posturas forzadas o incómodas, Desplazamientos Levantamiento o transporte de carga	Trastornos músculo esqueléticos fatiga física, lesiones por esfuerzos repetitivos.
Exigencias laborales derivadas de la organización, división	Inexistencia o deficiencias en el sistema de gestión gerencial sobre prevención de riesgos laborales.	Accidentes, enfermedades y pérdidas materiales y humanas.

y contenido del
trabajo

Tabla 6. cosecha

f3.3. Evaluación de Riesgos Ergonómicos

Mediante la aplicación de la calefacción RULA, la cual mide los parámetros en las posturas, se obtiene un puntaje de 6, como se muestra en la Figura 1:

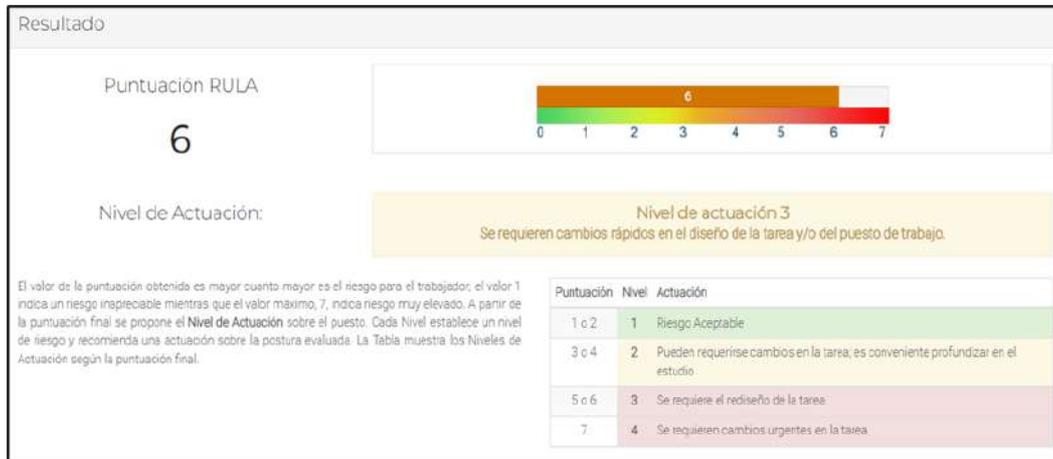


Figura 1. Puntuación RULA

De esta aplicación se obtiene que en la etapa de siembra, el riesgo ergonómico alcanzó un nivel 6, clasificado como un riesgo intolerable. Esto sugiere que las condiciones durante la siembra exponen a los trabajadores a riesgos ergonómicos severos que requieren atención inmediata y medidas correctivas para mitigar los efectos adversos sobre la salud y seguridad de los trabajadores. Teniendo en la Figura 1 los datos acerca de esta puntuación. Por otro lado, la etapa de cosecha mostró un riesgo ergonómico de magnitud moderada con un nivel 4. Aunque este riesgo es menos severo que en la siembra, todavía señala la necesidad de intervenciones para reducir los riesgos a niveles aceptables y proteger a los trabajadores.

Estos resultados subrayan la importancia de implementar estrategias de mejora continua y medidas preventivas específicas en cada etapa del proceso agrícola para abordar eficazmente los riesgos ergonómicos identificados. La implementación de cambios ergonómicos, capacitación en prácticas seguras de trabajo, y la adopción de tecnología y herramientas ergonómicas son esenciales para minimizar estos riesgos y asegurar un entorno de trabajo seguro y saludable.

3.4. Mejora continua

El Ciclo Deming, también conocido como el ciclo PHVA (Planificar, Hacer, Verificar, Actuar), es un método iterativo utilizado para la mejora continua de procesos y productos. Aplicando este ciclo a la gestión de la ergonomía y la seguridad en entornos laborales al aire libre, especialmente en actividades agrícolas, se propone un enfoque sistemático y estructurado para mejorar la salud y seguridad de los trabajadores, lo cual se detalla en la tabla 7.

Planificar

- Suministro de indumentaria laboral, calzado y Equipos de Protección Personal (EPP) apropiados para actividades en entornos de trabajo al aire libre.
- Ejecución de mantenimiento preventivo para herramientas y equipos utilizados en las labores.
- Marcado de zonas con riesgos potenciales para alertar a los trabajadores.

	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo de un plan de Emergencia y Procedimientos que establezca protocolos ante situaciones críticas. • Implementación de una rotación de tareas con el propósito de evitar la repetición constante de movimientos y reducir el riesgo de lesiones. • Introducción de soluciones mecánicas como alternativas al manejo y transporte manual de materiales, con el objetivo de disminuir la carga física. • Organización y asignación eficiente de responsabilidades laborales para optimizar la productividad y garantizar la seguridad.
Hacer	<ul style="list-style-type: none"> • Solicitar a la institución se encarguen de la dotación de ropa de trabajo y EPP. • Desarrollar los planes y procedimientos. • Ejecutar planes y procedimientos. • Implementar la señalización en los campos de trabajo de riesgo
Verificar	<ul style="list-style-type: none"> • Check list de respaldo de entrega de ropa de trabajo y EPP adecuado. • Inspecciones regulares con la finalidad de confirmar las acciones descritas en planes y procedimientos • Registro fotográfico que evidencie la colocación correcta y visible de señales de advertencia
Actuar	<ul style="list-style-type: none"> • Implementar las modificaciones requeridas y delineadas en el plan estratégico para todos los estudiantes de la granja, coordinando y registrando de manera integral todo el sistema de mejora continua.

Tabla 7. Diagrama de mejora continua. Ciclo deming

En la fase de planificación, se proyecta la provisión de vestimenta adecuada, calzado y Equipos de Protección Personal (EPP) específicos para el trabajo al aire libre. Además, se contempla el mantenimiento preventivo de herramientas y equipos, la demarcación de áreas con riesgos potenciales, la creación de un plan de emergencia con procedimientos claros para situaciones adversas, la implementación de rotación de tareas para minimizar los movimientos repetitivos y, finalmente, la utilización de soluciones mecánicas para el manejo de materiales, buscando así reducir la carga física sobre los trabajadores y optimizar la asignación de responsabilidades para mejorar tanto la productividad como la seguridad.

La fase de ejecución implica solicitar a las autoridades competentes el suministro de la indumentaria y EPP necesarios, desarrollar e implementar los planes y procedimientos establecidos, y colocar señalización adecuada en las zonas de trabajo identificadas como peligrosas. Durante la etapa de verificación, se realiza un seguimiento a través de listas de comprobación para confirmar la entrega y uso correcto de la ropa de trabajo y EPP. Se llevan a cabo inspecciones regulares para asegurar la adecuada implementación de los planes y procedimientos, y se mantiene un registro fotográfico que sirve como evidencia de la correcta señalización en el lugar de trabajo.

Finalmente, en la fase de actuación, se ajustan y refinan las estrategias según sea necesario, basándose en los resultados obtenidos y las observaciones realizadas durante la verificación. Este ajuste implica implementar cambios en el plan estratégico para abarcar a todos los estudiantes y trabajadores de la granja, garantizando así la mejora continua del sistema de seguridad y ergonomía en el entorno laboral. Este enfoque estructurado y cíclico asegura no solo la identificación y mitigación proactiva de riesgos ergonómicos sino también promueve un ambiente de trabajo más seguro y eficiente, alineándose con las mejores prácticas en la gestión de la seguridad y salud ocupacional.

4. Discusión

Se ha identificado y analizado los riesgos principales para los trabajadores durante la etapa de cosecha en la agricultura, incluyendo lesiones físicas por el uso de maquinaria y herramientas, trastornos musculoesqueléticos debido a movimientos repetitivos y posturas forzadas, y los efectos adversos de la exposición a condiciones ambientales extremas. Nuestros hallazgos concuerdan con estudios previos como los de Quandt y Arcury (25) y McCurdy et al. (26), que también destacaron estos riesgos en poblaciones similares de trabajadores agrícolas. Además, la investigación resalta la importancia crítica de implementar prácticas de trabajo seguras, formación en seguridad, y técnicas ergonómicas para mitigar estos riesgos.

En particular, la prevalencia de lesiones físicas subraya la necesidad urgente de mejorar la capacitación en el uso seguro de maquinaria y herramientas agrícolas. Esto es consistente con lo reportado por Quandt y Arcury (25), quienes enfatizaron la efectividad de la capacitación en seguridad para reducir accidentes relacionados con el uso de equipo agrícola. Por otro lado, los trastornos musculoesqueléticos reportados refuerzan la llamada de Fathallah (24) para una adopción más amplia de medidas ergonómicas en el sector agrícola.

La exposición a condiciones ambientales extremas, especialmente el calor, es otra área de preocupación crítica. Este estudio corrobora los hallazgos de Kjellstrom et al. (27), quien advirtió sobre los crecientes desafíos que el estrés térmico representa para la salud y productividad de los trabajadores agrícolas en el contexto del cambio climático. Las medidas preventivas, como ajustar los horarios de trabajo para evitar las horas más calurosas del día y asegurar el acceso a agua potable, son esenciales para mitigar estos riesgos.

Sin embargo, nuestro estudio no estuvo exento de limitaciones. Una de ellas es la generalización de los resultados a todas las prácticas agrícolas, dado que los métodos de cosecha y los cultivos pueden variar significativamente entre regiones. Además, la relación entre la adopción de medidas preventivas y su impacto real en la reducción de riesgos necesita ser explorada más a fondo. Para futuras investigaciones, sería beneficioso examinar los efectos a largo plazo de las intervenciones de seguridad y ergonomía en la incidencia de lesiones y trastornos entre los trabajadores agrícolas. Asimismo, estudios que evalúen el impacto del cambio climático en los riesgos laborales durante la cosecha podrían ofrecer insights valiosos para el desarrollo de estrategias de mitigación más efectivas.

5. Conclusión

Se ha subrayado los riesgos significativos para la salud y la seguridad que enfrentan los trabajadores agrícolas durante la etapa de cosecha, incluyendo lesiones físicas, trastornos musculoesqueléticos y los efectos adversos de la exposición a condiciones ambientales extremas. A través de nuestra investigación, hemos identificado medidas preventivas clave que, si se implementan eficazmente, podrían reducir sustancialmente estos riesgos. Estas incluyen la formación en seguridad, la adopción de prácticas ergonómicas, el uso de equipo de protección personal adecuado y estrategias para mitigar el estrés térmico. La seguridad y la salud de los trabajadores agrícolas deben ser una prioridad, dada su vulnerabilidad a una gama de riesgos ocupacionales. Este estudio contribuye a un cuerpo creciente de evidencia que resalta la necesidad de políticas y prácticas de trabajo mejoradas en el sector agrícola. Es imperativo que los empleadores, los trabajadores y los responsables de la formulación de políticas trabajen juntos para desarrollar e implementar estrategias que protejan a los trabajadores durante la cosecha, una etapa crítica en la producción agrícola.

Además, este trabajo enfatiza la importancia de continuar investigando en esta área. A medida que cambian las prácticas agrícolas y el clima, también lo harán los riesgos asociados con la agricultura. Por tanto, es vital que la investigación en seguridad y salud ocupacional en el sector agrícola se mantenga al día con estos cambios, adaptando y refinando constantemente las estrategias de mitigación de riesgos. En última instancia, al abordar los riesgos identificados y adoptar un enfoque proactivo hacia la seguridad y la salud en la agricultura, podemos avanzar hacia un futuro donde el trabajo agrícola sea tanto productivo como seguro para todos los involucrados.

Financiamiento: Los autores financiaron a integridad el estudio.

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

Referencias

1. Estrada Muñoz J. Ergonomía básica. 2016.
2. Jouvencel MR. Ergonomía básica aplicada a la medicina del trabajo. 1994.
3. Agudo Díaz FJ, Rubio Collar MÁ, Rodríguez IS. La mejora continua en la gestión de la prevención de riesgos laborales en la empresa desde la vigilancia colectiva de la salud. *Asoc Esp Espec Med Trab.* 2017;26(1):1–83.
4. González Ortega JM. Pequeña Historia de la Ergonomía. 2023.
5. Jaureguiberry ME. Ergonomía. Facultad de ingeniería Unicen; 2021.
6. Mielles J. Evaluación de riesgos ergonómicos. 2023.
7. Correa Chaparro CG. Sistema integrado de gestión en seguridad y salud en el trabajo – 1ra edición. Ecoe Ediciones, editor. Ecoe Ediciones; 2023.
8. Casanova–Villalba CI, Herrera–Sánchez MJ, Rivadeneira–Moreira JC, Ramos–Secaira FM, Bueno–Moyano FR. Modelo Kaizen en el sector público. 1st ed. Modelo Kaizen en el sector público. Editorial Grupo AEA; 2022.
9. Casanova–Villalba CI. Desafíos en el crecimiento empresarial en Santo Domingo: Un análisis de los factores clave en el periodo 2021–2022. *Journal of Economic and Social Science Research.* 2022;2(3).
10. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Riesgos ergonómicos en el sector agrario. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. 2018.
11. Quirós–Alcalá L, Bradman A, Nishioka M, Harnly ME, Hubbard A, McKone TE, et al. Pesticides in house dust from urban and farmworker households in California: an observational measurement study. *Environ Health.* 2011;10(1).
12. Vernaza–Arroyo GD, Mina Bone SG, Flores Alvarado EA, Rueda Orozco GJ, Zambrano Vélez DL, Casanova–Villalba CI, et al. Resultados Científicos de la Investigación Multidisciplinaria desde la Perspectiva Ética. Editorial Grupo AEA, editor. Editorial Grupo AEA; 2022.
13. Arando Serrano JJ, Valderrama Pomé AA. Prevalencia de parásitos intestinales en la población infantil de Tamburco (Perú) asociados a prácticas de higiene y ganadería. *Rev Med Vet (Bogota).* 2021;43:61–72.
14. Alcívar Soria EE, Morocho Vargas JP, Zorrilla Rivera DK. Impacto económico del teletrabajo en las PYMES de Santo Domingo de los Tsáchilas período 2021. *Journal of Economic and Social Science Research.* 2022;2(4).
15. Flores Farfan GA, Talledo Zambrano Luis Walberto and Palma Rivera AD, Jara Minaya GJ. Gestión de Riesgos Ergonómicos Aplicado en el Cultivo De Plátano, en la Granja Experimental Mishili Santo Domingo, 2023. *Ciencia Latina.* 2023;7(4):5476–91.
16. Nygaard NPB, Thomsen GF, Rasmussen J, Skadhaug LR, Gram B. Ergonomic and individual risk factors for musculoskeletal pain in the ageing workforce. *BMC Public Health.* 2022;22(1).
17. Osborne A, Blake C, Fullen BM, Meredith D, Phelan J, McNamara J, et al. Risk factors for musculoskeletal disorders among farm owners and farm workers: A systematic review. *Am J Ind Med.* 2012;55(4):376–89.
18. Griffin MJ. Handbook of Human Vibration. Academic Press; 1990.

19. Tucker P, Folkard S, Macdonald I. Rest breaks and accident risk. *Lancet*. 2003;361(9358):680.
20. Castelo Salazar AG. Cultura organizacional, una ventaja competitiva de las PYMES del cantón Santo Domingo. *Journal of Economic and Social Science Research*. 2021;1(2).
21. Respiratory health hazards in agriculture. *Respiratory health hazards in agriculture*. *Am J Respir Crit Care Med*. 1998;158(supplement_1):S1–S76.
22. Damalas CA, Eleftherohorinos IG. Pesticide exposure, safety issues, and risk assessment indicators. *Int J Environ Res Public Health*. 2011;8(5):1402–19.
23. R. H. Rautiainen, S. J. Reynolds. Mortality and morbidity in agriculture in the United States. *J Agric Saf Health*. 2002;8(3):259–76.
24. Fathallah FA. Musculoskeletal disorders in labor-intensive agriculture. *Appl Ergon*. 2010;41(6):738–43.
25. Quandt SA, Arcury TA. Latino farmworkers in the Eastern United States. Quandt SA, Arcury TA, editors. New York, NY: Springer New York; 2009.
26. McCurdy SA, Samuels SJ, Carroll Daniel J and Beaumont JJ, Morrin LA. Agricultural injury in California migrant Hispanic farm workers. *Am J Ind Med*. 2003;44(3):225–35.
27. Kjellstrom T, Holmer I, Lemke B. Workplace heat stress, health and productivity – an increasing challenge for low and middle-income countries during climate change. *Glob Health Action*. 2009;2(1):2047.



© 2024 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 de Sostenibilidad y Responsabilidad Ambiental en el Sector Agroindustrial

Jiménez Tamayo Fabiola Maribel ¹  Encalada Zumba Mónica Cecibel ¹ 
Calapucha Andy Rina Martha ¹  Chafa Moina Silvia Patricia ¹ 

¹ Universidad Estatal Amazónica, Puyo, Ecuador.



Correspondencia: fm.jimenezt@uea.edu.ec



+ 593 98 050 0038

DOI/URL: <https://doi.org/10.53313/gwj71104>

Resumen: El presente estudio analiza la integración de energías renovables en el sector agroindustrial, abordando su potencial para la mitigación del cambio climático y el desarrollo sostenible. Se exploran las ventajas ambientales, económicas y sociales de esta integración, así como los desafíos y soluciones para su implementación. Se realizó una revisión exhaustiva de la literatura científica y técnica sobre el tema, incluyendo estudios de casos, informes de expertos y datos estadísticos. Se analizaron las diferentes tecnologías de energía renovable aplicables al sector agroindustrial, así como las políticas y programas existentes para su promoción. La integración de energías renovables en el sector agroindustrial ofrece una serie de beneficios, entre los que se destacan: Reducción significativa de las emisiones de gases de efecto invernadero. Mejora de la seguridad energética y la resiliencia climática. Diversificación de las fuentes de energía y reducción de la dependencia de los combustibles fósiles. Generación de nuevas oportunidades de empleo y desarrollo rural. Disminución de los costos operativos y mayor eficiencia energética. Si bien la integración de energías renovables en el sector agroindustrial presenta un gran potencial, existen algunos desafíos que deben ser superados, como: Costos iniciales de inversión en tecnologías renovables. Disponibilidad de infraestructura y acceso a financiamiento. Marcos regulatorios y políticas públicas inadecuadas. Falta de conocimiento y capacitación técnica. A pesar de los desafíos, la integración de energías renovables en el sector agroindustrial es una estrategia fundamental para avanzar hacia un futuro más sostenible y resiliente.

Palabras claves: Energías renovables, Sostenibilidad, Cambio climático, Emisiones, Agricultura.

Sustainability Strategies and Environmental Responsibility in the Agroindustrial Sector

Abstract: This study analyzes the integration of renewable energies in the agroindustrial sector, addressing its potential for climate change mitigation and sustainable development. The environmental, economic and social advantages of this integration are explored, as well as the challenges and solutions for its implementation. A comprehensive review of the scientific and technical literature on the subject was conducted, including case studies, expert reports and statistical data. The different renewable energy technologies applicable to the agroindustrial sector were analyzed, as well as existing policies and programs for their promotion. The integration of renewable energies in the agroindustrial sector offers



Check for updates

Cita: Jiménez Tamayo, F. M., Encalada Zumba, M. C., Calapucha Andy, R. M., & Chafa Moina, S. P. (2024). Estrategias de Sostenibilidad y Responsabilidad Ambiental en el Sector Agroindustrial. Green World Journal, 7(1), 104.

<https://doi.org/10.53313/gwj71104>

Received: 03/Jan /2024

Accepted: 29/Feb /2024

Published: 07/Mar /2024

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.



© 2024 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 series of benefits, among which the following stand out: Significant reduction of greenhouse gas emissions. Improved energy security and climate resilience. Diversification of energy sources and reduced dependence on fossil fuels. Generation of new employment opportunities and rural development. Reduced operating costs and increased energy efficiency. Although the integration of renewable energies in the agroindustrial sector has great potential, there are some challenges that must be overcome, such as: Initial investment costs in renewable technologies. Availability of infrastructure and access to financing. Inadequate regulatory frameworks and public policies. Lack of knowledge and technical training. Despite the challenges, the integration of renewable energies in the agroindustrial sector is a fundamental strategy to move towards a more sustainable and resilient future.

Keywords: Renewable energies, Sustainability, Climate change, Emissions, Agriculture.

1. Introducción

El desafío de integrar la sostenibilidad y la responsabilidad ambiental en las operaciones del sector agroindustrial es crucial para mitigar los impactos negativos asociados con la producción agrícola y procesamiento de alimentos. Este desafío es especialmente pertinente en la interfaz con el turismo, donde la demanda de experiencias auténticas y ambientalmente responsables está en aumento [1]. Según Horlings y Marsden [2], la agroindustria juega un papel fundamental en la transición hacia prácticas más sostenibles, afectando no solo la conservación del medio ambiente sino también el desarrollo económico y social de las comunidades locales.

La importancia de adoptar estrategias de sostenibilidad en el sector agroindustrial para fomentar un turismo más responsable y sostenible es cada vez más reconocida. El enfoque en la sostenibilidad no solo mejora la imagen y competitividad del sector agroindustrial, sino que también atrae a un segmento de turistas más conscientes del impacto ambiental de sus viajes [3]. La sinergia entre la agroindustria sostenible y el turismo ofrece oportunidades únicas para promover la conservación ambiental, la diversificación económica y la valorización de productos locales [4].

Sin embargo, la implementación efectiva de estas estrategias enfrenta numerosos desafíos, desde barreras técnicas y financieras hasta la necesidad de una mayor conciencia y educación tanto en productores como en consumidores [5,6]. Este estudio se enfoca en explorar detalladamente el impacto y la relevancia de las estrategias de sostenibilidad y responsabilidad ambiental dentro del sector agroindustrial, con el objetivo de determinar cómo estas prácticas pueden actuar como un catalizador para fomentar y desarrollar el turismo sostenible. Se busca identificar los factores clave que contribuyen al éxito de estas estrategias, así como las barreras y desafíos que se enfrentan durante su implementación. A través de un análisis exhaustivo de casos de estudio, literatura relevante y entrevistas con expertos en la materia, este trabajo pretende ofrecer una comprensión profunda de la interacción entre la sostenibilidad agroindustrial y el turismo sostenible.

A través de esta investigación, se espera contribuir a la literatura existente proporcionando un análisis detallado de las estrategias de sostenibilidad en el sector agroindustrial y su impacto en el turismo sostenible, ofreciendo así perspectivas prácticas para académicos, profesionales y tomadores de decisiones interesados en este campo interdisciplinario [7,8]. Este estudio se propone desentrañar las complejidades de la relación entre prácticas sostenibles en la agricultura y la industria y su contribución al crecimiento de un turismo que respeta y valora el medio ambiente, así como las comunidades locales.

Al explorar a fondo las sinergias entre estos sectores, el trabajo busca ofrecer insights valiosos y prácticos no solo para académicos que profundizan en estos temas, sino también para profesionales del sector y responsables políticos que buscan orientación y evidencia para tomar decisiones informadas. Se examinarán casos exitosos de integración de prácticas sostenibles, identificando las lecciones aprendidas y las estrategias efectivas que pueden ser replicadas o adaptadas en diferentes contextos. Además, se analizarán los desafíos y obstáculos encontrados, proporcionando recomendaciones para superar estas barreras. El objetivo final es fomentar un entendimiento más profundo de cómo la sostenibilidad agroindustrial puede ser un

pilar para el desarrollo de experiencias turísticas más ricas, responsables y sostenibles, contribuyendo así a la conservación del patrimonio natural y cultural para las generaciones futuras.

2. Materiales y métodos

Este estudio se basa en una metodología cualitativa de revisión bibliográfica, destinada a explorar y sintetizar las estrategias de sostenibilidad y responsabilidad ambiental en el sector agroindustrial, con un enfoque particular en su impacto y contribución al desarrollo del turismo sostenible. La revisión se realiza siguiendo un enfoque sistemático, con el objetivo de identificar, analizar y discutir las publicaciones más relevantes en el campo de estudio. Para llevar a cabo la revisión bibliográfica, se establecieron las siguientes bases de datos y motores de búsqueda como principales fuentes de información: Web of Science, Scopus, PubMed, y Google Scholar. Las palabras clave utilizadas para la búsqueda incluyeron combinaciones de términos como "sostenibilidad en el sector agroindustrial", "responsabilidad ambiental en agricultura", "turismo sostenible", y "estrategias de sostenibilidad agroindustrial". Se utilizaron también términos relacionados y sinónimos para asegurar una búsqueda exhaustiva.

Criterios de Inclusión y Exclusión

Se definieron criterios de inclusión y exclusión para seleccionar estudios relevantes para el análisis. Los criterios de inclusión incluyeron publicaciones que: Se enfocan en estrategias de sostenibilidad y responsabilidad ambiental dentro del sector agroindustrial, Analizan el impacto o la contribución de estas estrategias al turismo sostenible, Están publicados en revistas científicas peer-reviewed, Están escritos en inglés o español, Fueron publicados entre 2000 y 2023.

Los criterios de exclusión eliminaron artículos que: No se centran específicamente en el sector agroindustrial, No abordan el tema del turismo sostenible, Son editoriales, comentarios o cartas al editor sin datos empíricos, Proceso de Selección. El proceso de selección comenzó con la eliminación de duplicados seguido de una revisión de títulos y resúmenes para evaluar la relevancia de acuerdo con los criterios establecidos. Posteriormente, se realizó una lectura completa de los estudios preseleccionados para determinar su inclusión final en la revisión. Dos revisores independientes llevaron a cabo el proceso de selección para asegurar la objetividad y minimizar el sesgo. Las discrepancias entre revisores se resolvieron mediante discusión y, si era necesario, la consulta con un tercer revisor.

El análisis de los estudios seleccionados se realizó mediante un enfoque de síntesis narrativa, identificando temas clave, tendencias y lagunas en la literatura existente. Se prestó especial atención a las estrategias de sostenibilidad y responsabilidad ambiental identificadas, su implementación y efectividad, así como su impacto en el turismo sostenible. La discusión se enriqueció con la comparación y contraste de los hallazgos emergentes de los diferentes estudios. Dado el carácter de revisión bibliográfica de este estudio, no se requirieron procedimientos éticos específicos relacionados con la participación humana. Sin embargo, se garantizó la integridad académica mediante el adecuado reconocimiento de todas las fuentes consultadas y citadas.

3. Resultados

3.1. Estrategias de Sostenibilidad en el Sector Agroindustrial

3.1.1. Prácticas Agrícolas Sostenibles

- **Agricultura orgánica y uso de insumos naturales:** La transición hacia la agricultura orgánica y el uso de insumos naturales se destacan como prácticas clave para mejorar la sostenibilidad en el sector agroindustrial. Altieri y Nicholls [9] argumentan que la agricultura orgánica no solo reduce la dependencia de químicos sintéticos, sino que también promueve la biodiversidad y mejora la salud del suelo.
- **Sistemas agroforestales y diversificación de cultivos:** Los sistemas agroforestales y la diversificación de cultivos son reconocidos por su capacidad para fortalecer la resiliencia de los sistemas agrícolas frente a cambios climáticos y económicos. Intergovernmental Panel on Climate Change [10] destacan que estos sistemas pueden mejorar significativamente la sostenibilidad ambiental, económica y social de las prácticas agrícolas.
- **Manejo integrado de plagas y conservación del suelo:** La adopción de estrategias de manejo integrado de plagas, junto con prácticas de conservación del suelo, juega un

papel crucial en la reducción de impactos ambientales negativos. Pretty y Bharucha [11] señalan que estas prácticas no solo contribuyen a la salud del ecosistema, sino que también incrementan la productividad y la rentabilidad a largo plazo.

Gestión de Recursos Hídricos

- **Sistemas de riego eficientes y recolección de agua de lluvia:** La implementación de sistemas de riego eficientes y la recolección de agua de lluvia son esenciales para la gestión sostenible del agua en la agroindustria. Molden et al. [12] enfatizan la importancia de mejorar la eficiencia del uso del agua para enfrentar la creciente escasez de recursos hídricos.
- **Tratamiento y reutilización de aguas residuales:** El tratamiento y la reutilización de aguas residuales emergen como estrategias clave para conservar los recursos hídricos y reducir la contaminación. Jiménez y Asano [13] resaltan que el reúso seguro de aguas residuales tratadas en la agricultura puede contribuir significativamente a la sostenibilidad hídrica.

Energías Renovables y Eficiencia Energética

- **Uso de energía solar, eólica y biomasa:** La integración de energías renovables, como la solar, eólica y biomasa, en las operaciones agroindustriales es fundamental para reducir la huella de carbono. Intergovernmental Panel on Climate Change [10] subrayan el potencial de estas fuentes de energía para contribuir a una transición energética sostenible en el sector.
- **Mejoras en la eficiencia energética de las instalaciones agroindustriales:** La mejora de la eficiencia energética en las instalaciones agroindustriales es crucial para reducir el consumo energético y las emisiones de gases de efecto invernadero. Marchi et al. [14] analizan cómo la adopción de tecnologías de eficiencia energética puede resultar en ahorros significativos y en la mejora de la sostenibilidad operativa.

Las estrategias resaltadas en la literatura enfatizan la crucial necesidad de adoptar un enfoque holístico e integrado hacia la sostenibilidad dentro del sector agroindustrial. Este enfoque pone de relieve la importancia de incorporar innovaciones tecnológicas y prácticas sostenibles que no solo busquen la eficiencia y la reducción del impacto ambiental, sino también la mejora del bienestar social y económico de las comunidades locales. La literatura sugiere que una cooperación efectiva entre los diferentes actores involucrados, incluyendo productores agroindustriales, gobiernos, instituciones educativas, organizaciones no gubernamentales y la comunidad en general, es fundamental para superar los desafíos inherentes a la implementación de estas prácticas sostenibles.

Además, se destaca la necesidad de un firme apoyo político que se manifieste en políticas públicas y marcos regulatorios que fomenten la adopción de prácticas sostenibles y la inversión en tecnologías limpias. La implementación efectiva de estrategias de sostenibilidad requiere de un entorno habilitante que promueva la investigación y el desarrollo, subsidie iniciativas verdes, y establezca estándares y certificaciones que aseguren la adherencia a prácticas sostenibles. Este enfoque integrado no solo facilita la transición hacia una producción más sostenible y responsable desde el punto de vista ambiental, sino que también abre oportunidades para el desarrollo de nuevos mercados y el fortalecimiento de la competitividad en el sector agroindustrial.

3.1.1.1. Agricultura orgánica y uso de insumos naturales

La agricultura orgánica representa una de las estrategias más significativas dentro del sector agroindustrial para promover la sostenibilidad. Este enfoque se basa en la utilización de prácticas de manejo que respetan los ciclos naturales de los ecosistemas, buscando minimizar el impacto humano sobre el medio ambiente y operar de manera lo más cerrada posible en términos de ciclos de materiales. A través del uso de insumos naturales, como compost, abonos verdes y biopesticidas, la agricultura orgánica se esfuerza por mantener la salud del suelo, la diversidad biológica y la eficiencia de los recursos hídricos, contribuyendo a la mitigación del cambio climático y a la conservación de la biodiversidad.

Efectos sobre la Salud del Suelo y la Biodiversidad

Reganold y Wachter [15] compararon sistemas de agricultura orgánica y convencional, encontrando que la agricultura orgánica mostraba una mejora significativa en la salud del suelo, la eficiencia en el uso del agua y la biodiversidad. Los sistemas orgánicos, por su menor

dependencia de insumos químicos sintéticos, favorecen una mayor actividad biológica en el suelo, lo que se traduce en una mejora de su estructura y fertilidad a largo plazo.

Reducción del Impacto Ambiental

Además, la agricultura orgánica contribuye a una menor huella de carbono en comparación con los métodos de agricultura convencional. Pimentel et al. [16] demostraron que los sistemas de agricultura orgánica presentan una notable eficiencia energética, principalmente debido a su menor dependencia de insumos externos, como fertilizantes y pesticidas sintéticos. Este aspecto de la agricultura orgánica subraya su potencial para contribuir significativamente a la sostenibilidad en el sector agroindustrial. Al reducir la cantidad de energía requerida por unidad de producción, estos sistemas no solo disminuyen su impacto ambiental, sino que también ofrecen una ruta hacia una mayor sostenibilidad operacional y económica.

Resiliencia ante el Cambio Climático

La agricultura orgánica juega un papel crucial en la mejora de la salud del suelo y la sostenibilidad ambiental, particularmente a través de su capacidad para incrementar los niveles de materia orgánica en el suelo. Este aumento en la materia orgánica tiene múltiples beneficios que van más allá de la simple producción agrícola, contribuyendo significativamente a la mitigación del cambio climático y al fortalecimiento de la resiliencia ecológica. Gattinger et al. [17] encontraron que los sistemas agrícolas orgánicos tienen el potencial de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero a través de la secuestro de carbono en el suelo.

Promoción de la Diversidad Biológica

La diversidad biológica es otro pilar fundamental de la agricultura orgánica, no solo en términos de la variedad de cultivos, sino también en la promoción de un entorno rico en especies de flora y fauna. Bengtsson et al. [18] destacaron que las prácticas orgánicas favorecen la biodiversidad al proporcionar hábitats más variados y recursos alimenticios para una amplia gama de organismos.

3.1.1.2. Sistemas agroforestales y diversificación de cultivos

Los sistemas agroforestales, que combinan árboles con cultivos y/o ganado dentro de un mismo sistema de manejo, son altamente valorados por su capacidad para ofrecer múltiples servicios ecosistémicos. Estos sistemas pueden mejorar significativamente la calidad del suelo a través de la aportación de materia orgánica, la fijación de nitrógeno y la mejora de la infiltración de agua. Además, los árboles proporcionan hábitat para la biodiversidad, ayudan a mitigar el cambio climático mediante la captura de carbono y ofrecen protección contra los vientos y la erosión del suelo. Desde el punto de vista económico, los sistemas agroforestales pueden aumentar la resiliencia de los medios de vida rurales al proporcionar una diversidad de productos para el consumo y la venta, como frutas, nueces, madera y forraje, contribuyendo así a la seguridad alimentaria y a la diversificación de ingresos.

Beneficios Ecológicos y Mejora de la Resiliencia

Los sistemas agroforestales mejoran la resiliencia de los sistemas agrícolas frente a cambios climáticos y fluctuaciones del mercado. Según Jose [19], estos sistemas aumentan la biodiversidad, mejoran la salud del suelo, y contribuyen a la conservación del agua. La diversificación de cultivos es una práctica agrícola sostenible que juega un papel crucial en la reducción de la vulnerabilidad a plagas y enfermedades, lo cual a su vez disminuye la dependencia de insumos químicos como pesticidas y fungicidas. Este enfoque se basa en el principio de que un ecosistema agrícola más diversificado es menos propenso a sufrir el ataque de plagas y enfermedades debido a varios mecanismos ecológicos y biológicos.

Contribuciones a la Conservación del Suelo y la Gestión del Agua

Los sistemas agroforestales juegan un papel crucial en la conservación del suelo y la gestión del agua. La inclusión de árboles en sistemas agrícolas, una práctica común en la agroforestería, ofrece beneficios significativos para la sostenibilidad a largo plazo de la tierra agrícola, especialmente en términos de mejorar la infiltración de agua y reducir la erosión del suelo. Estos efectos se logran a través de varios mecanismos que interactúan para proteger y mejorar la salud y la estructura del suelo.

Los árboles juegan un papel crucial en mejorar la capacidad del suelo para absorber y retener agua. Las raíces de los árboles penetran profundamente en el suelo, creando canales que permiten una mayor infiltración de agua. Esto es particularmente beneficioso durante períodos de

lluvia intensa, ya que ayuda a prevenir la escorrentía superficial y promueve la recarga de acuíferos subterráneos. Además, la materia orgánica aportada por las hojas y ramas caídas de los árboles aumenta la porosidad y la estructura del suelo, lo que a su vez mejora su capacidad de retención de agua.

Impacto en la Productividad y la Sostenibilidad Económica

La diversificación de cultivos es una estrategia agrícola que trasciende los beneficios ecológicos, ofreciendo también ventajas económicas significativas para los agricultores. Al implementar esta práctica, se pueden observar mejoras notables en la productividad agrícola y en la estabilidad de los ingresos, lo cual es crucial para la sustentabilidad a largo plazo de las explotaciones agrícolas. Un estudio de Lin [20] encontró que la diversificación puede mejorar la eficiencia del uso de los recursos y ofrecer una mayor seguridad alimentaria y económica para las comunidades rurales.

Fomento de la Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos

Los sistemas agroforestales, que combinan árboles y arbustos con cultivos y/o ganado, representan una práctica agrícola sostenible con múltiples beneficios para el medio ambiente, siendo uno de los más destacados su contribución a la conservación de la biodiversidad. Estos sistemas crean entornos ricos y variados que pueden sostener una amplia gama de especies de flora y fauna, muchas veces superiores en diversidad biológica a los paisajes agrícolas convencionales. Bhagwat et al. [21] argumentan que estos sistemas pueden mantener o incluso aumentar la biodiversidad en paisajes agrícolas, ofreciendo importantes servicios ecosistémicos como polinización, control de plagas, y secuestro de carbono.

3.1.1.3. Manejo integrado de plagas y conservación del suelo

El Manejo Integrado de Plagas (MIP) y la conservación del suelo son dos componentes esenciales de la agricultura sostenible, enfocados en mantener la salud del ecosistema y aumentar la productividad agrícola de manera responsable y respetuosa con el medio ambiente. Estas prácticas trabajan de manera complementaria para reducir la dependencia de insumos químicos nocivos y para proteger y mejorar los recursos naturales esenciales para la agricultura.

Efectividad del Manejo Integrado de Plagas

El Manejo Integrado de Plagas (MIP) es un enfoque avanzado y sostenible para el control de plagas que se fundamenta en un profundo entendimiento de la ecología de los agroecosistemas. Este método se distingue por su enfoque holístico, el cual prioriza la salud del ecosistema y la seguridad alimentaria, minimizando al mismo tiempo el impacto ambiental y los riesgos para la salud humana asociados con el uso de pesticidas químicos. La implementación del MIP implica la integración de diversas estrategias y prácticas para gestionar las poblaciones de plagas de manera eficaz y responsable. Barzman et al. [22] destacan que el MIP no solo reduce la dependencia de los pesticidas sintéticos sino que también minimiza los riesgos para la salud humana y el medio ambiente.

Prácticas de Conservación del Suelo

Las prácticas de conservación del suelo, como la rotación de cultivos, el cultivo de cobertura, la labranza mínima y las terrazas de contención, juegan un papel vital en la prevención de la erosión, la mejora de la infiltración de agua y la promoción de la biodiversidad del suelo. Lal [23] argumenta que estas prácticas no solo protegen y mejoran la salud del suelo sino que también aumentan la capacidad de secuestro de carbono, contribuyendo a la mitigación del cambio climático.

Impacto en la Sostenibilidad Agrícola

La adopción del MIP y las prácticas de conservación del suelo tiene un impacto positivo significativo en la sostenibilidad agrícola, aumentando la productividad de manera ambientalmente responsable y mejorando la resiliencia de los sistemas agrícolas frente a los desafíos climáticos. Pretty y Bharucha [11] señalan que estas prácticas pueden conducir a una reducción significativa en el uso de insumos externos, mejorando al mismo tiempo los rendimientos y la seguridad alimentaria.

Beneficios de la Integración de Prácticas

La integración del MIP con las prácticas de conservación del suelo ofrece una estrategia holística para abordar los desafíos de la sostenibilidad en la agricultura. Esta combinación fomenta un ciclo virtuoso donde la salud del suelo se mejora, lo que a su vez reduce la incidencia

de plagas y enfermedades, disminuyendo la necesidad de intervenciones químicas y promoviendo un entorno más saludable y productivo [24].

3.1.2. Gestión de Recursos Hídricos

3.1.2.1. Sistemas de riego eficientes y recolección de agua de lluvia

La implementación de sistemas de riego eficientes junto con la recolección de agua de lluvia son estrategias fundamentales para optimizar la gestión del agua en la agricultura. Estas prácticas no solo contribuyen a la conservación de los recursos hídricos, sino que también juegan un papel crucial en la reducción del impacto ambiental asociado con las actividades agrícolas. A continuación, se detallan cómo cada una de estas estrategias aporta a una agricultura más sostenible y eficiente en el uso del agua.

Sistemas de Riego Eficientes

Los sistemas de riego eficientes, como el riego por goteo y el riego por aspersión de precisión, permiten una aplicación más controlada y dirigida del agua, minimizando las pérdidas por evaporación y escurrimiento. Playán y Mateos [25] destacan que el riego por goteo no solo mejora la eficiencia en el uso del agua sino que también puede incrementar la productividad de los cultivos al reducir el estrés hídrico en las plantas.

Recolección de Agua de Lluvia

La práctica de recolectar y almacenar agua de lluvia para uso agrícola es una técnica antigua que ha resurgido con fuerza en el contexto actual de búsqueda de soluciones sostenibles y eficientes para la gestión de recursos hídricos. Este método se presenta como un complemento vital para los sistemas de riego convencionales, especialmente en regiones donde los recursos hídricos son escasos o están sujetos a variabilidad estacional extrema debido al cambio climático. Critchley y Siegert [26] subrayan que la recolección de agua de lluvia puede ser una estrategia eficaz para mejorar la seguridad alimentaria en áreas propensas a la sequía.

Impacto en la Sostenibilidad Agrícola

La adopción de estas tecnologías y prácticas no solo contribuye a la conservación del agua sino que también tiene un impacto positivo en la sostenibilidad económica de las explotaciones agrícolas. La mejora en la eficiencia del riego puede resultar en una reducción de los costos operativos y en un aumento de los rendimientos, mientras que la recolección de agua de lluvia reduce la dependencia de fuentes de agua externas, aumentando la resiliencia frente a la variabilidad climática [27].

Beneficios Ambientales

Además de los beneficios directos para la agricultura, la implementación de sistemas de riego eficientes y la recolección de agua de lluvia tienen importantes implicaciones ambientales. Estas prácticas ayudan a reducir la extracción de agua de fuentes superficiales y subterráneas, contribuyendo a la preservación de los ecosistemas acuáticos y a la mitigación de los efectos del cambio climático mediante la reducción de la demanda de agua en la agricultura [28].

3.1.2.2. Tratamiento y reutilización de aguas residuales

El tratamiento y la reutilización de aguas residuales se están convirtiendo en soluciones cada vez más importantes para abordar los desafíos asociados con la escasez de agua, especialmente en regiones áridas y semiáridas donde los recursos hídricos son limitados. Estas prácticas innovadoras ofrecen una estrategia eficaz para conservar los recursos hídricos y proporcionar una fuente alternativa de agua para la agricultura, la industria y otros usos.

Avances en Tecnologías de Tratamiento

Las tecnologías avanzadas de tratamiento de aguas residuales, como la osmosis inversa, los sistemas de biofiltración y los humedales construidos, permiten la remoción eficiente de contaminantes, haciendo posible el reúso seguro del agua en la agricultura. Angelakis et al. [29] destacan que el desarrollo tecnológico en este campo ha permitido no solo mejorar la calidad del agua tratada sino también reducir los costos asociados al tratamiento.

La adopción de estas prácticas innovadoras requiere inversiones en tecnología y infraestructura, así como en capacitación y sensibilización de los usuarios finales sobre los beneficios y seguridad del uso de aguas residuales tratadas. A pesar de estos desafíos, el tratamiento y la reutilización de aguas residuales representan oportunidades significativas para avanzar hacia un manejo más sostenible y eficiente de los recursos hídricos, especialmente en regiones vulnerables a la escasez de agua.

Impacto en la Agricultura y la Sostenibilidad

La reutilización de aguas residuales tratadas en la agricultura se ha convertido en una estrategia cada vez más valiosa para mejorar la disponibilidad de agua, particularmente en áreas donde los recursos hídricos son escasos o están bajo presión debido a la sobreexplotación y al cambio climático. Esta práctica ofrece múltiples beneficios, no solo en términos de conservación de agua, sino también para la sostenibilidad agrícola y la protección ambiental. Ciobanu et al. [30] analizan cómo el uso de aguas residuales tratadas contribuye a la seguridad hídrica y alimentaria, proporcionando además nutrientes esenciales para los cultivos.

Beneficios Ambientales y Reducción de la Contaminación

La reutilización de aguas residuales tiene el potencial de reducir la contaminación de ríos y acuíferos al disminuir la descarga de efluentes no tratados. Además, el uso agrícola de estas aguas puede reducir la dependencia de fertilizantes químicos, gracias al aporte de nutrientes presentes en el agua tratada. Jiménez y Asano [13] subrayan la importancia de establecer normas y directrices para garantizar un reúso seguro y efectivo, protegiendo la salud pública y el medio ambiente.

Desafíos y Perspectivas Futuras

A pesar de los beneficios, la implementación de sistemas de tratamiento y reutilización de aguas residuales enfrenta desafíos, incluyendo la necesidad de inversión en infraestructura, la gestión de riesgos para la salud y la aceptación pública. Sin embargo, la creciente presión sobre los recursos hídricos y la necesidad de prácticas agrícolas más sostenibles hacen del reúso de aguas residuales una estrategia cada vez más relevante para el futuro de la sostenibilidad en el sector agroindustrial [31].

3.1.3. Energías Renovables y Eficiencia Energética

3.1.3.1. Uso de energía solar, eólica y biomasa

La transición hacia energías renovables representa una estrategia fundamental para combatir el cambio climático y promover una producción agrícola e industrial más sostenible. La dependencia histórica de los combustibles fósiles ha contribuido significativamente a las emisiones de gases de efecto invernadero y al agotamiento de los recursos naturales. Sin embargo, la adopción de fuentes de energía renovable como la solar, eólica y la biomasa ofrece un camino prometedor hacia la reducción del impacto ambiental y la mejora de la sostenibilidad en el sector agroindustrial.

Energía Solar en el Agroindustrial

La energía solar, aprovechada a través de sistemas fotovoltaicos y térmicos, desempeña un papel crucial en la generación de electricidad y calor para diversas operaciones dentro del sector agroindustrial, contribuyendo de manera significativa a la sostenibilidad y eficiencia energética de estas actividades. Estos sistemas no solo reducen la dependencia de combustibles fósiles y la emisión de gases de efecto invernadero, sino que también ofrecen soluciones económicas y ecológicas para el manejo energético en el ámbito agrícola e industrial. De acuerdo con Mekhilef et al. [32], la energía solar no solo es viable para la irrigación y el procesamiento de alimentos sino que también puede contribuir significativamente a reducir los costos energéticos.

Los sistemas fotovoltaicos convierten la luz solar directamente en electricidad mediante el uso de paneles solares compuestos por células fotovoltaicas. Esta electricidad puede utilizarse para alimentar una amplia gama de operaciones agroindustriales, desde el bombeo de agua para sistemas de riego hasta el funcionamiento de maquinaria y equipos de procesamiento de alimentos. La flexibilidad y escalabilidad de la tecnología fotovoltaica la hacen adecuada tanto para pequeñas granjas como para grandes operaciones agroindustriales. Además, los sistemas fotovoltaicos pueden instalarse en terrenos no cultivables o integrarse en estructuras existentes, como techos de invernaderos y edificios de procesamiento, maximizando el uso del espacio disponible y reduciendo los costos energéticos.

Energía Eólica en el Sector Agrícola

La energía eólica, capturada mediante turbinas eólicas, ofrece una solución eficiente y sostenible para satisfacer las necesidades energéticas de las granjas, incluyendo el bombeo de agua y diversas necesidades eléctricas. Este tipo de energía renovable se ha convertido en una opción cada vez más popular para el sector agrícola debido a su bajo impacto ambiental y su capacidad para reducir los costos de operación a largo plazo. Chen [31] destaca que, en áreas

con recursos eólicos adecuados, las turbinas eólicas pueden ser una solución efectiva para mejorar la autosuficiencia energética de las operaciones agrícolas.

Biomasa como Fuente de Energía Renovable

La biomasa, obtenida de residuos agrícolas y subproductos de la industria agroalimentaria, puede ser transformada en biocombustibles, biogás y bioelectricidad. Según Scarlat et al. [33], la utilización de biomasa no solo ayuda a gestionar los residuos de manera sostenible sino que también proporciona una fuente de energía renovable que puede ser utilizada en procesos de producción y calefacción.

Impacto en la Reducción de Emisiones y Sostenibilidad

La integración de energías renovables en el sector agroindustrial tiene un impacto significativo en la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, contribuyendo a la mitigación del cambio climático. Además, estas tecnologías ofrecen una ruta hacia la sostenibilidad energética, reduciendo la dependencia de energía externa y fomentando la resiliencia económica de las comunidades rurales [34].

3.2. Responsabilidad Ambiental y Certificaciones

3.2.1. Certificaciones y Sellos de Sostenibilidad

3.2.1.1. Certificaciones orgánicas y de comercio justo

Las certificaciones orgánicas y de comercio justo representan dos de los sistemas de certificación más influyentes en el ámbito de la sostenibilidad agroindustrial. Mientras que las certificaciones orgánicas se centran en la producción agrícola sin el uso de insumos químicos sintéticos, las certificaciones de comercio justo se enfocan en asegurar condiciones comerciales equitativas y en promover mejoras en las condiciones laborales.

Impacto de las Certificaciones Orgánicas

Las certificaciones orgánicas verifican que los productos han sido cultivados siguiendo prácticas agrícolas que respetan los ciclos naturales y minimizan el impacto humano sobre el medio ambiente. Willer y Lernoud [35] destacan que el mercado de productos orgánicos ha crecido significativamente, respondiendo a la demanda de los consumidores por alimentos producidos de manera sostenible. La certificación orgánica no solo mejora la biodiversidad y la salud del suelo, sino que también puede ofrecer precios premium a los productores.

Beneficios de las Certificaciones de Comercio Justo

Las certificaciones de comercio justo buscan mejorar las condiciones de vida de los productores y trabajadores en países en desarrollo, asegurando que reciban un precio justo por sus productos y promoviendo la inversión en proyectos comunitarios. Raynolds et al. [36] señalan que el comercio justo también enfatiza la transparencia y la trazabilidad en la cadena de suministro, contribuyendo a un mayor empoderamiento de los productores y una distribución más equitativa de los beneficios.

Sinergias entre Certificaciones Orgánicas y de Comercio Justo

La combinación de certificaciones orgánicas y de comercio justo representa una poderosa herramienta para promover la sostenibilidad ambiental, la equidad social y el desarrollo económico. Nicholls y Opal [37] argumentan que esta sinergia puede maximizar los beneficios tanto para los productores como para los consumidores, alineando la producción agrícola con principios éticos y ambientales.

Desafíos y Oportunidades

A pesar de los beneficios, la adopción de estas certificaciones enfrenta desafíos, incluyendo los costos de certificación y la necesidad de cumplir con estándares específicos. Sin embargo, las tendencias del mercado indican una oportunidad creciente para productos certificados, ya que los consumidores están cada vez más informados y preocupados por el impacto ambiental y social de sus compras [38].

3.3. Impacto en el Turismo Sostenible

3.3.1. Atracción de Turismo mediante Prácticas Sostenibles

3.3.1.1. Valorización de productos locales y experiencias auténticas

El interés por los productos locales y las experiencias auténticas refleja una demanda creciente por parte de consumidores y turistas que buscan conexiones más profundas con los lugares que visitan, priorizando la calidad, el origen y la historia detrás de los productos y servicios que consumen.

Impulso a la Economía Local

La valorización de productos locales beneficia directamente a las economías regionales, al promover la venta directa de productos agrícolas, artesanales y otros bienes producidos localmente. Tregear [39] destaca que los sistemas de alimentos locales y los mercados de agricultores no solo ofrecen oportunidades económicas para los productores locales, sino que también fomentan la creación de empleo en las comunidades.

Promoción de la Sostenibilidad Ambiental

La preferencia por productos locales y experiencias auténticas apoya prácticas agrícolas y de producción sostenibles, reduciendo la huella de carbono asociada con el transporte de larga distancia de alimentos y bienes. Willer y Lernoud [35] argumenta que esto contribuye a la conservación de los recursos naturales y promueve la biodiversidad al incentivar la producción diversificada y adaptada a las condiciones locales.

Fortalecimiento de la Identidad Cultural

La valorización de lo local y lo auténtico juega un papel crucial en la preservación y celebración de la identidad y las tradiciones culturales. Throsby [40] señala que el turismo cultural y la demanda de experiencias auténticas pueden incentivar la conservación del patrimonio material e inmaterial, reforzando el sentido de pertenencia y orgullo entre las comunidades locales.

Desafíos y Estrategias de Marketing

La promoción efectiva de productos locales y experiencias auténticas requiere estrategias de marketing innovadoras que resalten la calidad, el origen y los valores éticos y sostenibles asociados con estos productos y servicios. Pike y Page [41] sugieren que el storytelling y el marketing digital son herramientas poderosas para comunicar la autenticidad y el valor único de las experiencias locales a un público global.

4. Discusión

La integración de energías renovables en el sector agroindustrial representa una estrategia clave para abordar los desafíos ambientales y económicos actuales. Como se ha discutido anteriormente, la adopción de fuentes de energía limpia y sostenible, como la energía solar, eólica y biomasa, ofrece múltiples beneficios, incluyendo la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero y la mitigación del cambio climático [33].

La implementación de sistemas fotovoltaicos y térmicos, así como turbinas eólicas, en las operaciones agrícolas e industriales permite la generación de electricidad y calor de manera eficiente y ambientalmente amigable [1]. Esto no solo reduce la dependencia de los combustibles fósiles, sino que también disminuye las emisiones asociadas con su uso. Además, la utilización de biomasa y biogás provenientes de residuos agrícolas y forestales ofrece una alternativa renovable para la producción de energía, reduciendo aún más las emisiones de gases de efecto invernadero [38].

La integración de estas tecnologías en el sector agroindustrial no solo tiene un impacto positivo en la reducción de emisiones, sino que también ofrece beneficios adicionales, como la diversificación de fuentes de ingresos para los agricultores, la mejora de la seguridad energética y la creación de empleo en las comunidades rurales [25]. Además, al reducir la huella de carbono de las operaciones agrícolas e industriales, se contribuye a la protección del medio ambiente y la conservación de los recursos naturales.

A pesar de estos beneficios, es importante reconocer que la transición hacia un modelo energético más sostenible en el sector agroindustrial puede enfrentar desafíos, como los costos iniciales de inversión, la disponibilidad de tecnología adecuada y los marcos regulatorios [30]. Sin embargo, con el apoyo adecuado de políticas gubernamentales, incentivos financieros y programas de capacitación, estas barreras pueden ser superadas, permitiendo así una adopción más amplia de las energías renovables en el sector agroindustrial.

En conclusión, la integración de energías renovables en el sector agroindustrial es fundamental para avanzar hacia un futuro más sostenible y resiliente [21]. Esta transición no solo beneficia a las operaciones individuales de las granjas y las industrias, sino que también contribuye de manera significativa a la mitigación del cambio climático y la protección del medio ambiente a nivel global.

5. Conclusión

La integración de energías renovables en el sector agroindustrial ofrece una solución prometedora para abordar los desafíos ambientales y económicos que enfrenta la agricultura moderna. A lo largo de esta discusión, hemos destacado cómo la adopción de fuentes de energía limpia y sostenible, como la energía solar, eólica y biomasa, puede proporcionar una serie de beneficios significativos.

En primer lugar, la implementación de tecnologías renovables en las operaciones agrícolas e industriales permite una reducción significativa de las emisiones de gases de efecto invernadero, contribuyendo así a la mitigación del cambio climático. Esta reducción se logra al disminuir la dependencia de los combustibles fósiles, que son una de las principales fuentes de emisiones en el sector.

Además de los beneficios ambientales, la integración de energías renovables también conlleva ventajas económicas y sociales. Por ejemplo, la diversificación de las fuentes de energía puede ayudar a mejorar la seguridad energética de las explotaciones agrícolas, reduciendo su dependencia de los precios volátiles de los combustibles fósiles. Asimismo, la adopción de tecnologías renovables puede generar nuevas oportunidades de empleo en el sector, especialmente en áreas rurales donde se encuentran muchas explotaciones agrícolas.

Aunque existen desafíos en la transición hacia un modelo energético más sostenible, como los costos iniciales de inversión y los marcos regulatorios, estos pueden superarse con el apoyo adecuado de políticas gubernamentales y programas de incentivos. Es fundamental que los gobiernos, las empresas y la sociedad en su conjunto trabajen juntos para promover la adopción de energías renovables en el sector agroindustrial y avanzar hacia un futuro más sostenible y resiliente.

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

Financiamiento: Los autores financiaron a integridad el estudio.

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

Referencias

1. Jones, M.L. *Sustainable Event Management*; Routledge, 2017;
2. Horlings, L.G.; Marsden, T.K. Towards the Real Green Revolution? Exploring the Conceptual of a New Ecological Modernisation of Agriculture That 'feed the World'. *Glob. Environ. Change* **2011**, *21*, 441–452.
3. El Bilali, H.; Strassner, C.; Ben Hassen, T. Sustainable Agri-Food Systems: Environment, Economy, Society, And. *Sustainability* **2021**, *13*, 6260.
4. UNWTO *Measuring the Sustainability of Tourism – Learning from Pilots*; 2022;
5. Gibbs, D. Sustainability Entrepreneurs, Ecopreneurs and the Development of a sustainable Economy. *Greener Manag. Int.* **2006**, 63–78.
6. Wilson, C.; Tisdell, C. Why Farmers Continue to Use Pesticides despite Environmental, Health and Sustainability Costs. *Ecol. Econ.* **2001**, *39*, 449–462.
7. Hardy, A.; Beeton, R.J.S.; Pearson, L. Sustainable Tourism: An Overview of the Concept and Its position in Relation to Conceptualisations of Tourism. *J. Sustain. Tour.* **2002**, *10*, 475–496.
8. Hall, C.M. Framing Behavioural Approaches to Understanding and Governing Tourism Consumption: Beyond Neoliberalism, "nudging" and "green Growth"? *J. Sustain. Tour.* **2013**, *21*, 1091–1109.
9. Altieri, M.A.; Nicholls, C.I. The Adaptation and Mitigation Potential of Traditional in a Changing Climate. *Clim. Change* **2017**, *140*, 33–45.

10. Intergovernmental Panel on Climate Change *Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation: Summary Policymakers and Technical Summary: Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*; 2011;
11. Pretty, J.; Bharucha, Z. Integrated Pest Management for Sustainable Intensification of agriculture in Asia and Africa. *Insects* **2015**, *6*, 152–182.
12. Molden, D.; Oweis, T.; Steduto, P.; Bindraban, P.; Hanjra, M.A.; Kijne, J. Improving Agricultural Water Productivity: Between Optimism And. *Agric. Water Manag.* **2010**, *97*, 528–535.
13. Jimenez, B.; Asano, T. Water Reuse: An International Survey of Current Practice, issues and Needs. *Water Intell. Online* **2015**, *7*, 9781780401881–9781780401881.
14. Levine, A. *Energy efficiency in agriculture: An overview of energy audits on farms*; 2012;
15. Reganold, J.P.; Wachter, J.M. Organic Agriculture in the Twenty-First Century. *Nat. Plants* **2016**, *2*.
16. Pimentel, D.; Hepperly, P.; Hanson, J.; Douds, D.; Seidel, R. Environmental, Energetic, and Economic Comparisons of Organic and conventional Farming Systems. *Bioscience* **2005**, *55*, 573.
17. Gattinger, A.; Muller, A.; Haeni, M.; Skinner, C.; Fliessbach, A.; Buchmann, N.; Mäder, P.; Stolze, M.; Smith, P.; Scialabba, N.E.–H.; et al. Enhanced Top Soil Carbon Stocks under Organic Farming. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* **2012**, *109*, 18226–18231.
18. Bengtsson, J.; Ahnström, J.; Weibull, A.–C. The Effects of Organic Agriculture on Biodiversity and Abundance: A Meta-analysis. *J. Appl. Ecol.* **2005**, *42*, 261–269.
19. Jose, S. Agroforestry for Ecosystem Services and Environmental Benefits: An Overview. *Agrofor. Syst.* **2009**, *76*, 1–10.
20. Lin, B.B. Resilience in Agriculture through Crop Diversification: Adaptive for Environmental Change. *Bioscience* **2011**, *61*, 183–193.
21. Bhagwat, S.A.; Willis, K.J.; Birks, H.J.B.; Whittaker, R.J. Agroforestry: A Refuge for Tropical Biodiversity? *Trends Ecol. Evol.* **2008**, *23*, 261–267.
22. Barzman, M.; Bärberi, P.; Birch, A.N.E.; Boonekamp, P.; Dachbrodt-Saaydeh, S.; Graf, B.; Hommel, B.; Jensen, J.E.; Kiss, J.; Kudsk, P.; et al. Eight Principles of Integrated Pest Management. *Agron. Sustain. Dev.* **2015**, *35*, 1199–1215.
23. Lal, R. Restoring Soil Quality to Mitigate Soil Degradation. *Sustainability* **2015**, *7*, 5875–5895.
24. FAO *The future of food and agriculture – Trends and challenges*; 2017;
25. Playán, E.; Mateos, L. Modernization and Optimization of Irrigation Systems to Increase Productivity. *Agric. Water Manag.* **2006**, *80*, 100–116.
26. Critchley, W.; Siegert, K.; Chapman, C. *Water Harvesting*; 1991;
27. Kijne, J.; Barker, R.; Molden, D. *Water Productivity in Agriculture: Limits and Opportunities For*. CABI Publishing: Wallingford, Inglaterra, 2003;
28. Postel, S.L. Entering an Era of Water Scarcity: The Challenges Ahead. *Ecol. Appl.* **2000**, *10*, 941.
29. Angelakis, A.N.; Marecos Do Monte, M.H.F.; Bontoux, L.; Asano, T. The Status of Wastewater Reuse Practice in the Mediterranean: Need for Guidelines. *Water Res.* **1999**, *33*, 2201–2217.
30. Ciobanu, R.; Teodosiu, C.; Almeida Cecilia M V B and Agostinho, F.; Giannetti, B.F. Sustainability Analysis of a Municipal Wastewater Treatment plant through Emery Evaluation. *Sustainability* **2022**, *14*, 6461.
31. Chen, M.–H.; Lin, Y.–T. A Case Study of Wind Farm Re-Powering. In Proceedings of the 2023 IEEE 5th Eurasia Conference on Biomedical Engineering, Healthcare and Sustainability; MDPI: Basel Switzerland, 2023.
32. Mekhilef, S.; Saidur, R.; Safari, A. A Review on Solar Energy Use in Industries. *Renew. Sustain. Energy Rev.* **2011**, *15*, 1777–1790.
33. Scarlat, N.; Dallemand, J.–F.; Monforti-Ferrario, F.; Nita, V. The Role of Biomass and Bioenergy in a Future Bioeconomy: Policies and Facts. *Environ. Dev.* **2015**, *15*, 3–34.
34. Goldemberg, J.; Teixeira Coelho, S. Renewable Energy—Traditional Biomass vs. Modern Biomass. *Energy Policy* **2004**, *32*, 711–714.
35. Willer, H.; Lernoud, J. *The World of Organic Agriculture. Statistics and Emerging Trends 2019*; FiBL & IFOAM, 2019;
36. Raynolds, L.T.; Murray, D.; Heller, A. Regulating Sustainability in the Coffee Sector: A Comparative of Third-Party Environmental and Social Certification. *Agric. Human Values* **2007**, *24*, 147–163.
37. Nicholls, A.; Opal, C. *Fair Trade: Market-Driven Ethical Consumption*; SAGE Publications: Thousand Oaks, CA, Estados Unidos de América, 2005;
38. Jaffee, D. *Brewing Justice: Fair Trade Coffee, Sustainability, and Survival*; University of California Press: Berkeley, CA, Estados Unidos de América, 2014;
39. Tregear, A. Progressing Knowledge in Alternative and Local Food Networks: Critical Reflections and a Research Agenda. *J. Rural Stud.* **2011**, *27*, 419–430.
40. Throsby, D. *Economics and Culture*; Cambridge University Press: Cambridge, Inglaterra, 2000;

41. Pike, S.; Page, S.J. Destination Marketing Organizations and Destination Marketing: A Analysis of the Literature. *Tour. Manag.* **2014**, *41*, 202–227.



© 2024 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

Revisión bibliográfica sobre: “Comparación de los beneficios de los probióticos y postbióticos”

Gualotuña Gualotuña Karen Mariela ¹  Tufiño Aguilar Andrea Alexandra ¹ 

¹ Universidad Técnica De Ambato, Ambato, Ecuador.

✉ Correspondencia: kgualotuna1139@uta.edu.ec  + 593 98 808 1184

DOI/URL: <https://doi.org/10.53313/gwj71105>

Resumen: En los últimos diez años se ha observado la importancia de la microbiota en la salud humana tanto a largo como a corto plazo y de manera comercial se ha incrementado considerablemente en los productos alimentarios y medicamentos que afirman estimular y beneficiar la salud humana. Este trabajo describe la comparación de los beneficios de los probióticos y postbióticos para una mejor elección. El desarrollo del artículo se basó en una revisión sistemática con límite de fecha de 5 años. Los criterios de inclusión se basaron en la relevancia clínica, la calidad metodológica y la actualidad de los datos. Los avances de las investigaciones se basan en la comprensión de la biología molecular, además estudios recientes indican que al ser los probióticos microorganismos no vivos tienen menos efectos adversos frente a los probióticos. Podemos concluir que al ser los postbióticos microorganismos no vivos tienen menos efectos adversos que los probióticos además que para el transporte y almacenamiento son más costosos, aunque aún están en estudios.

Palabras claves: Beneficios de los probióticos y postbióticos, cepas de probióticos, cepas de los postbióticos y microbiota.

Literature review on: "Comparison of the benefits of probiotics and postbiotics"

Abstract: In the last ten years the importance of microbiota in human health has been observed in both long and short term and commercially has increased considerably in food products and drugs claiming to stimulate and benefit human health. This paper describes the comparison of the benefits of probiotics and postbiotics for a better choice. The development of the article was based on a systematic review with a 5-year date limit. Inclusion criteria were based on clinical relevance, methodological quality and timeliness of data. Research advances are based on the understanding of molecular biology, furthermore recent studies indicate that probiotics being non-living microorganisms have less adverse effects versus probiotics. We can conclude that as post-biotics are non-living microorganisms they have less adverse effects than probiotics in addition to being more costly to transport and store, although they are still under study.

Keywords: Benefits of probiotics and postbiotics, probiotic strains, postbiotic strains and microbiota.



Check for updates

Cita: Gualotuña Gualotuña, K. M., & Tufiño Aguilar, A. A. (2024). Revisión bibliográfica sobre: “Comparación de los beneficios de los probióticos y postbióticos.” Green World Journal, 7(1), 105.

<https://doi.org/10.53313/gwj71105>

Received: 14/Jan /2024

Accepted: 27/Feb /2024

Published: 07/Mar /2024

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.



© 2024 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

La incapacidad de los alimentos para hacer daño no garantiza que no tengan contaminantes microbianos o químicos que causen problemas de salud, aumentando los brotes de enfermedades causadas por los alimentos y generando un problema de salud público importante, por el incremento de hospitalizaciones y muerte de hasta 420.000 personas cada año, por tal motivo es importante el fomento de la seguridad alimentaria durante el procesamiento, distribución y almacenamiento de los alimentos [1]. Pues a largo plazo puede producir alteración y daño en el microbiota intestinal.

El término prebiótico fue definido en el año 2001 por Expertos de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y la Organización Mundial de la Salud (OMS) mientras que el término postbiótico está definido desde el año 2021 por la Asociación Científica Internacional de Probióticos y Prebióticos (ISAPP) [2][3]. De manera general los probióticos son microorganismos vivos que confieren beneficios para el huésped mientras que un postbiótico es una preparación de microorganismos inanimados o no vivos que al igual que los probióticos brinda beneficios, es decir que existe una interacción simbiótica [1][4][5].

Por otra parte la microbiota es un grupo de microorganismos que viven en el cuerpo humano, así como el entorno en el que viven, los mismos, se pueden encontrar en todas las áreas en contacto constantes con el entorno externo, como piel, tracto respiratorio, urogenital, aunque con mayor abundancia en el gastrointestinal, es decir que existe una interdependencia en la cual el cuerpo humano proporciona un entorno estable y rico en nutrientes para los microorganismos y estos a su vez proporcionan beneficios para el huésped [2]. Aunque hay que recordar que la estructura de la microbiota intestinal está íntimamente ligada a su fenotipo metabólico y funcional por lo que puede diferir entre individuos.

La composición óptima del microbiota va en compañía estrecha entre la dieta adecuada y actividad física pues representa un estilo de vida saludable para el bienestar humano y muchas de las investigaciones se centran en como modularla para generar mejores beneficios mediante el uso de probióticos y postbióticos. Actualmente los probióticos más conocidos y utilizados son los *Lactobacillus*, *Bifidobacteria*, y levaduras como la *Saccharomyces*, mientras que los postbióticos son remanentes de estos mismos microorganismos es decir son componentes estructurales celulares y metabolitos [2][5]. Dentro de los antecedentes más destacados que estudian a estos microorganismos son los relacionados con las diarreas en los niños y la utilización en la nutrición temprana, por ejemplo, recientes investigaciones han demostrado que el consumo de probióticos reducen la duración de la diarrea y hospitalización en paciente, motivo por el cual es importante conocer los beneficios que cada uno de estos microorganismos causa en los organismos [6][7][8].

Además, hay que recordar que existen una gran variedad de patologías en las que tanto los probióticos como los postbióticos podrían ayudar como son: las diarreas, en el síndrome de intestino irritable, alergias, infecciones intestinales, colitis ulcerosa, cólico infantil, gastroenteritis, infecciones respiratorias entre otras [3].

Aunque son muchos los beneficios de los probióticos y los postbióticos la administración adecuada puede evitar la aparición de los efectos secundarios como son gases, hinchazón abdominal, dolores gástricos, debilidad corporal y disminución del tránsito intestinal, ya que la microbiota intestinal varía entre poblaciones e incluso entre individuos [9].

2. Materiales y métodos

La revisión bibliográfica se orientó en proporcionar una revisión comprensiva sobre la comparación de los beneficios de los probióticos y postbiótico sobre el bienestar de la salud, abordando aspectos novedosos como la cepa de microorganismos, los medicamentos y alimentos que contienen los beneficios según evidencias recientes. Inicialmente, se realizó una búsqueda intensiva en base de datos médicos, incluyendo PubMed, SciELO, ELSEVIER y Google

Scholar, asegurando una extensa cobertura de la literatura. Para respaldar la relevancia se emplearon palabras específicas como: “beneficios de los postbióticos”, “beneficios de los probióticos”, “cepas de probióticos”, “cepas de los postbióticos” y “microbiota” para asegurar que los datos recopilados fueran pertinentes y actuales. El período de inclusión de las publicaciones fue de 2018 a 2023; a pesar de que, se consideraron algunas menciones anteriores por su importancia teórica y contribución relevante y reciente. Se incluyeron estudios clínicos, revisiones sistémicas y metaanálisis que ofrecieron información específica y actualizada sobre los beneficios de los probióticos y postbióticos. A su vez, se establecieron criterios de exclusión, descartando artículos que no aportan datos concretos.

Durante la búsqueda de información, se revisaron meticulosamente los títulos y resúmenes de los artículos identificados para seleccionar los más relevantes, se evaluaron los textos completos para confirmar su aplicabilidad y calidad, respaldando el valor significativo a la revisión. Esta metodología estricta y estructurada aseguro que la revisión bibliográfica sobre los beneficios no solo fuera exhaustiva sino también actualizada y trascendental, clarificando más sobre los avances más recientes de los probióticos y postbióticos proporcionando una base sólida para el entendimiento y manejo objetivo de diferentes patologías.

3. Resultados

Durante las últimas décadas ha ganado gran interés el estado intestinal sobre la salud integral del ser humano, en este sentido se reconoce que el microbiota intestinal es muy compleja y dinámica que contiene más de 1000 especies diferentes de bacterias y características en cada segmento del tracto gastrointestinal. Con el progreso de la tecnología de secuenciación y bioinformática, basada principalmente en los genes de ARN ribosómicos 16 S, se está avanzando en la caracterización de la microbiota intestinal lo que permitirá conocer la composición y función de las poblaciones bacterianas y de las fluctuaciones en las diversas poblaciones en el desarrollo de enfermedades [10].

Desde un punto de vista, el cultivo y la producción de probióticos y postbiótico son muy impredecibles, aunque los postbióticos tienen una vida útil más prolongada, un almacenamiento y un transporte más sencillo ya que no es necesario de bajas temperaturas para su mantenimiento, al contrario de los probióticos que se debe mantener a una temperatura constante y baja e incluso dosis para su administración. Además, una de las ventajas más importantes de los postbiótico es evitar la adquisición de genes de resistencia a los antibióticos y factores de virulencia que pueden ocurrir cuando se usan probióticos, pues los postbiótico eliminan la exposición a microorganismos vivos y es esencialmente importante para los niños pues el sistema inmunitario aun es inmaduro y la barrera intestinal todavía es permeable [2].

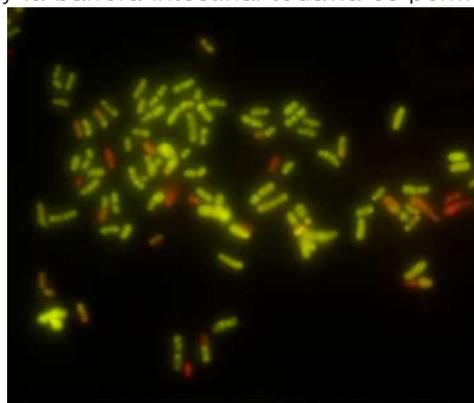


Figura 1. Probióticos y postbiótico

Dentro de la viabilidad de los probióticos se ha evidenciado mediante tinción de LIVE/DEAD y bajo fluorescencia microscópica que dependen de varios factores como el pH y de la fase de crecimiento, pues se evidencia que los cultivos de probióticos en fase estacionaria temprana o exponencial suelen tener un considerable número de células viables mientras que los cultivos en fase estacionaria tardía suelen tener mayor número de células no viables al igual que las células

cultivadas en pH cercano a la neutralidad contiene un mayor número de células no viables que los cultivos en pH más bajo, por ejemplo el cultivo de fresco de *Lactobacillus rhamnosus* R001 se observó que contenía una proporción de 100:1 de células vivas: muertas aunque después de la liofilización, el número de células muertas aumento en una proporción de 1:1 y para mantener los estándares comerciales en los productos los fabricantes suelen sobrellenar los productos con células vivas más allá de la dosis declarada para asegurar los niveles adecuados para su consumo [10].

Probióticos

Los probióticos son microorganismos vivos no patogénicos que administrados de una manera adecuada contribuyen a los beneficios de la salud, siempre y cuando tengan una cantidad efectiva de bacterias viables en el momento de su administración al huésped [10]. Según estudios los probióticos pueden influir en la microbiota intestinal a través de la supresión e inhibición de patógenos, mediante la prevención de la adhesión y el establecimiento de patógenos en el intestino, además son capaces de luchar contra los patógenos mediante la producción de compuestos microbianos y disminuyendo el pH, mediante la competencia de los patógenos por la adhesión y colonización los nutrientes y factores de crecimiento en el intestino, y de esta manera suprimir el crecimiento de bacterias patógenas [10].

Tabla 1. Mecanismo de acción.

	Actividades	Microorganismos	Propiedades
Actividad antimicrobiana	Los microorganismos secretan diversos compuestos antibacterianos, incluidos ácidos orgánicos, peróxido de hidrógeno, bacteriocinas y biosurfactantes, que pueden inhibir el crecimiento de bacterias patógenas.	<i>Lactobacillus reuteri</i> produce el antibiótico reuterina (3-hidroxiisovaldehído)	Además de reducir la cantidad de células bacterianas viables también afecta el metabolismo bacteriano y la producción de toxinas
Producción de ácido	Las bacterias secretan ácidos orgánicos (ácido láctico y acético), que reducen el pH intestinal y reducen la colonización de patógenos.	Microorganismos que liberan ácido láctico y acético	Crean condiciones más adecuadas para el microbioma residente y crean un ambiente ácido supresor de patógenos.
Actividad enzimática	Los probióticos también liberan enzimas que hidrolizan las toxinas bacterianas	<i>Bifidobacterium pseudocatenulatum</i> DSM20439	Aún bajo investigación, la toxina Shiga en cepas de <i>E. coli</i> y cepas de <i>C. difficile</i> en el íleon.
Mecanismos metabólicos	Crean un ecosistema anaeróbico favorable para el microbioma intestinal al desintoxicar moléculas inhibitorias y compuestos captadores de oxígeno como aminas o nitratos	<i>L. plantarum</i>	Además de sus propiedades antiadherentes, también tiene actividades antibacterianas y antiinflamatorias.
Competencia por recursos limitados	La sustancia limitante es el hierro, que es un elemento esencial para	<i>L. acidophilus</i> y <i>L. delbrueckii</i>	Unen el hidróxido de hierro a las superficies celulares, haciéndolas

	casi todas las bacterias excepto los lactobacillus.		inaccesible a los microorganismos patógenos.
Adhesión y colonización	La adhesión de microorganismos patógenos a la superficie de la célula huésped se inhibe competitivamente	Lactobacillus helveticus y Lactobacillus crispatus	pueden formar biopelículas utilizando capas probióticas para prevenir la adhesión de E. coli.

Beneficios

Uno de los principales beneficios es la modulación de la defensas innatas y adquiridas del huésped, lo que a su vez puede ayudar a prevenir y tratar enfermedades infecciosas, así como la inflamación gastrointestinal crónica al ayudar a restablecen el equilibrio microbiano en el intestino. Finalmente, otro beneficio es la inactivación de toxinas y la desintoxicación del huésped y de los componentes de los alimentos en el intestino [11]. Además que ayudan en la nutrición de bebés y niños, así como también el tratamiento de alergias y cólico infantil. Los probióticos pueden modular respuestas inmunes celulares inespecíficas, mediadas por macrófagos, células NK, linfocitos T citotóxicos específicos de antígenos y la liberación de citoquinas. Además, se ha visto que la mayoría de las cepas probióticas mejoran la respuesta innata con la producción de IL-12 por las células presentadoras de antígenos y la activación de las células NK del huésped, por otro lado, también ayuda con la inmunidad adquirida induciendo la secreción de IgA en el intestino mediante diferentes mecanismos como la activación de linfocitos B y células T, sin embargo los mecanismos moduladores subyacen a los efectos de cada cepa de probióticos y de diferentes combinaciones. Los probióticos mediante la modulación de vías de señalización ha descrito efectos antiinflamatorios a nivel intestinal, asimismo mejora la función de barrera epitelial en el intestino. Sin embargo, se ha revelado que los lactobacillus y bifidobacterias probióticos regulan negativamente la producción de mediadores inflamatorios (IL-6 y TNF- α) tras la exposición a compuestos proinflamatorios [10].

A. Diarrea aguda por rotavirus

La diarrea aguda sigue siendo la segunda causa más común de morbilidad en niños en todo el mundo, particularmente en los países en desarrollo, y representa en 15% de las muertes en niños menores de 5 años, principalmente debido a infecciones intestinales, de salud y saneamiento. En recientes estudios de niños con diarrea aguda por rotavirus se logró comprobar que el consumo de los probióticos redujo la duración de la diarrea, la frecuencia, los días de hospitalización y la fiebre, además dentro de los hallazgos nuevos fue la reducción del vomito. Es decir que los probióticos interactúan con la flora intestinal mediante la regulación de la inmunidad intestinal inhibiendo la ampliación de patógenos entéricos y fortaleciendo la barrera epitelial [6][11][12].

B. Diarrea por antibióticos

Los antibióticos son uno de los medicamentos más usados a nivel mundial, pero a su vez alteran el microbiota del tracto intestinal provocando diarrea como la consecuencia más común y alargando la estancia hospitalaria. Se ha reportado que el 5% y el 35 % del paciente se asocia con diarrea por antibióticos, se estima que los probióticos lactobacilos *Saccharomyces* colonizan temporalmente el sistema digestivo y produce ácidos, péptidos bactericidas y compiten por nutrientes y la adhesión epitelial. Un análisis identificó que la coadministración de probióticos con antibióticos reduce el riesgo de diarrea por antibióticos en un 37% en adultos [13].

C. Vaginosis bacteriana

La vaginosis bacteriana es una de las patologías más comunes entre las mujeres en edad reproductiva, en China la prevalencia fue de 5,9% al 15,4 % y en los Estados Unidos esta cifra fue de 16,3% al 29,2%, las terapias con antibióticos de primera línea mostraron una efectividad del 70 al 80% en la curación, a pesar de ello se produjeron recurrencia dentro de los doce meses entre en 40% y el 50%. Según recientes estudios se ha observado que las combinaciones de los antibióticos con los probióticos *L. ramosa* mejoraban el resultado del tratamiento a largo y acorto

plazo al contrario que la administración de los probióticos posterior a la culminación de los antibióticos sólo eran eficaces a corto plazo [14][15].

D. Depresión y la ansiedad

La depresión y los trastornos mentales muy comunes, y la eficacia de los probióticos en el tratamiento de estas afecciones ha sido respaldada durante la última década, aunque los efectos de los probióticos en adultos mayores con depresión siguen siendo pequeños. Por otro lado, las investigaciones tuvieron diferentes limitaciones razón por la cual se necesita estudios futuros con presentación clínica significativa además que en estos estudios no se incluyó adolescentes y por lo tanto no se pudo evaluar la eficacia en esta edad [16].

E. Reflujo gastroesofágico

Los beneficios de los probióticos son bien conocidos, pero sólo unos pocos de ellos se encuentran en el tracto gastrointestinal superior. Dentro de los beneficios que se observaron es este estudio fueron sobre los síntomas como regurgitación, acidez estomacal, dispepsia, náuseas, dolor abdominal, eructos y gorgoteo, además se observó que los episodios de reflujo redujeron significativamente en un 40% en 20 mujeres embarazadas con el uso por 12 semanas del probiótico *L. gasseri* LG21, además que se ha demostrado que los probióticos reducen la actividad del *H. Pylori* [17].

F. Pérdida de peso

La microbiota intestinal es un fuerte determinante del desarrollo de la obesidad y la ingesta de probióticos del género *Lactobacillus* incluidas cepas de esta especie como *L. rhamnosus*, *L. gasseri*, *L. plantarum*, *L. casei*, *L. lactis*, *L. acidófilo*, *L. del brueckii*, *L. reuteriy* *L. curvatus* mostrando resultados favorables en la reducción del peso corporal, la mayoría de estos estudios consideraron ambos sexos, una edad entre 31.1 años y un IMC 30.5 kg. La forma de administración fue mediante yogures, probióticos, o leches fermentadas. Dentro de los principales efectos que mostraron estos probióticos son: reducción del peso corporal, IMC, la circunferencia de cintura, la grasa corporal [18][19].

G. Estreñimiento en el síndrome de intestino irritable

Según los resultados de los estudios, los probióticos ayudarían en el mejoramiento de la consistencia y frecuencia de las heces y el tiempo de tránsito intestinal en pacientes con síndrome de intestino irritable más estreñimiento, dentro de las probióticos que se usaron en el estudio y se observó un número aumentado en las heces son las bifidobacterias y *Lactobacilo*. Por otro lado, el dolor abdominal, la hinchazón y la calidad de vida no están claras. Sin embargo, se encontró que una duración más corta del tratamiento pudo haber sido más efectiva que un tratamiento largo [20].

H. Rinitis alérgica

La rinitis alérgica es una enfermedad que afecta casi al 32% de los habitantes. El uso de probióticos junto con antihistamínicos disminuyó los síntomas nasales, los trastornos del sueño y la angustia psicológica según las puntuaciones del Score ESPRINT-15 que fue antes del tratamiento de 4,42 y 1,26 después del tratamiento, aunque no está clara el mecanismo de acción se asocia con la inmunomodulación a través de la inducción y producción de citoquinas lo que resulta en una respuesta dominante TH1 en paciente alérgicos regulando y equilibrando la respuesta TH1/TH2 [21].

Tabla 2. Medicamentos probióticos en Ecuador

Medicamento de venta en Ecuador	Microorganismos/ cepa probiótica	Como se usa
Lactoflora	<i>actobacillus Acidophilus</i> , <i>Bifidobacterium Longum</i> , entre otro	Protector inmunitario a nivel intestinal, Antibioticoterapia
Proflora performance	<i>Lactobacillus acidophilus</i> , <i>Bifidobacterium bifidum w</i>	Suplemento alimenticio en polvo a base de probióticos, Normaliza las funciones digestivas, Fortalece el sistema inmunológico

Yogurt	Bifidobacterium animalis,	Estreñimiento
Activia (Danone)	Bifidobacterium infantis	
Bioflorin	Enterococcus faecium	Diarrea adulta aguda
Lacteol	Lactobacillus acidophilus	Diarrea aguda en niños
Yakult	Lactobacillus casei subsp Shirota	Estreñimiento Infección por helicobacter pylori
Enterogermina	Bacillus clausii	Antidiarreico
Prodentis (BioGaia)	L. reuteri	Infecciones dentales
Lacidofil	Lactobacillus helveticus	Infección por H. pylori
Gynophilus	L. rhamnosus	Vaginitis bacteriana

Postbiótico

Según Tsilingiri et al. Los posbióticos incluyen cualquier sustancia fúngica o bacteriana liberada o producida por las actividades metabólicas de microorganismos que directa o indirectamente afectan de manera beneficiosa al huésped. es decir que no se consideran simbióticos y no contienen microorganismos vivos por lo que carecen de efectos secundarios graves y mantienen una eficacia similar a la de los probióticos [2]. Según estudios muchos de los efectos sobre la salud se basan en la producción final de ácidos grasos de cadena corta (AGCC) y componentes de partes de microbianas, ácido teicoico, muro péptidos proteínas funcionales, polisacáridos extracelulares (EPS) lisados celulares, derivados de peptidoglicanos y estructuras tipo pili y a su vez las nuevas investigaciones dieron el concepto a los postbióticos tras las nuevas apreciaciones de la fermentación de los alimentos pues son compuestos de fermentación funcionales [22]. Es decir que un postbiótico debe derivarse de un microorganismo o de una combinación bien definida de secuencias genómicas confiables.

Tabla 3. Principales postbiótico y su acción

	Actividades	Microorganismos	Propiedades
Sobrenadantes sin células	Son metabolitos biológicamente activos secretados por bacterias y levaduras que se pueden obtener de cultivos celulares	Lactobacillus acidophilus, Lactobacillus casei, Lactobacillus casei y Lactobacillus rhamnosus GG Lactobacillus y Bifidobacteria Lactobacillus plantarum	Tienen efectos antiinflamatorios y antioxidantes sobre las células epiteliales intestinales Ayudan a prevenir la invasión de células cancerosas de colon Muestran actividad antibacteriana al prevenir la invasión de bacterias enteroinvasoras E. colicepas Tienen un efecto positivo sobre la maduración y la estructura morfológica de la barrera intestinal.
Exopolisacáridos (EPS)	Los Exopolisacáridos se usan en la actualidad en la industria alimenticia como agentes estabilizadores, emulsionantes y aglutinantes de agua ya	L. plantarum, EPS aislado del tofu	Indujo la secreción de óxido nítrico y mejoró el potencial fagocítico de los macrófagos en un modelo in vitro y también aumentó las concentraciones de IgA

	que pueden modular la respuesta inmune al interactuar con células dendríticas y los macrófagos y mejorar la proliferación de los linfocitos T y NK.	Algunos EPS producidos por el <i>Lactobacillus helveticus</i> de las cepas aisladas de la fruta Durian fermentada <i>Lactobacillus kefiranofaciens</i>	en la mucosa intestinal y estimuló la proliferación de linfocitos antimicrobianas y antioxidantes
		β -glucanos	Retrasó el desarrollo de aterosclerosis en un modelo animal preclínico pueden interactuar con los receptores Dectin-1 en la superficie de los macrófagos y activarlos contra bacterias, virus, parásitos y células cancerosas
Enzimas	Los microorganismos han desarrollado mecanismos de defensa contra, efectos nocivos de las especies reactivas de oxígeno (ROS), dañan los lípidos, las proteínas, los carbohidratos y los ácidos nucleicos.	<i>L. fermentose</i> <i>Lactobacillus plantarum</i>	Tiene un alto contenido de glutatión peroxidasa y se documentó que poseían potentes propiedades antioxidantes in vitro. Propiedades antioxidantes

Beneficios

Se ha visto que los efectos de los postbióticos pueden ser temporales, aunque tienen un papel mecánico importante pues moléculas como el ácido láctico y bacteriocinas puede tener actividad antimicrobiana directa según estudios in vivo, pero también pueden modular la microbiota indirectamente y dentro de los principales mecanismos están la inmunomodulación, prevención de infecciones, metabolismo de lípidos y colesterol, actividad antitumoral, antioxidante, controlar la permeabilidad intestinal, tienen efectos antiinflamatorios, antioxidantes, inhibidores de patógenos, anticancerígenos, antiproliferativos, antihipertensivos, hepatoprotectores y cardioprotectores [2][23].

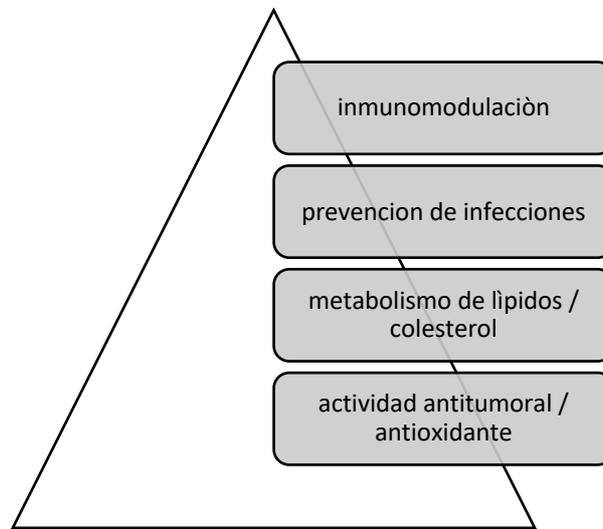


Figura 2. Beneficios

Los postbióticos muestran propiedades pleiotrópicas pues interviene en la diferenciación de los linfocitos T reguladores y la síntesis de citocinas antiinflamatorias.

A. Microterapia para el Manejo de la Diabetes Mellitus

Estudios recientes en relación a la diabetes mellitus (DM) sugieren que existen componentes bacterianos específicos que podrían fomentar o proteger el desarrollo de la enfermedad, además que ciertos grupos de bacterias se han asociado con un mejor metabolismo de la glucosa. Por otra parte, la DM se ha relacionado con la permeabilidad intestinal alterada que actúa en la receptividad a la insulina y en consecuencia a las complicaciones metabólicas, considerando lo anterior es claro que un funcionamiento intestinal es núcleo para el mantenimiento a la salud y dentro de esto los postbióticos según estudios son delegados emergentes para la prevención y manejo de la DM, aunque aún está en investigación [9].

B. Mejora la función de la barrera epitelial

Las actividades que mejoran la función de la barrera epitelial están asociadas con las proteínas secretadas. Los exopolisacáridos, como los derivados de las bifidobacterias, pueden promover la función de barrera al reducir la inflamación y promover la función de las uniones estrechas a través de la autofagia y las vías de señalización del calcio. Por otro lado, el acetato, propionato y butirato solos o en combinación aumentaron la resistencia transepitelial y estimularon la formación de uniones estrechas en las células epiteliales intestinales Caco2 in vitro [22].

C. Antiateroesclerótico

Otros de los beneficios de los postbióticos es el metabolismo de los lípidos y consecuentemente ayudan en la reducción del riesgo de los accidentes cardiovasculares. Dentro de los mecanismos de acción están el propionato que inhiben la condensación de los precursores del colesterol lo que lleva a efectos similares a las estatinas, Kefiran que tiene propiedades antiaterogénicas que resultan en la reducción de la inflamación, la prevención de la acumulación de colesterol en los macrófagos y la disminución de la concentración de lípidos, además se descubrió que el *Lactobacillus* mengua los niveles de triglicéridos y colesterol LDL al tiempo que incrementa los niveles de HDL [2].

D. Comida funcional

El beneficio de los alimentos funcionales se obtiene agregando ingredientes nuevos como los probióticos y los postbióticos, de los cuales los postbióticos se han convertido en candidatos racionales para dicho fin, por ejemplo, la galactosilactosa (3-Gal) que es el resultado de la fermentación de los oligosacáridos de la leche humana (HMO) es decir que los fragmentos y metabolitos pasan a través de la leche materna y ayudan con las propiedades antiinflamatorias y mejora de la barrera intestinal [2].

E. Adyuvante contra el cáncer

Las bacterias ácido-ácéticas (BAL) están presentes en los alimentos fermentados y los principales efectos por salud y sus bioactivos derivados incluyen mejorar los trastornos gastrointestinales como enfermedades inflamatorias, los trastornos urogenitales, el metabolismo

de la lactosa, función antidiabética y terapias contra el cáncer, a través de mecanismos que incluyen la modificación de la microbiota intestinal y el dominio de la beneficiosa por sus propiedades antioxidantes y antiproliferativas. Es decir que la capacidad de los postbióticos es distinguir entre las células normales y cancerosas suprimiendo la angiogénesis e impulsando la apoptosis de las células cancerosas [24][25].

F. Salud bucal

La cavidad bucal desempeña un papel crucial en la protección inmunológica, por lo que es importante su salud, estudios recientes han demostrado que el uso de postbióticos (*Lactobacillus salivarius* subsp. *salicinio* AP-32, *L. paracasei* ET-66 y *L. plantarum* LP 28) y probióticos muertos por calor (*L. salivarius* subsp. *salicinio* AP-32 y *L. paracasei* ET-66) en presentación de pastillas orales, mostraron efectos bactericidas eficaces sobre los patógenos orales como *S. mutans*, *P. gingivales*, *F. nucleatum* subsp. *polimorfo* y *A. actinomycetemcomitans*. además, que demostró un incremento de la concentración de la IgA en las muestras de saliva, aliviando los síntomas de llagas bucales, estreñimiento y reflujo gastroesofágico según el cuestionario de salud [26].

G. Envejecimiento de la piel

La diversidad y función del microbiana en la piel es muy diversa y más en los últimos tiempos en el campo de la dermatología, el *Epidermidibacterium queratini* (EPI-7) es una nueva actinobacteria aislada de la piel que resultó ser más prevalente en mujeres de 20 años. El filtrado de fermento EPI-7 ha demostrado sus propiedades antienvjecimiento al modular las actividades de las metaloproteinas de matriz (MMP) en el fotoenvejecimiento inducido por rayos UV en fibroblastos dérmicos humanos. Los resultados de los estudios demostraron que el uso tópico de los postbióticos mejoró el funcionamiento de la barrera cutánea, la elasticidad de la piel y la densidad dérmica [27].

H. Anemia

La suma de *Lactobacillus acidophilus* y los alimentos se ha correlacionado con un aumento significativo de vitamina B12 y folatos que ayuda en la disminución de la presentación de la anemia. Muchas especies de bacterias de alto nivel de síntesis de folato son las *Bifidobacteria bifidum* y *Bifidobacteria largasubsp. infantily* por otro lado el butirato, propionato y el acetato se han reconocido como mediadores de la absorción de hierro, es decir que el propionato y butirato aumentan el ARNm del factor 2 alfa ($HIF2\alpha$) inducido por la hipoxia. El $HIF2\alpha$ es un factor que regula la absorción de hierro en el duodeno [28].

I. Enfermedad renal

Esta afección que se estima que para el 2040 se convertirá en la quinta causa de muerte a nivel mundial. Se analizó que el postbiótico *O. formigenes* ayudo en la previsión de la urolitiasis asociada a antibióticos, especialmente si se necesitan de estos a largo plazo, además que evaluó el tratamiento con una mezcla de probióticos y postbióticos (*Lactobacillus* y *Bifidobacterium*) que disminuyeron el estrés oxidativo en los riñones, a pesar de esto no se evaluó el impacto sobre la función renal [29].

Tabla 4. Postbióticos en estudio

Microorganismos en estudios (postbióticos y sus combinaciones)		
Galactosilactosa (3-Gl)	Comida funcional	En estudio
<i>Lactobacillus acidophilus</i>	Diarreas causadas por infecciones bacteriales y virales,	En estudio
<i>Bifidobacteria</i>	Mejora la función de la barrera epitelial	En estudio
<i>Lactobacillus</i>	Antiateroesclerótico	En estudio
Las bacterias ácido-áciticas (BAL)	Adyuvante contra el cáncer	En estudio
<i>Lactobacillus salivarius</i> subsp. <i>salicinio</i> AP-32, <i>L. paracasei</i> ET-66, y <i>L. plantarum</i> LP28	Salud bucal	En estudio
<i>Epidermidibacterium queratin</i> EPI-7	Elasticidad de la piel, aplicación tópica	En estudio

Lactobacillus acidophilus	La disminución de la prevalencia de anemia	En estudio
Lactobacillus y Bifidobacterium	Para la prevención en la enfermedad renal crónica	En estudio

4. Discusión

En los últimos años, la investigación sobre los efectos y beneficios de los probióticos y postbióticos ha adquirido un interés cada vez mayor en la comunidad médica y científica. Los probióticos son microorganismos vivos que, cuando se consumen en cantidades suficientes, pueden beneficiar la salud del huésped. Los posbióticos, por otro lado, son metabolitos o componentes celulares liberados por microorganismos probióticos que pueden tener efectos beneficiosos para la salud pero que no necesariamente contienen microorganismos vivos.

En términos de beneficios para la salud, varios estudios han demostrado que los probióticos pueden desempeñar un papel importante en el mantenimiento de la salud gastrointestinal, la modulación del sistema inmunológico y la prevención y el tratamiento de enfermedades metabólicas. Sin embargo, es importante señalar que los resultados de los estudios son inconsistentes y a menudo dependen de factores como la dosis, la duración del tratamiento, la población del estudio y las condiciones de salud específicas. Además, se necesitan más investigaciones para dilucidar los mecanismos exactos de acción de los probióticos y postbióticos y determinar las mejores indicaciones clínicas y aquellas para quienes sería mayor su uso.

Un metaanálisis de 2016 concluyó que los probióticos pueden reducir el riesgo de ciertas enfermedades, como la diarrea por *Clostridium difficile* y la diarrea asociada a antibióticos, en un 60,5% en adultos y niños. Además, muchos estudios muestran que los probióticos y postbióticos tienen efectos beneficiosos sobre la salud gastrointestinal, incluida la mejora del microbioma intestinal, la reducción de la inflamación y la prevención de enfermedades digestivas. Un metaanálisis publicado en PubMed encontró que tanto los probióticos como los postbióticos redujeron significativamente los síntomas del síndrome del intestino irritable en comparación con el placebo. Otro estudio realizó un metanálisis que comparó la eficacia de los probióticos y posbióticos en el tratamiento del síndrome del intestino irritable (SII). Los resultados mostraron que el 65% de los pacientes tratados con probióticos tuvieron una mejora significativa en sus síntomas del SII en comparación con sólo el 45% de los pacientes tratados con posbióticos, lo que indica un beneficio estadísticamente significativo de los probióticos.

Además, existe evidencia preliminar de que los probióticos y postbióticos pueden desempeñar un papel en la prevención y el tratamiento del cáncer, particularmente el cáncer gastrointestinal, es decir que el uso de los probióticos reducía la incidencia de pólipos adenomatosos colorrectales en pacientes de alto riesgo. Sin embargo, existen estudios limitados sobre el papel del hábitat postal en la prevención del cáncer y se necesitan más estudios para aclarar las conclusiones finales. Aparte los probióticos han mostrado beneficios potenciales para la salud bucal al reducir la placa dental, prevenir las caries dentales y ayuda con la salud de las encías aunque requieren más investigación en la aplicación de los postbióticos.

La investigación sobre los efectos de los probióticos y postbióticos en la salud urogenital se centra principalmente en la prevención y tratamiento de infecciones del tracto urinario y vaginosis bacteriana y se encontró que los probióticos orales redujeron significativamente la recurrencia de infecciones del tracto urinario en mujeres premenopáusicas. La evidencia sobre los efectos de los postbióticos en la salud urogenital es limitada y necesita más investigación.

Los probióticos y postbióticos han mostrado potencial para mejorar la salud y apariencia de la piel en el envejecimiento al mejorar la hidratación, reducir las arrugas y aumentar la elasticidad de la piel. Por otro la investigación sobre los efectos de los probióticos y postbióticos en el peso y la composición corporal está en curso. Algunos estudios sugieren que ciertas cepas probióticas pueden estar asociadas con una reducción del peso corporal y la grasa abdominal en individuos con sobrepeso u obesidad.

En cuanto a la seguridad, los probióticos y postbióticos generalmente se consideran seguros para el consumo humano, con una incidencia muy baja de efectos secundarios graves. Sin embargo, es fundamental evaluar la seguridad a largo plazo, especialmente en poblaciones vulnerables como los recién nacidos, ancianos y personas inmunocomprometidas.

5. Conclusión

En primer lugar, es importante destacar que los probióticos son microorganismos vivos que, cuando se consumen en cantidades adecuadas, confieren beneficios para la salud del huésped. Por otro lado, los postbióticos son productos metabólicos o componentes celulares liberados por microorganismos probióticos, que ejercen efectos beneficiosos sobre la salud sin necesariamente contener microorganismos viables y tomando en cuenta la recopilación de la información podemos concluir que son una novedosa alternativa tanto los probióticos como los postbióticos ya que tienen altos beneficios sobre la salud del huésped, aunque su gran diferencia y beneficio a largo plazo radica en la cultivación y viabilidad a largo plazo según lo que se corrobora con los distintos estudios que se consiguieron en esta revisión, pues, hay que recordar que los probióticos son organismos vivos que dependen de un pH y temperatura mientras que los postbióticos al ser organismos muertos o fracciones microbianas, no dependen de estos factores y son mucho más viables a largo plazo.

Por otro lado, dependiendo de las cepas tanto en probióticos como en postbióticos dependerán sus diferentes usos y acciones. Además, el tratamiento antibiótico puede generar efectos adversos, motivo por el cual el estudio de los probióticos y postbióticos se ha intensificado con la esperanza de encontrar un tratamiento alternativo que no genere un efecto negativo o adverso. Uno de los aspectos fundamentales que emerge de los estudios analizados es la diversidad de cepas probióticas y composiciones postbióticas utilizadas en los diferentes ensayos clínicos. Esta heterogeneidad dificulta la comparación directa de los efectos y la extracción de conclusiones definitivas sobre la superioridad de uno sobre el otro en términos de eficacia y seguridad.

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

Financiamiento: Los autores financiaron a integridad el estudio.

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

Referencias

- Moradi, M.; Kousheh, S.A.; Almasi, H.; Alizadeh, A.; Guimarães, J.T.; Yilmaz, N.; Lotfi, A. Postbiotics Produced by Lactic Acid Bacteria: The next Frontier in Food Safety. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* **2020**, *19*, 3390–3415, doi:10.1111/1541-4337.12613.
- Żółkiewicz, J.; Marzec, A.; Ruszczyński, M.; Feleszko, W. Postbiotics—a Step beyond Pre- and Probiotics. *Nutrients* **2020**, *12*, 1–17, doi:10.3390/nu12082189.
- Salminen, S.; Szajewska, H. Postbiotics. *Textbook of Pediatric Gastroenterology, Hepatology and Nutrition* **2022**, 733–736, doi:10.1007/978-3-030-80068-0_55.
- Vinderola, G.; Sanders, M.E.; Salminen, S. The Concept of Postbiotics. *Foods* **2022**, *11*, 1077, doi:10.3390/foods11081077.
- Teame, T.; Wang, A.; Xie, M.; Zhang, Z.; Yang, Y.; Ding, Q.; Gao, C.; Olsen, R.E.; Ran, C.; Zhou, Z. Paraprobiotics and Postbiotics of Probiotic Lactobacilli, Their Positive Effects on the Host and Action Mechanisms: A Review. *Frontiers in Nutrition* **2020**, *7*, doi:10.3389/fnut.2020.570344.
- Yang, B.; Lu, P.; Li, M.X.; Cai, X.L.; Xiong, W.Y.; Hou, H.J.; Ha, X.Q.; Kantarçeken, B. A Meta-Analysis of the Effects of Probiotics and Synbiotics in Children with Acute Diarrhea. *Medicine (United States)* **2019**, *98*, doi:10.1097/MD.00000000000016618.
- Cabello-olmo, M.; Araña, M.; Urtasun, R.; Encio, I.J.; Barajas, M. Foods-10-01590-V2.Pdf. **2021**.
- Gaines, C.; Moore, J. Probiotics for the Prevention of Clostridium Difficile-Associated Diarrhea in Adults and Children. *Gastroenterology Nursing* **2019**, *42*, 299–301, doi:10.1097/SGA.0000000000000469.
- Cabello-olmo, M.; Araña, M.; Urtasun, R.; Encio, I.J.; Barajas, M. Rol de Los Postbióticos En La Diabetes Mellitus : Conocimiento Actual y Perspectivas Futuras. **2021**.
- Piqué, N.; Berlanga, M.; Miñana-Galbis, D. Beneficios Para La Salud de Los Probióticos Matados Por Calor (Tyndallized): Una Descripción General. *International Journal of Molecular Sciences* **2019**, *20*, 2534.

11. Corrales Benedetti, D.; Palacios, J.A. Los Probióticos y Su Uso En El Tratamiento de Enfermedades Probiotics and Their Use in the Treatment of Diseases. *Revista Ciencias Biomédicas* **2020**, *9*, 54–66.
12. Malag, J.N.; Mantziari, A.; Salminen, S. Postbiotics for Preventing and Treating Common Infectious Diseases in Children : A Systematic Review. **2020**, 1–14.
13. Goodman, C.; Keating, G.; Georgousopoulou, E.; Hespe, C.; Levett, K. Probiotics for the Prevention of Antibiotic-Associated Diarrhoea: A Systematic Review and Meta-Analysis. *BMJ Open* **2021**, *11*, 1–14, doi:10.1136/bmjopen-2020-043054.
14. Wang, Z.; He, Y.; Zheng, Y. Probiotics for the Treatment of Bacterial Vaginosis: A Meta-Analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health* **2019**, *16*, 1–13, doi:10.3390/ijerph16203859.
15. Chen, R.; Li, R.; Qing, W.; Zhang, Y.; Zhou, Z.; Hou, Y.; Shi, Y.; Zhou, H.; Chen, M. Probiotics Are a Good Choice for the Treatment of Bacterial Vaginosis: A Meta-Analysis of Randomized Controlled Trial. *Reproductive Health* **2022**, *19*, 1–14, doi:10.1186/s12978-022-01449-z.
16. Liu, R.T.; Walsh, R.F.L.; Sheehan, A.E. Systematic Review and Meta-Analysis of Controlled Clinical Trials. **2020**, *02915*, 13–23, doi:10.1016/j.neubiorev.2019.03.023.Prebiotics.
17. Cheng, J. Gastroesophageal Reflux Disease and Probiotics: A Systematic Review. **2020**, 1–15.
18. Valentina, Á.; Mart, S. Effects of Probiotics and Synbiotics on Weight Loss in Subjects with Overweight or Obesity : A Systematic Review. **2021**, 1–18.
19. Czajeczny, D.; Kabzińska, K.; Wójciak, R.W. Does Probiotic Supplementation Aid Weight Loss? A Randomized, Single-Blind, Placebo-Controlled Study with Bifidobacterium Lactis BS01 and Lactobacillus Acidophilus LA02 Supplementation. *Eating and Weight Disorders* **2021**, *26*, 1719–1727, doi:10.1007/s40519-020-00983-8.
20. Review, A.S.; Randomized, M. Effectiveness and Safety of Probiotics for Patients with Constipation-Predominant Irritable Bowel Syndrome : **2022**.
21. Vargas, Y.Z. Acta de Otorrinolaringología & Cirugía de Cabeza y Cuello Benefits of Probiotics in Allergic Rhinitis. **2019**, 36–42, doi:10.37076/acorl.v47i1.118.
22. Salminen, S.; Collado, M.C.; Endo, A.; Hill, C.; Lebeer, S.; Quigley, E.M.M.; Sanders, M.E.; Shamir, R.; Swann, J.R.; Szajewska, H.; et al. The International Scientific Association of Probiotics and Prebiotics (ISAPP) Consensus Statement on the Definition and Scope of Postbiotics. *Nature Reviews Gastroenterology and Hepatology* **2021**, *18*, 649–667, doi:10.1038/s41575-021-00440-6.
23. Mosca, A.; Abreu Y Abreu, A.T.; Gwee, K.A.; Ianiro, G.; Tack, J.; Nguyen, T.V.H.; Hill, C. The Clinical Evidence for Postbiotics as Microbial Therapeutics. *Gut Microbes* **2022**, *14*, doi:10.1080/19490976.2022.2117508.
24. Rad, A.H.; Maleki, L.A.; Kafil, H.S.; Zavoshti, H.F.; Abbasi, A. Postbiotics as Promising Tools for Cancer Adjuvant Therapy. *Advanced Pharmaceutical Bulletin* **2021**, *11*, 1–5, doi:10.34172/apb.2021.007.
25. Kvakova, M.; Kamlarova, A.; Stofilova, J.; Benetinova, V.; Bertkova, I.; Kvakova, M.; Kamlarova, A.; Stofilova, J.; Benetinova, V.; Bertkova, I. Complementary Therapy. **2022**, *28*, 3370–3382, doi:10.3748/wjg.v28.i27.3370.
26. Lin, C.W.; Chen, Y.T.; Ho, H.H.; Kuo, Y.W.; Lin, W.Y.; Chen, J.F.; Lin, J.H.; Liu, C.R.; Lin, C.H.; Yeh, Y.T.; et al. Impact of the Food Grade Heat-Killed Probiotic and Postbiotic Oral Lozenges in Oral Hygiene. *Aging* **2022**, *14*, 2221–2238, doi:10.18632/aging.203923.
27. Kim, J.; Lee, Y.I.; Mun, S.; Jeong, J.; Lee, D.G.; Kim, M.; Jo, H.W.; Lee, S.; Han, K.; Lee, J.H. Efficacy and Safety of Epidermidibacterium Keratini EPI-7 Derived Postbiotics in Skin Aging: A Prospective Clinical Study. *International Journal of Molecular Sciences* **2023**, *24*, doi:10.3390/ijms24054634.
28. Zakrzewska, Z.; Zawartka, A.; Schab, M.; Martyniak, A.; Skoczeń, S.; Tomasiak, P.J.; Wędrychowicz, A. Prebiotics, Probiotics, and Postbiotics in the Prevention and Treatment of Anemia. *Microorganisms* **2022**, *10*, 1–15, doi:10.3390/microorganisms10071330.
29. Favero, C.; Giordano, L.; Mihaila, S.M.; Masereeuw, R.; Ortiz, A.; Sanchez-niño, M.D. Postbiotics and Kidney Disease. **2022**.



© 2024 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 las propiedades mecánicas y de filtración del hormigón poroso al modificar la relación agua/cemento

Molina Andrade Marco Antonio ¹  Reyes Novillo José David ¹  Naspud Uruchima Pilar Roxana ¹ 
Paúl Illescas-Cárdenas ¹ 

¹ Universidad Católica de Cuenca Campus Azogues, Unidad Académica de Ingeniería, Industria y Construcción, Facultad de Ingeniería Civil

✉ Correspondencia: jose.reyes@est.ucacue.edu.ec ☎ + 593 999 007 636

DOI/URL: <https://doi.org/10.53313/gwj71107>

Resumen: El hormigón poroso surge como una solución innovadora para los problemas de acumulación de aguas en las calzadas, causantes de problemas sanitarios y estéticos. A diferencia de los métodos tradicionales de drenaje, el hormigón poroso ofrece ventajas significativas en términos de salubridad y durabilidad del pavimento. Sin embargo, su aplicación adecuada en Ecuador se ve limitada por la falta de investigación en el país. Este estudio analiza la influencia de la relación agua/cemento (a/c) en las propiedades mecánicas e hidráulicas del hormigón poroso, utilizando la metodología del reporte ACI 522 R-10. Se concluye que relaciones a/c elevadas favorecen la resistencia del hormigón, aumentando la densidad de los cilindros, mientras que una menor porosidad y contenido de pasta se relacionan con tasas de infiltración más altas. Se determina que una relación a/c de 0.42 equilibra estas características, proporcionando un punto de referencia para la dosificación del hormigón poroso. Este estudio destaca la importancia de entender y controlar la relación a/c en la producción de hormigón poroso para optimizar sus propiedades y aplicaciones.

Palabras claves: Compresión, hormigón poroso, permeabilidad, relación a/c, tracción indirecta.

Analysis of the mechanical and filtration properties of porous concrete by modifying the water/cement ratio

Abstract: Porous concrete emerges as an innovative solution to the problems of water accumulation in roadways, which cause sanitary and aesthetic problems. Unlike traditional drainage methods, porous concrete offers significant advantages in terms of pavement health and durability.

However, its proper application in Ecuador is limited by the lack of research in the country. This study analyzes the influence of the water/cement (w/c) ratio on the mechanical and hydraulic properties of porous concrete, using the methodology of the ACI 522 R-10 report. It is concluded that high w/c ratios favor concrete strength, increasing



Cita: Molina, M., Reyes, J., Naspud, P., & Illescas, P. (2024). Análisis de las propiedades mecánicas y de filtración del hormigón poroso al modificar la relación agua/cemento. *Green World Journal*, 7(1), 103. <https://doi.org/10.53313/gwj71107>

Received: 12/enero /2024
Accepted: 20/febrero /2024
Published: 13/marzo /2024

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.



© 2024 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>

cylinder density, while lower porosity and paste content are related to higher infiltration rates. A w/c ratio of 0.42 is determined to balance these characteristics, providing a benchmark for porous concrete batching. This study highlights the importance of understanding and controlling the w/c ratio in the production of aerated concrete to optimize its properties and applications.

Keywords: Compresión, hormigón poroso, permeabilidad, relación a/c, tracción indirecta.

1. Introducción

La actividad humana y el consecuente cambio climático ha desencadenado grandes inconvenientes ambientales, sobre todo en las épocas de lluvias, afectando a las estructuras, el ambiente y la población. El escurrimiento superficial generado por la topografía irregular, además de perjudicar a la comodidad de los transeúntes, ocasiona un retardo en la capacidad de recarga en los acuíferos y maximiza las posibilidades de inundaciones en las zonas urbanas. Adicionalmente, debido a la fuerza de arrastre, conduce materiales contaminantes depositándolos en las calles y zonas de parqueo de vehículos (Ximenes et al., 2022).

En este contexto, en busca de minimizar los daños originados por las escorrentías, se desarrollan nuevas tecnologías, entre ellas la implementación de capas de rodadura que permitan el paso del agua a través de su estructura, caracterizadas por permitir infiltración de las aguas pluviales (Ximenes et al., 2022). Entre las principales actividades en las cuales se pudiese emplear el hormigón poroso se encuentran las siguientes: Vías de tráfico liviano, zonas de parqueo, espacios deportivos entre otros (Ligia M. Velez, 2010).

Históricamente los datos bibliográficos registran el origen del concepto de hormigón poroso en Estados Unidos alrededor de los años 70 (Cervantes, 2020). La estructura de este hormigón se basa en un material con gran contenido de vacíos, conformado principalmente por grava cubierta de una delgada capa de pasta de cemento. Su configuración permite el paso del agua regresándola al suelo, procedimiento que no puede realizarse en la estructura de un hormigón convencional (Miralles, 2016).

Los materiales presentes en el diseño del hormigón poroso engloban tanto el cemento, el agua, aditivo y áridos con granulometrías señaladas por la norma (ASTM C33/C33M, 2018). De acuerdo con el (ACI 522R-10, 2010), guía empleada para el diseño de las mezclas, el contenido de vacíos oscila entre 18 a 35%. Es importante destacar, que un mayor contenido de poros representará bajas capacidades de carga, sin embargo, la velocidad de infiltración del agua será mayor (Cervantes, 2020).

La transmisión de cargas, en un hormigón poroso, u hormigón con escasa cantidad de áridos finos, se desarrolla de forma heterogénea, de acuerdo con los puntos de contacto entre las gravas, lo que en consecuencia ocasiona una distribución aleatoria de cargas (Cabello Sequera et al., 2015). Por ello, se puede afirmar que, una granulometría con altos porcentajes de partículas pasantes del tamiz N°4 brindará mayores resistencias, ya que el contacto entre partículas será mayor.

Los resultados de resistencia y permeabilidad de este tipo de hormigón varían en función de los materiales y proporciones consideradas, sin embargo, se han registrado rangos de parámetros, que permiten caracterizar un hormigón poroso. De esta manera, los autores (Leon & Rosero, 2016) consideran el peso unitario del hormigón poroso como una propiedad adicional, determinando valores que oscilan entre 1660 a 2000 kg/m³, adicionalmente, establecen rangos a compresión entre 2.8 a 28 MPa, mientras que, de acuerdo con (Tennis et al., 2004) el esfuerzo a flexión se encuentra entre 1 y 3.8 MPa.

Con respecto a la relación a/c, se recomienda en el informe (ACI 522R-10, 2010) que su valor se mantenga entre 0.26 y 0.40 con el fin de obtener resultados favorecedores de resistencia y permeabilidad. De esta manera, es importante determinar su influencia en la dosificación de mezclas. Por ejemplo, diversas investigaciones demuestran que la relación a/c no mantiene una misma correlación respecto al hormigón convencional, generando así una mayor resistencia con elevadas relaciones a/c, sin embargo, al realizar pruebas de permeabilidad una relación a/c baja alcanza mejores resultados (Spalvier et al., 2021). Por otro lado, el autor (Castro et al., 2009) identificó un particular comportamiento de la pasta del hormigón respecto a la relación a/c. Concluye que, valores elevados (0.41-0.44) generan escurrimiento de la pasta depositándose en el fondo de los moldes cilíndricos, por lo tanto, obstruye o tapona los poros de la muestra y afecta la permeabilidad. Además, reducir la relación a/c (<0.38) crea una distribución homogénea de pasta con resultados estables en sus pruebas mecánicas, aunque las resistencias son bajas y generan el desprendimiento de los áridos. No obstante, la tesis de pregrado elaborada por (León and Rosero 2016), registró una resistencia a compresión de 24.59 MPa y permeabilidad de 1.88mm/seg, empleando en el diseño el valor de relación a/c igual a 0.55 y gravas de un solo tamaño nominal (retenidas por el tamiz N°4). Por lo antes mencionado, el factor a/c es determinante en la trabajabilidad, resistencia y permeabilidad del concreto poroso.

La presente investigación pretende determinar la incidencia de la relación a/c en la resistencia a compresión, tracción indirecta y permeabilidad de especímenes cilíndricos de hormigón poroso fabricados con materiales de la zona austral de Ecuador. Se diseñan y fabrican tres tipos de mezclas con valores de a/c: 0.26, 0.34 y 0.42, estos valores fueron seleccionados en base al rango de relación a/c recomendado por el (ACI 522R-10, 2010). El árido cumple con los términos señalados por la normativa (ASTM C33/C33M, 2018) para árido N°8. En total se ensayaron 180 cilindros.

2. Materiales y métodos

El hormigón poroso caracterizado principalmente por la escasa cantidad de materiales finos, de acuerdo con la necesidad que se pretenda solventar, debe ser regulado tanto para tener una permeabilidad aceptable, de acuerdo con el rango establecido por el (ACI 522R-10, 2010) de 0,14 a 1,22 cm/s, como una resistencia adecuada. Por lo antes expuesto, las granulometrías para los especímenes a ser ensayados poseen gravas retenidas por los tamices: 3/8, N°4 y N°8, de acuerdo con la clasificación que se encuentra en la norma (ASTM C33/C33M, 2018), ya sea como agregado N°8 o N°67.

2.1 Materiales empleados en el diseño del hormigón poroso

Los cilindros de hormigón poroso se elaboraron a partir de una serie de materiales con propiedades y características específicas, que cumplen ciertos criterios de diseño, estos elementos son: áridos gruesos provenientes de la cantera Rookaazul CIA Ltda (agregado triturado), cemento Atenas tipo GU, el cual funciona como un conglomerante que otorga cohesión; el agua, que aporta consistencia y trabajabilidad a la mezcla. Además, de la incorporación del aditivo superplastificante MasterGlenium® 7952.

2.2 Agregados en el hormigón

2.2.1 Granulometría

Los áridos que se usaron en la dosificación de la mezcla fueron partículas de tamaños: 9.53mm (retenidas en el tamiz 3/8), 4.76mm (retenidos en el tamiz N°4) y partículas de 2.38mm (retenidos en el tamiz N°8). Su distribución granulométrica, según la norma (ASTM C136-05, 2011) se presenta en la Figura 1. Es necesario aclarar que la granulometría debe cumplir los límites de clasificación según la norma (ASTM C33/C33M, 2018).

2.2.2 Gravedad específica y Absorción.

Conocer la gravedad específica del árido es fundamental para la dosificación del hormigón, debido a que afecta en las proporciones del agregado, el peso del hormigón y sus resistencias. La gravedad específica se determinó mediante el procedimiento prescrito en la norma (ASTM C127, 2015). Su valor de gravedad específica es 2.63.

Otra característica esencial en la composición del hormigón poroso es determinar la absorción del árido, dado a su influencia en la relación a/c y contenido de agua. La absorción fue calculada a través de la norma (ASTM C127, 2015), el valor obtenido es de 1.87%.

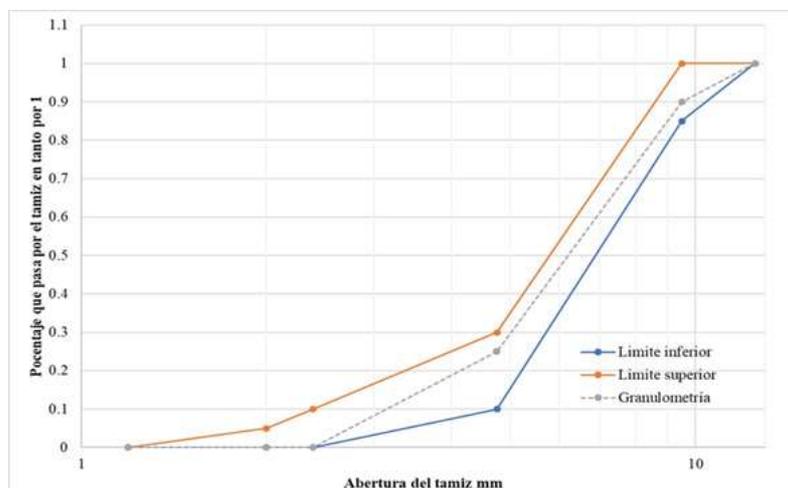


Figura 1 Curva granulométrica

2.2.3 Masa unitaria compactada.

La masa unitaria compactada del material, en otras palabras, la densidad del árido permite conocer características como la proporción del agregado y el volumen ocupado. Para determinar la masa unitaria se utilizó la norma (ASTM C29/29M, 2016), el resultado obtenido de este ensayo fue de: 1377.40 kg/m³.

2.2.4 Abrasión

Esta propiedad considera el desgaste del árido causado por fricción, determinar la abrasión del árido permite garantizar un hormigón poroso con buena resistencia, durabilidad y sobre todo basar el diseño en un control de calidad adecuado para su producción. Para su cálculo, se utilizó la norma (ASTM C131, 2010), el resultado del ensayo empleando el método B, con 11 esferas metálicas fue de 17.86%.

2.3 Cemento.

El Cemento empleado Atenas tipo GU (uso general) se encuentra proporcionado por la empresa Graitman, se trata de un material de composición inorgánica, el endurecimiento y la resistencia de este se debe a procesos de hidratación de silicatos de calcio además de otros componentes químicos (Labanda & Columba, 2020).

El cemento Portland se considera como uno de los productos con mayor utilización en la industria del concreto gracias a sus grandes ventajas mecánicas una vez ha alcanzado el estado endurecido. Al mezclarlo con agua inicia su proceso de hidratación la cual se debe a la reacción de sus componentes generando una pasta que permitirá darle cohesión a las partículas que conforman el concreto.

2.3.1 Ensayo de densidad del Cemento

La densidad del cemento es una propiedad empleada en el diseño de mezclas de hormigón, fue establecido mediante la normativa (ASTM C188, 2009), el valor obtenido fue de 2.89 g/cm³. La densidad promedio realizada en laboratorio se aproxima al valor sugerido por la ficha técnica del cemento Atenas.

2.4 Agua

El control de la cantidad del agua es una actividad fundamental en el diseño de hormigones ya que de esta depende varias propiedades del hormigón, como la trabajabilidad, asentamiento e hidratación del cemento, se encuentra representada en la relación a/c.

2.5 Aditivo

Los aditivos son componentes de una mezcla de hormigón que se emplean antes, durante y después del proceso de mezclado, su principal función es mejorar las propiedades ya sea de trabajabilidad, consistencia o desarrollo de la resistencia final del hormigón (León and Rosero 2016).

2.5.1 Aditivo MasterGlenium® 7952

El aditivo empleado en esta investigación fue el “aditivo MasterGlenium® 7952” se define como un reductor de agua de alto rango de nueva generación su funcionamiento se basa en tecnología de policarboxilatos, la dosificación sugerida en las recomendaciones del fabricante es de 0.2% a 1.2% del peso del cemento.

Entre sus beneficios se menciona una trabajabilidad adecuada con bajos niveles de agua, producción de mezclas de concreto cohesivas y sin segregación (Master Builders, 2021). Se encuentra normado bajo las condiciones de la (ASTM C494/C 494M, 2019) empleado para aditivos tipo A, reductores de agua y tipo F, aditivos reductores de agua de alto rango.

2.6 Metodología

El hormigón poroso caracterizado principalmente por la escasa cantidad de materiales finos, de acuerdo con la necesidad que se pretenda solventar, debe ser regulado tanto para tener una permeabilidad aceptable, de acuerdo con el rango establecido por el (ACI 522R-10, 2010) de 0,14 a 1,22 cm/s, como una resistencia adecuada. Por lo antes expuesto, las granulometrías para los especímenes a ser ensayados poseen gravas retenidas por los tamices: 3/8, N°4 y N°8, de acuerdo con la clasificación que se encuentra en la norma (ASTM C33/C33M, 2018), ya sea como agregado N°8 o N°67.

Previo al diseño, es necesario conocer las características de los agregados, por lo que se realizó ensayos de gravedad específica, pesos volumétricos, granulometrías, abrasión y absorción, presentados en la sección anterior. La dosificación de aditivo seleccionada es de 0.3% de la masa total del cemento, todos los ensayos se realizaron en el Laboratorio de Materiales de Construcción y Mecánica de Suelos de la Universidad Católica de Cuenca campus Azogues.

El método de compactación empleado fue sugerido por los autores (León & Rosero, 2016), y consiste en dosificar en tres capas, en cada una de ellas realizar 25 penetraciones de varilla normalizada (varilla de 30.5 cm de longitud y un diámetro de 9.5mm con punta redondeada), y 15 golpes externos con un mazo de hule, la metodología mencionada anteriormente generó los mejores resultados en ensayos realizados con anterioridad. Si bien se mantendrá constante la granulometría, aditivo y metodología de compactación, se realizarán variaciones en la relación agua/cemento (0.26, 0.34, 0.42). En la Tabla 1 se aprecia las dosificaciones realizadas en el presente estudio, los valores de agua y cemento varían de acuerdo con las ecuaciones (1) y (2) del informe (ACI 522R-10, 2010).

$$c = [(V_p / (1/d_c + w/cm))] \times d_a \quad (1)$$

$$w = c * (w/cm) \quad (2)$$

Donde:

c= cantidad de cemento

w= cantidad de agua

V_p= cantidad de pasta

d_c= densidad de concreto

w/cm= relación agua/cemento

d_a= densidad del agua

Tabla 1 Dosificaciones

a/c	0,26	0,34	0,42
<i>Cemento (kg)</i>	20,26	17,89	16,02
<i>Agua (kg)</i>	5,27	6,08	6,73
<i>Agregado (kg)</i>	76,69	76,69	76,69
<i>Aditivo (kg)</i>	0,06	0,05	0,05

Una vez que se haya dosificado los componentes del hormigón, se obtienen muestras cilíndricas, las cuales serán sujetas a ensayos de compresión, tracción indirecta y permeabilidad. El proceso se detalla a continuación:

2.6.1 Ensayos a compresión



Figura 2 Ensayo a compresión

El ensayo de compresión del hormigón implica, someter la muestra a una carga axial progresiva hasta producir falla o un patrón de fractura bien definido. El ensayo a compresión se considera como una prueba fundamental en la evaluación de la calidad de la muestra, su alta porosidad reduce el contacto entre partículas por lo que respecto al hormigón convencional su resistencia es inferior (Cardona, 2017). El desarrollo del ensayo se basó en la norma (NTE INEN 1573, 2010). Para el presente estudio, las dimensiones de los cilindros son de 100mm por 200mm y se emplearon neoprenos en los extremos de las muestras, los ensayos se realizan en 6 diferentes edades: 3, 7, 14, 21, 28 y 45 días para así apreciar su crecimiento respecto al tiempo.

2.6.2 Ensayos a tracción



Figura 3 Ensayo a tracción indirecta

Esta prueba se basa en emplear una fuerza de compresión diametral en la longitud del espécimen manteniendo una velocidad dentro del rango normado hasta generar la falla, los esfuerzos generados son de tracción sobre el plano que contiene las cargas aplicadas y esfuerzos de compresión de gran magnitud en la zona cercana a la carga. Es importante calcular su resistencia a fuerzas de tracción para diseñar de manera segura los pavimentos u otras estructuras que requieran su aplicación.

El ensayo de resistencia a tracción se evalúa en base a la normativa (ASTM C496/496M, 2011). Del mismo modo, las pruebas se realizan en 6 diferentes edades: 3, 7, 14, 21, 28 y 45 días para así apreciar su crecimiento respecto al tiempo. De acuerdo con el manual "Diseño y control de mezclas de concreto" (Kosmatka et al., 2004) en el capítulo I se establece una relación entre la resistencia a la tracción de hormigón convencional frente a la compresión de este, la cual bordea un rango de valores entre 8% a 12%. No existe al momento una normativa validada y centrada en hormigón poroso, no obstante, para el pertinente ensayo se realizará bajo las especificaciones de un hormigón convencional.

2.6.3 Ensayo de permeabilidad



Figura 4 Ensayo de permeabilidad

Conocida como la factibilidad que posee un material para admitir el paso de un líquido por su estructura. El hormigón poroso posee esta propiedad como una de sus principales características, debido a la conexión interna de sus poros, se recomienda un aproximado de 15% como mínima cantidad de vacíos para lograr una filtración significativa (ACI 522R-10, 2010), sin embargo, al aumentar los vacíos la resistencia del hormigón a la compresión se ve reducida. Para la dosificación de las muestras de hormigón poroso del presente estudio se considera un porcentaje de vacíos del 20%.

2.6.4 Muestreo y validación de datos

Se elaboró un total de 180 cilindros la selección de la muestra se basa en el método no probabilístico, de los cuales, 90 se ensayaron a compresión y 54 cilindros a tracción indirecta, para estas pruebas se emplearon muestras de 200 x100 mm, mientras que para permeabilidad se emplearon un total de 36 probetas de 150 x 100 mm.

Para las pruebas mecánicas, se consideran como datos válidos aquellos datos que su resistencia no difiera en más de 10.6% de acuerdo con la recomendación emitida por la normativa (NTE INEN 1573, 2010). En las pruebas de permeabilidad se tomarán tres lecturas por cada cilindro, una vez obtenidos los tres tiempos se realizará un promedio antes de obtener el coeficiente de conductividad hidráulica.

3. Resultados

Mediante un análisis de 180 muestras ensayadas, se ha logrado obtener una visión integral de los fenómenos estudiados. Los resultados presentan deducciones y hallazgos significativos para una mayor comprensión y conocimiento de la incidencia del parámetro a/c en el comportamiento del hormigón poroso tanto a pruebas mecánicas como de permeabilidad. A continuación, se muestra los datos obtenidos y se discutirán sus implicaciones:

3.1 Comportamiento de la pasta.

Luego de realizar todas las dosificaciones se puede comprobar las afirmaciones realizadas por los autores en las secciones anteriores, si bien el comportamiento mecánico de los especímenes de mayor relación a/c presenta mejores resultados, el comportamiento de la pasta es desfavorable ya que tiende a acumularse en el inferior de los moldes como se aprecia en la Figura 5. En los apartados posteriores se visualiza la influencia de la pasta de cemento en los demás ensayos tanto mecánicos como de infiltración.

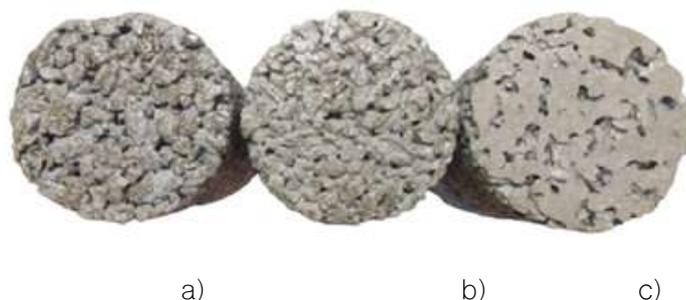


Figura 5 Comportamiento de la pasta de cemento: a) a/c 0.26. b) a/c 0.34. c) a/c 0.42

Una prueba para conocer la trabajabilidad de la mezcla consiste en la elaboración de una esfera de material en la mano inmediatamente salida la mezcla de la concretera. La relación a/c=0.26

permite la formación de la esfera y su apariencia es opaca y seca. Por otro lado, la dosificación con $a/c=0.34$ mantiene ciertas partículas juntas, mas no se forma una esfera completa. En cambio, con $a/c=0.42$ no es posible darle la forma deseada debido a la pasta líquida obtenida. Por lo tanto, al aumentar la relación a/c , la formación de dicha esfera se dificulta, haciendo que la misma se deshaga inmediatamente. En la Figura 6 se presenta el resultado de cada dosificación ante esta prueba.



Figura 6 Creación de la esfera de hormigón en estado fresco: (a) relación $a/c=0.26$, (b) relación $a/c=0.34$, (c) relación $a/c=0.42$.

La densidad del hormigón se determinó mediante la normativa ASTM C138, la cual varía ya sea por la cantidad, densidad relativa y tamaño máximo de los agregados, los espacios vacíos (porosidad) así como también por la relación a/c (Vallejo & Amaguaya, 2016). Este cambio se debe a que un alto contenido de pasta ingresa con facilidad entre los poros de los cilindros, por lo que, la masa del testigo aumenta, manteniendo un mismo volumen como se aprecia en la Tabla 2. Debido al aumento en la densidad por la presencia de mayor cantidad de pasta, se esperan mejores resultados en las pruebas mecánicas.

Tabla 2 Densidad promedio según la relación a/c

Relación a/c	0.26	0.34	0.42
Densidad del hormigón poroso (kg/m^3)	1791.15	1860.41	1929.96

3.2 Resistencia a la compresión

Los resultados revelan que la capacidad de carga de las muestras varía notablemente según se altere la relación a/c en el diseño. La principal peculiaridad fue observar un comportamiento inverso en cuanto a la relación a/c y su efecto en la resistencia en un hormigón tradicional. El concreto poroso indica que, a mayor relación a/c su capacidad de carga aumenta. Se identificó que la relación a/c de 0.42 proporciona el valor más alto en los especímenes analizados, siendo de 15.88 MPa. Los resultados alcanzados en esta prueba se resumen en la Figura 7, adicionalmente en la Tabla 3 se presenta los valores de carga obtenidos en cada día de ensayo.

En primera instancia, para la resistencia máxima que alcanza las muestras de hormigón (100%) se toma como referencia los resultados alcanzados a los 28 días, teniendo como fundamento el comportamiento de un hormigón tradicional. Cabe recalcar que, a los 45 días, a pesar de transcurrir

un periodo de tiempo considerable, se observa un crecimiento mínimo en la curva de resistencia, lo cual corrobora el planteamiento anterior.

De la misma manera, se observa que, el mayor crecimiento se genera en los primeros tres días, en los cuales la resistencia obtenida por las muestras alcanza un valor cercano al 50%, el cual es superior al valor obtenido en hormigones convencionales que se establece en un 40% de acuerdo con (Manuel Valcuende Payá et al., 2011) Los porcentajes para los demás días de ensayo fueron resumidos y se presentan en la Tabla 3.

Tabla 3 Resultados alcanzados en el ensayo a compresión

Días	Relación a/c 0.26		Relación a/c 0.34		Relación a/c 0.42	
	Compresión	Crecimiento porcentual	Compresión	Crecimiento porcentual	Compresión	Crecimiento porcentual
3	4.74	51.25%	5.71	46.44%	9.21	59.81%
7	6.43	69.57%	7.35	59.72%	10.51	68.30%
14	7.22	78.05%	9.88	80.31%	12.14	78.89%
21	8.23	89.02%	11.42	92.83%	14.31	92.96%
28	9.25	100.00%	12.31	100.00%	15.39	100.00%
45	9.76	105.50%	12.88	104.66%	15.88	103.18%

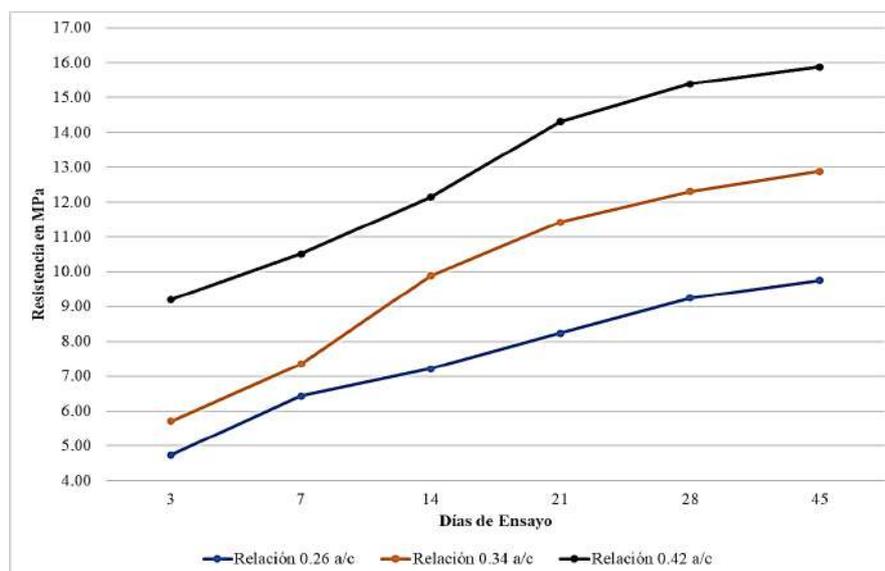


Figura 7 Variación en la resistencia a compresión según los días de ensayo

3.3 Resistencia a la tracción indirecta.

En esta prueba de carga, se conoce como premisa que la resistencia a tracción de los cilindros resulta ser proporcional a la resistencia a compresión axial. Por lo tanto, se determinó que al emplear una relación a/c=0.42 genera el valor máximo en ambas pruebas mecánicas. El mayor valor alcanzado en pruebas a tracción fue de 2.20MPa, las curvas de crecimiento se presentan en la Figura 8 mientras que los valores alcanzados y su crecimiento porcentual se aprecian en la Tabla 4.

Tabla 4 Resultados alcanzados en el ensayo a tracción indirecta

Días	a/c 0.26		a/c 0.34		a/c 0.42	
	Tracción	Crecimiento Porcentual	Tracción	Crecimiento Porcentual	Tracción	Crecimiento Porcentual
3	0.92	51.60%	1.08	55.15%	1.53	71.41%
7	1.17	65.55%	1.33	67.53%	1.70	79.37%
14	1.30	73.07%	1.46	74.34%	1.84	85.90%
21	1.51	84.65%	1.59	81.00%	2.04	95.11%
28	1.78	100.00%	1.97	100.00%	2.14	100.00%
45	1.81	101.46%	2.01	102.37%	2.20	102.54%

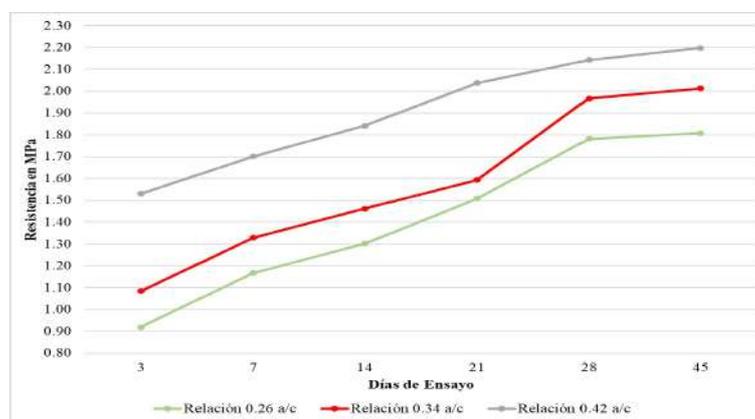


Figura 8 Variación en la resistencia a tracción directa según días de ensayo.

Al realizar un análisis comparativo de los resultados mecánicos, se puede afirmar que la resistencia a tracción abarca un intervalo del 13% al 19% del valor de la capacidad a compresión. La variación entre compresión y tracción se aprecia en la Tabla 5. Mientras que en la Figura 9, se presenta el conjunto de puntos obtenidos al graficar las resistencias alcanzadas en los ensayos con las tres relaciones a/c analizadas en el presente estudio.

Tabla 5 Relación porcentual entre tracción y compresión

Relación a/c	Resistencia a compresión (MPa)	Resistencia a tracción (MPa)	Porcentaje tracción / compresión
0.26	9.76	1.81	18.52%
0.34	12.88	2.01	15.63%
0.42	15.88	2.20	13.84%

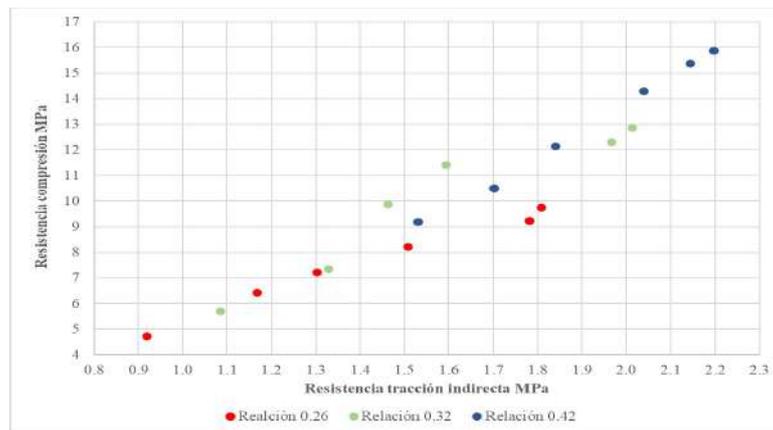


Figura 9 Relación entre tracción y compresión

3.4 Análisis de permeabilidad

Un hormigón poroso busca recuperar el agua proveniente de las lluvias generando una infiltración al subsuelo ya sea en zonas peatonales, parques, plazas o cualquier estructura en la que se pudiese aplicar este material. La infiltración favorece a la recarga de las aguas subterráneas, además de evitar la presencia de agua superficial y las posibles escorrentías o inundaciones (Marroquín & Trejo, 2019). La permeabilidad es la principal característica que diferencia al hormigón poroso de otros materiales, se encuentra afectada por el contenido de los vacíos de los cilindros (Díaz et al., 2020).

Previo al cálculo del coeficiente de conductividad hidráulica k , es necesario determinar la constante A , que depende de las medidas del permeámetro. Estos parámetros obedecen a la ley de Darcy y a la metodología presentada por (Cruz & Arana, 2021). Los valores de A y k , se determinan de acuerdo con (3) y (4):

$$A = L * \frac{A_1}{A_2} * \ln\left(\frac{h_1}{h_2}\right) \quad (3)$$

$$k = \frac{A}{t} \quad (4)$$

En estas ecuaciones la variable L , representa la longitud de la muestra de hormigón poroso (150mm), A_1 es el área del tubo acrílico del permeámetro (diámetro interno = 99.2 mm), A_2 es la sección de la muestra de hormigón poroso (diámetro = 100mm), h_1 y h_2 son las alturas de inicio y fin de la carga de agua respectivamente (300 mm a 10 mm), finalmente t , será el tiempo que le tome al agua atravesar esta altura. En este caso, la constante $A=502.05\text{mm}$. Para obtener el coeficiente hidráulico de permeabilidad se deberá dividir dicho coeficiente para el tiempo de duración del ensayo (tiempo promedio de 3 ensayos realizados).

La velocidad de infiltración dependerá tanto del tamaño de los áridos empleados en el diseño y la densidad de la mezcla. La permeabilidad en las diferentes dosificaciones elaboradas en el presente estudio se muestra en la Tabla 6, la relación a/c de 0.26 resultó ser la relación con mejor permeabilidad superando en un 270% a la relación a/c de 0.42 y en 187% a la relación 0.34.

La velocidad de infiltración alta se debe a la facilidad de ingreso del agua en la estructura del espécimen, es necesario aclarar que la dosificación con a/c de 0.26 posee una reducida cantidad de pasta por lo cual los vacíos internos se podían conectar de manera más eficiente registrando así un valor máximo de coeficiente de conductividad hidráulica de 1.27 cm/s.

Tabla 6 Variación del coeficiente de conductividad hidráulica “k”

Relación a/c	Valor k (cm/s)	Variación porcentual
0.26	1.27	-
0.34	0.68	187%
0.42	0.47	270%

Al igual que el autor (Cardona, 2017), en el presente estudio se le atribuye la variación en la permeabilidad al porcentaje de vacíos del cilindro y la densidad del mismo, factores que varían según la relación agua/cemento, permitiendo establecer una relación inversamente proporcional entre estas dos variables como se aprecia en la Figura 10.

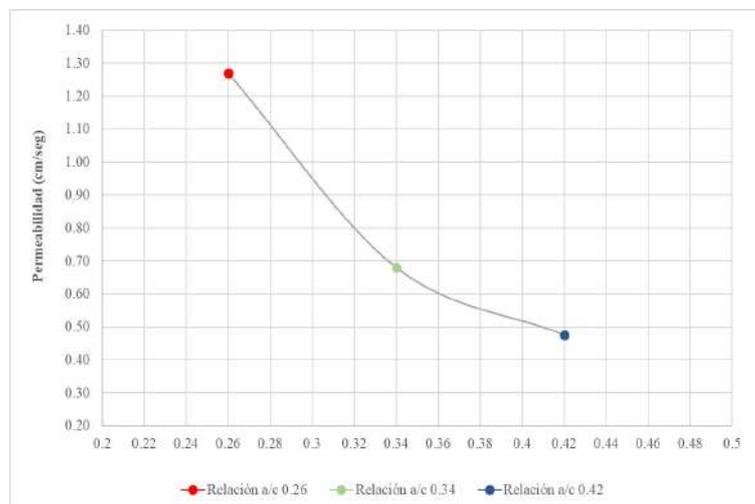


Figura 10 Variación entre la permeabilidad y la relación a/c

3.5 Comparativa de resultados con el informe ACI-522R-10

El informe sobre hormigón poroso reportado por el comité (ACI 522R-10, 2010), brinda datos técnicos relacionados con el uso de este material como mecanismos de diseño, elementos que lo conforman, características, pruebas e inspección. En el capítulo 5 del informe, se detallan las propiedades de este hormigón, las cuales dependen principalmente de su porosidad. Al evaluar la gráfica 5.2 titulada: “Relación entre el peso unitario y la resistencia a la compresión del hormigón permeable” mediante una línea de tendencia exponencial con un R2 de 0.90 es posible realizar una comparación entre los cilindros ensayados en el presente artículo y los cilindros reportados por el comité del ACI, alcanzando los resultados mostrados en la Tabla 7.

Tabla 7 Comparativa de resultados de ensayos mecánicos con el informe ACI-522R-10

a/c	Densidad del hormigón (kg/m3)	Resistencia a la compresión calculada (MPa)	Resistencia a la compresión ACI 522 (MPa)	Variación porcentual
0.26	1791.15	9.25	9.115	1.44%
0.34	1860.41	12.31	11.41	7.28%
0.42	1929.96	15.39	14.25	7.42%

En el resumen de resultados presentado en la Tabla 7, se puede apreciar que los cilindros con mayores densidades generan mejores resistencias, obteniendo los resultados más favorables con una relación a/c elevada tanto en el presente artículo como en las pruebas mecánicas desarrolladas por el ACI, la variación entre los resultados obtenidos es inferior al 8% por lo que es posible concluir que el comportamiento de las dos muestras es similar.

3.6 Tipos de falla

La normativa empleada para ensayos a compresión (NTE INEN 1573, 2010) establece en el anexo A, seis esquemas típicos de fractura para concreto convencional, sin embargo, se los toma como referencia para comparar con las fallas generadas en los especímenes de concreto como se aprecia en la Figura 11. Los ensayos se realizaron con ayuda de neoprenos y la ocurrencia de los diferentes tipos de fallas se encuentran registrados en la Figura 12.

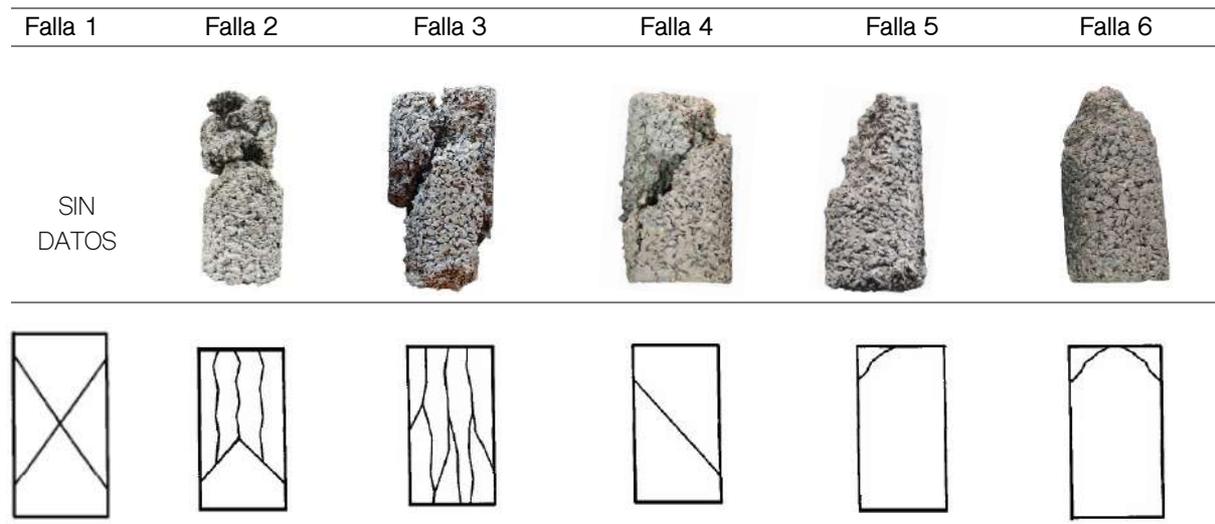


Figura 11 Esquemas de falla de cilindros a compresión

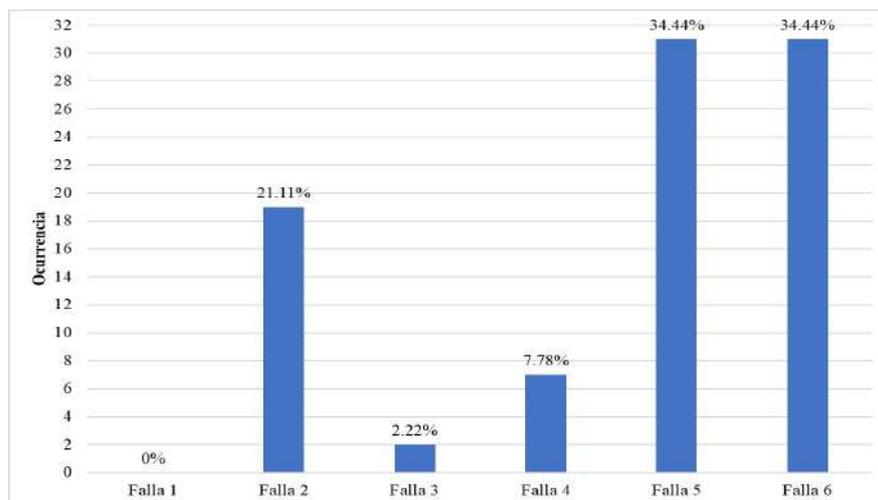


Figura 12 Porcentaje de ocurrencia de fallas a compresión

Se evidencia que los esquemas tipo 5 (34.44%) y tipo 6 (34.44%) son predominantes en el ensayo, en estas fallas se genera una fractura en los extremos superiores del cilindro, en un menor porcentaje (21.11%) se registran fallas tipo 2, caracterizadas por generar un cono en el cilindro

luego de su rotura. Respecto al ensayo a tracción indirecta los cilindros mostraron una falla en el eje longitudinal de la probeta en un 93.33% de los casos, mientras que en el 6.67% restante el espécimen se fracturó en 3 porciones como se observa en la Figura 13.

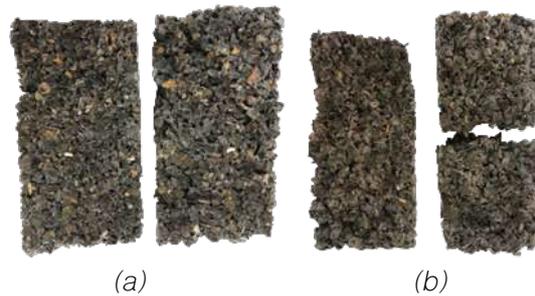


Figura 13 Falla a tracción indirecta: (a) 2 porciones longitudinales, (b) 3 porciones

4. Discusión

El comportamiento del hormigón permeable se manifestó de manera inversa al del hormigón convencional, de modo que relaciones a/c elevadas condujeron a mayores resistencias. De igual manera, se determinó que la resistencia es directamente proporcional a la densidad del cilindro, mientras que en la prueba de infiltración se esperaría lógicamente una mayor permeabilidad con una menor relación a/c. Al concluir el estudio, se llegó a un consenso general de que una relación de 0.42 proporciona un equilibrio adecuado entre las dos características analizadas. Considerando la posibilidad de investigaciones futuras sobre el tema, se acordó que sería recomendable variar la granulometría del árido y explorar diferentes valores para la relación a/c.

5. Conclusiones y comentarios

El hormigón poroso representa una alternativa viable para solucionar los problemas de manejo de aguas superficiales que afligen a las comunidades modernas, sin embargo, se requiere ampliar las investigaciones referentes a su diseño y aplicación, al finalizar el presente estudio experimental es posible llegar a las siguientes conclusiones:

1. Las propiedades mecánicas en el hormigón poroso varían principalmente por la densidad del cilindro (obteniendo mayores resistencias con muestras de densidades elevadas), los resultados más favorables fueron obtenidos con las muestras dosificados con la relación a/c de 0.42, los cuales registran una densidad de 1929.96 kg/m³; la resistencia obtenida a compresión es de 15.88 MPa, mientras que a tracción indirecta 2.2 MPa.
2. La curva de crecimiento a compresión de los cilindros ensayados muestra un mayor crecimiento en los 3 primeros días de curado, en los cuales se evidencia un aumento de aproximadamente el 50% con respecto a la resistencia máxima.
3. Al finalizar los ensayos mecánicos se determinó que la carga registrada en las pruebas de tracción indirecta corresponde a un rango de entre el 13% y 19% de la carga de compresión. Los patrones de falla representativos a compresión fueron debido a fracturas en los extremos superiores de los cilindros (fallas 5 y 6) mientras que a tracción indirecta predominó la falla en 2 porciones, en el eje longitudinal del cilindro.
4. Contrario a los resultados demostrados en las propiedades mecánicas, los valores de infiltración en el hormigón poroso exponen un comportamiento inverso, obteniendo mejores efectos al reducir la relación a/c a 0.26, consiguiendo así una permeabilidad de 1.27 cm/s. Las dosificaciones realizadas con una elevada relación a/c mostraron un notable

escurrimiento de la pasta al fondo del cilindro generando mezclas heterogéneas verticalmente, este escurrimiento ocasiona la obstrucción de los vacíos lo cual deriva en permeabilidades bajas.

5. Al realizar una comparación entre los cilindros ensayados por el ACI-552R-10 y los cilindros elaborados, empleando la gráfica 5.2 del informe, la menor diferencia se encuentra con la relación $a/c=0.26$, mientras que con $a/c=0.34$ y $a/c=0.42$ la variación es de aproximadamente el 7%. Por lo tanto, las densidades y resistencias a compresión estimadas en laboratorio generan resistencias similares a las obtenidos por el ACI.
6. Al finalizar el presente estudio, es posible mencionar que, la relación a/c que presenta un adecuado balance entre las propiedades estudiadas es 0.42, esta dosificación permite una infiltración favorable, además de poseer la mayor capacidad de carga de las dosificaciones analizadas, sin embargo, una vez culminada la revisión bibliográfica y el estudio experimental, es aconsejable emplear granulometrías con una mayor presencia de materiales finos, a fin de controlar el escurrimiento de la pasta y aumentar el contacto entre partículas.

Contribución de los autores: La aportación de los autores del presente artículo es un reflejo de una adecuada planificación y colaboración. Dos estudiantes (Marco Molina, David Reyes), quienes desempeñaron un papel fundamental en la ejecución de experimentos de laboratorio, planificación de actividades, gestión y uso de materiales, análisis de datos y redacción; demostrando un compromiso ético con cada etapa del proceso investigativo. Por otro lado, la contribución de los docentes (Ing. Pilar Naspud, Ing. Paul Illescas), se centró en la búsqueda bibliográfica, revisión y validación de datos, así como la rigurosa tarea de mejorar constantemente la redacción; aportando una perspectiva en base a la experiencia la cual fortaleció la calidad y credibilidad del trabajo. Así, esta sinergia entre estudiantes y docentes ha dado lugar a un artículo que combina la experiencia práctica con el conocimiento académico.

Financiamiento: Los autores financiaron a integridad el estudio.

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

6. Referencias

1. ACI 522R-10. (2010). Report on Pervious concrete ACI 522. American Concrete Institute.
2. ASTM C29/29M. (2016). ASTM C29/29M Standard Test Method for Bulk Density ("Unit Weight") and Voids in Aggregate.
3. ASTM C33/C33M. (2018). Standard Specification for Concrete Aggregates. American Society for Testing and Materials.
4. ASTM C127. (2015). Standard Test Method for Relative Density (Specific Gravity) and Absorption of Coarse Aggregate. American Society for Testing and Materials.
5. ASTM C131. (2010). Standard Test Method for Resistance to Degradation of Small-Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine. American Society for Testing and Materials.
6. ASTM C136-05. (2011). Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates. American Society for Testing and Materials.
7. ASTM C188. (2009). Standard Test Method for Density of Hydraulic Cement. American Society for Testing and Materials.
8. ASTM C494/C 494M. (2019). Standard Specification for Chemical Admixtures for Concrete. American Society for Testing and Materials.
9. ASTM C496/496M. (2011). Standard Test Method for Splitting Tensile Strength of Cylindrical Concrete Specimens. American Society for Testing and Materials.

10. Cabello Sequera, S., Campuzano Vera, L., Espinoza Correa, J., & Sánchez Mendieta, C. (2015). Concreto poroso: Constitución, Variables influyentes y protocolos para su caracterización. *Cumbres*, 64–69.
11. Cardona, H. A. (2017). Propiedades Mecánicas y de filtración en hormigones permeables con cemento portland e hidráulicos.
12. Castro, J., De Solminihac, H., Videla, C., & Fernández, B. (2009). Estudio de dosificaciones en laboratorio para pavimentos porosos de hormigón. In *Revista Ingeniería de Construcción* (Vol. 24, Issue 3). www.ing.puc.cl/ric
13. Cervantes, A. F. (2020). Estudio de factibilidad del concreto permeable y su posible aplicación en la ciudad de Barranquilla, Colombia. Universidad de la Costa.
14. Cruz, F. H., & Arana, C. F. (2021). Evaluación de la resistencia mecánica de un concreto permeable ordinario frente a concretos permeables elaborados con un aditivo superplastificante y relaciones a/c menores para uso en pavimentos urbanos; Arequipa-2021.
15. Díaz, A., Herrera, T., & Marrero Ignacio. (2020). Estudio de las características del hormigón permeable y su implementación en el Uruguay. Universidad de la república.
16. Kosmatka, S. H., Kerkhoff, B., & Panarese, W. C. (2004). *Diseño y control de mezclas de concreto* (Portland Cement Association, Ed.; 1. Edición).
17. Labanda, L. H., & Columba, E. S. (2020). Evaluación de la sensibilidad de los aditivos Sika, en hormigones y morteros producidos con cemento GU, LC3, LC2 y humo de sílice.
18. Leon, C. A., & Rosero, G. E. (2016). Optimización del diseño de una mezcla de hormigón permeable a partir de tres distintas graduaciones. Universidad Central del Ecuador.
19. Ligia M. Velez. (2010). Permeabilidad y porosidad del concreto. *Rev. Tecno Lógicas*, 25, 169–187.
20. Manuel Valcuende Payá, Empar Marco Serrano, Rafael Jardón Giner, & Alejandro Gil Andrés. (2011). Evolución de la resistencia del hormigón con la edad y la temperatura. Universidad Politécnica de Valencia.
21. Marroquín, M. B., & Trejo, J. Y. (2019). Diseño de hormigón permeable para el aprovechamiento de agua lluvia en superficies de uso peatonal. Universidad Central del Ecuador.
22. Master Builders. (2021). MasterGlenium 7952. www.master-builders-solutions.com/es-co
23. Miralles, R. X. (2016). Estudio de la influencia de la compactación en la permeabilidad y la resistencia a compresión de hormigones porosos. Universidad Politécnica de Cataluña.
24. NTE INEN 1573. (2010). Hormigón de cemento hidráulico, determinación de la resistencia a la ocmpresión de especímenes cilíndricos de hormigón de cemento hidráulico. Instituto Ecuatoriano de Normalización.
25. Spalvier, A., Díaz, A., Marrero, I., Baliosian, T., Pielarisi, R., & Segura, L. (2021). Recomendaciones sobre Pavimentos de Hormigón Permeable.
26. Tennis, P. D., Leming, M. L., & Akers, D. J. (2004). *Pervious Concrete Pavements*. www.nrmca.org
27. Toxement. (2020). Guía de especificación concreto poroso o concreto permeable.
28. Vallejo, M. A., & Amaguaya, V. J. (2016). Selección del material óptimo para el diseño de concreto permeable utilizando agregados de dos minas de la provincia de Chimborazo y el cemento Portland Tipo I, en relación a la obtención de mayor permeabilidad y resisitencia. Universidad Nacional de Chimborazo.
29. Ximenes, J., Jesus, C., Aguiar, J., & Pais, J. (2022). Diseño de mezclas y propiedades físicas y mecánicas de hormigones permeables. *Materiales de Construcción*, 72(348). <https://doi.org/10.3989/mc.2022.292722>



© 2024 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

RESEARCH ARTICLE

Estimación del volumen comercial de laurel (*Cordia alliodora Ruiz & Pav*) en árboles de regeneración en cultivos de Sucumbíos - Ecuador

Pablo Danilo Carrera Oscullo ^{1,2}   Manuel Cabrera Quezada ^{3,4} 

¹ Universidad Politécnica Estatal del Carchi, Posgrado, Av. Universitaria y Antisana, Tulcán – Carchi, Ecuador

² Escuela Superior Politécnica de Chimborazo – Sede Orellana, Research Group YASUNI-SDC, El Coca – Orellana, Ecuador

³ Universidad Estatal Amazónica – Sede Sucumbíos, Nueva Loja – Sucumbíos, Ecuador

⁴ Universidad de Pinar del Río, Pinar del Río, Cuba

 Correspondencia: pablo.carrera@upec.edu.ec  + 593 984522854

DOI/URL: <https://doi.org/10.53313/gwj71108>

Resumen: El laurel (*Cordia alliodora Ruiz & Pav*) es una especie arbórea maderable de excelentes propiedades y de crecimiento rápido, lo que lo hace ideal para la producción comercial. Sin embargo, los modelos de estimación del volumen de esta especie en la Amazonía ecuatoriana son limitados, por lo tanto, el objetivo de esta investigación fue establecer modelos para estimar el volumen comercial de árboles de regeneración de laurel en la provincia de Sucumbíos. Por medio del lenguaje de programación R, se evaluaron 15 modelos mediante un análisis de regresión, donde la variable independiente fue el volumen comercial (V_c) y las variables independientes fueron el diámetro a la altura de pecho (DAP), la altura comercial (h_c) y la densidad de la madera (d). La selección de los modelos se realizó analizando el coeficiente de determinación (R^2), la raíz del error cuadrático medio (RMSE) y el criterio de información de Akaike (AIC). Además, se examinó la significancia de los parámetros (β), la presencia de multicolinealidad y la verificación de los supuestos de normalidad, homocedasticidad e independencia. Después del análisis, se seleccionaron tres modelos, que tuvieron un R^2 mayor al 90 %. El mejor modelo fue $\ln(V_c) = \beta_0 + \beta_1 * \ln(DAP^2 * h_c)$; además, se observó que la inclusión de la densidad (d) en la variable independiente anterior no mejoró el ajuste. Por otro lado, el peor modelo fue $\ln(V_c) = \beta_0 + \beta_1 * \ln(DAP)$, el cual tiene la ventaja de sólo incluir el DAP en la variable independiente. Estos modelos permitirán estimar de manera indirecta y rápida el volumen comercial de árboles de laurel de regeneración, facilitando un aprovechamiento sostenible de estos recursos.

Palabras claves: Amazonía ecuatoriana, análisis de regresión, biomasa aérea, modelos alométricos, Lago Agrio, Shushufindi, volumen maderable



Cita: Carrera Oscullo, P. D., & Cabrera Quezada, M. (2024). Estimación del volumen comercial de laurel (*Cordia alliodora Ruiz & Pav*) en árboles de regeneración en cultivos de Sucumbíos – Ecuador. Green World Journal, 7(1), 108. <https://doi.org/10.53313/gwj71108>

Received: 14/Jan /2024

Accepted: 16/Mar /2024

Published: 22/Mar /2024

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.



© 2024 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>

Estimation of the commercial volume of laurel (*Cordia alliodora* Ruiz & Pav) in regeneration trees in crops in Sucumbíos - Ecuador

Abstract: Laurel (*Cordia alliodora* Ruiz & Pav) is a timber tree species with excellent properties and fast growth, which makes it ideal for commercial production. However, volume estimation models for this species in the Ecuadorian Amazon are limited, therefore, the objective of this research was to establish models to estimate the commercial volume of laurel regeneration trees in the province of Sucumbíos. Using the R programming language, 15 models were evaluated through a regression analysis, where the independent variable was commercial volume (V_c) and the independent variables were diameter at chest height (DBH), commercial height (h_c) and the density of the wood (d). The selection of the models was carried out by analyzing the coefficient of determination (R^2), the root mean square error (RMSE) and the Akaike information criterion (AIC). In addition, the significance of the parameters (β), the presence of multicollinearity and the verification of the assumptions of normality, homoscedasticity and independence were examined. After the analysis, three models were selected, which had an R^2 greater than 90 %. The best model was $\ln(V_c) = \beta_0 + \beta_1 * \ln(DBH^2 * h_c)$. Furthermore, it was observed that the inclusion of density (d) in the previous independent variable did not improve the fit. On the other hand, the worst model was $\ln(V_c) = \beta_0 + \beta_1 * \ln(DBH)$, which has the advantage of only including the DBH in the independent variable. These models will allow the commercial volume of regeneration laurel trees to be estimated indirectly and quickly, facilitating sustainable use of these resources.

Keywords: Ecuadorian Amazon, regression analysis, aboveground biomass, allometric models, Lago Agrio, Shushufindi, timber volume.

1. Introducción

La región Amazónica del Ecuador constituye el 45 % del territorio del país y destaca como uno de los ecosistemas más ricos de Sudamérica [1]. En esta región, el laurel (*Cordia alliodora* Ruiz & Pav) es una de las especies maderables más explotadas por sus excelentes propiedades, tales como su dureza, brillo, buenas condiciones de trabajabilidad y crecimiento rápido [2]. La edad de explotación del laurel es de 25 a 30 años, cuando los árboles alcanzan un diámetro de entre 40 y 50 cm [3].

Cabe destacar que el laurel se regenera abundantemente de manera natural, ya que sus semillas se dispersan ampliamente debido a su forma y peso; sin embargo, se teme una sobreexplotación de esta especie, lo que podría provocar una pérdida de la regeneración natural por la eliminación de los árboles semilleros [4]. Por consiguiente, es imperativo ejecutar acciones que permitan obtener beneficios de este recurso de una manera ordenada, evitando alterar su función ecológica. En este contexto, una característica de vital importancia en el manejo forestal sostenible es el volumen comercial maderable, ya que posibilita la planificación de prácticas silviculturales y permite conocer el valor de las cosechas [5,6].

La determinación del volumen comercial se realiza mediante técnicas tanto destructivas como no destructivas. En los métodos destructivos, se procede a la tala del árbol, seguido del corte del tronco en secciones de longitud predeterminada, y luego se calcula su volumen a partir de métodos geométricos como el de Smalian. Finalmente, se suman los volúmenes de cada sección para obtener el volumen total [7,8]. Por otra parte, los métodos no destructivos se usan cuando no se desea derribar los árboles y consisten en el uso de ecuaciones matemáticas conocidas como modelos alométricos, que relacionan las variables de difícil medición como el volumen o la biomasa, con variables fáciles de medir como el diámetro a la altura de pecho (DAP), la altura total (h_t), la altura comercial (h_c) y la densidad específica de la madera (d), lo que reduce el tiempo y el costo de la estimación [9,10].

Los modelos alométricos se usan para estimar el volumen de los árboles y son reconocidos por la Organización de las Naciones Unidas (ONU) como una herramienta útil en la implementación de mercados de créditos de carbono, la cual es una iniciativa para disminuir el impacto del cambio

climático [11]. Estos modelos se obtienen a partir de un análisis de regresión, donde la variable dependiente es el volumen, y las variables independientes suelen ser el diámetro a la altura de pecho (DAP) y la altura comercial (hc). Estas variables se obtienen de manera sencilla y se registran en los inventarios forestales [12,13]. Aunque estos modelos son extrapolables a ecosistemas con condiciones de crecimiento similares, su desarrollo es costoso, ya que implica el uso de métodos destructivos para determinar el volumen real de los árboles [14,15].

En Ecuador se han realizado varios estudios para obtener modelos alométricos. Por ejemplo, Cuenca *et al.* [16] elaboraron modelos para estimar la biomasa de varias especies en bosques de tierras bajas de la Amazonía ecuatoriana. Por otra parte, Lozano *et al.* [17] desarrollaron modelos de estimación de carbono en bosques montanos bajos del sur del país, mientras que Cañadas *et al.* [18] generaron modelos para estimar el volumen de laurel en sistemas agroforestales en el Bosque Protector Sumaco.

A pesar de los esfuerzos realizados, las investigaciones específicas para estimar el volumen comercial de árboles de laurel son escasas. En este contexto, el objetivo general de esta investigación es evaluar modelos de estimación del volumen comercial de árboles de regeneración de laurel en la provincia de Sucumbíos mediante un análisis estadístico. Los objetivos específicos son los siguientes: i) determinar las variables dasométricas de individuos “típicos” de laurel que se seleccionaron mediante un muestreo polietápico y ii) elegir el mejor modelo mediante un análisis de regresión. Se espera que los resultados de esta investigación faciliten una estimación rápida del volumen comercial de los árboles de regeneración de laurel, además que ofrezcan información crucial para la toma de decisiones que contribuyan a gestionar de manera sostenible estos recursos.

2. Materiales y métodos

2.1 Área de estudio

La investigación se realizó en los cantones Lago Agrio y Shushufindi, provincia de Sucumbíos, al norte de la región Amazónica del Ecuador (Figura 1) [19,20]. El cantón Lago Agrio tiene una extensión de 3151,26 km² y una altitud media de 300 msnm. De acuerdo al Censo de Población del año 2022, es el cantón más poblado de la Amazonía ecuatoriana con 105 044 habitantes [21]. La mayor parte del cantón Lago Agrio tiene un clima megatérmico lluvioso [22,23], con una temperatura media de 26,0 °C y una precipitación anual media de 3251 mm, siendo mayo y junio los meses con más lluvia, mientras que agosto y septiembre son los meses menos lluviosos [24,25]. El 61,52 % del cantón Lago Agrio tiene un relieve con pendientes suaves, especialmente en las parroquias Santa Cecilia, General Farfán y Nueva Loja; mientras que el 19,19 % se encuentra en pendientes abruptas, especialmente en la parroquia Pacayacu y Dureno [22].

Por otra parte, el cantón Shushufindi tiene una extensión de 2506,14 km² y una altitud media de 300 msnm [26]. Es el segundo cantón más poblado de la provincia de Sucumbíos con 50 826 habitantes [21]. Presenta un clima megatérmico lluvioso con una temperatura media de 24,5 °C y una precipitación anual media de 3529 mm [27]. La mayor parte del cantón Shushufindi se caracteriza por tener un relieve con pendientes débiles de 0 al 2 % de inclinación, y sólo en los sectores cercanos a la cabecera cantonal Shushufindi y a la parroquia de Pañacocha se encuentran pendientes ligeras con inclinaciones del 5 al 25 %. El 71,6 % de este cantón tiene suelos con textura franco-arenosa de pendientes suaves, lo cual favorece la realización de prácticas agrícolas [26].

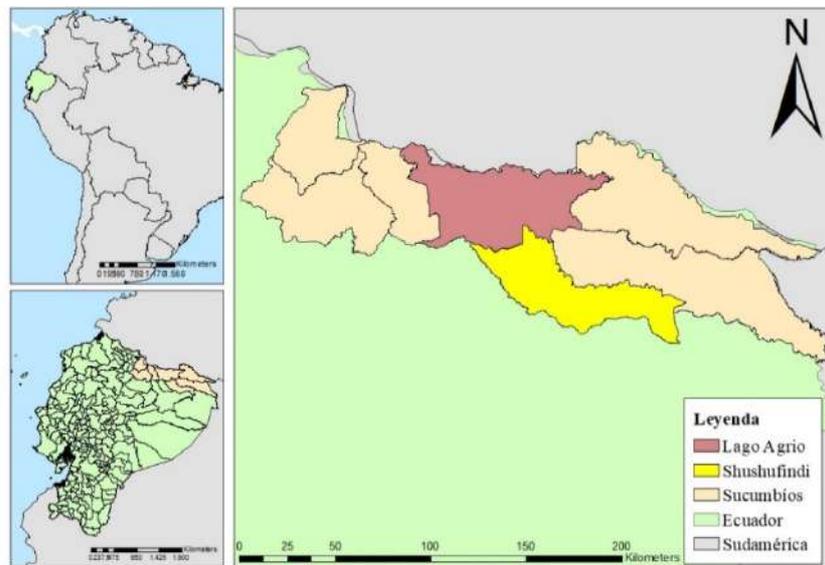


Figura 1. Ubicación de los cantones Lago Agrio y Shushufindi.

2.2 Métodos

La metodología utilizada en esta investigación responde a cada uno de los objetivos específicos. Primero se seleccionaron individuos típicos de laurel a través de un muestreo polietápico y se determinaron las variables dasométricas de los árboles seleccionados. Segundo, se eligió el mejor modelo de estimación del volumen comercial a través de un análisis de regresión.

2.2.1 Determinación de las variables dasométricas de individuos “típicos” de laurel que se seleccionaron mediante un muestreo polietápico

El estudio se realizó en cinco sitios con cultivos de regeneración de laurel, donde los propietarios manifestaron su disposición para participar en la investigación. Las coordenadas de los lugares se detallan en la Tabla 1. Cada lugar tenía un área de 40 a 50 hectáreas (ha). Para elegir los puntos de muestreo, se siguió la metodología descrita por Somarriba *et al.* [28], quienes realizaron un estudio en árboles de laurel de regeneración natural en Costa Rica. Con la asistencia del programa ArcGis, el mapa del área de cada sitio se dividió en parcelas de 100 m x 100 m (1 ha) y luego se realizó un muestreo aleatorio simple para seleccionar tres parcelas.

Tabla 1. Ubicación de los sitios de muestreo

Sitio	Cantón	Parroquia	Sector	Coordenadas	
				Latitud	Longitud
1	Lago Agrio	Nueva Loja	Recinto Unidos Venceremos	0,14274	- 76,94833
2	Lago Agrio	Nueva Loja	Colinas Amazónicas	0,11713	- 76,88902
3	Lago Agrio	10 de Agosto	Recinto Proyecto San Miguel	0,18139	- 76,85085
4	Shushufindi	7 de Julio	San Antonio	-0,12676	- 76,74319
5	Shushufindi	Shushufindi	La Primavera	-0,09699	- 76,64323

A continuación, en las parcelas seleccionadas se registraron todos los árboles “típicos” de laurel con un diámetro a la altura de pecho (DAP) mayor o igual a 20 cm y se elaboró un marco muestral. El término “típico” se refiere a los árboles que manifestaban características fenotípicas y de sanidad de la población muestreada [5,7], por lo que se escogieron individuos con un tronco recto y libre de enfermedades. Luego, a partir del marco muestral de cada sitio se realizó un muestreo aleatorio simple y se seleccionaron 10 árboles. Por lo tanto, en total se seleccionaron 50 árboles para la generación de los modelos alométricos.

En cada árbol en pie, se midió el diámetro a la altura de pecho (DAP) a una altura de 1,3 m del suelo con una cinta diamétrica. Seguidamente, se procedió a la tala del árbol, dejando un tocón de 20 cm. Sobre el árbol derribado se midió la altura comercial (h_c), desde la base del tronco hasta el inicio de las ramas (Figura 2). Luego, el tronco se dividió en secciones de 2,4 m de longitud, siendo la última sección de longitud variable (Figura 3) [4]. Después de esto, en cada sección se realizó la medición de los diámetros ubicados en cada extremo (d_i y d_{i+1}). A continuación, se determinó el volumen de cada sección con la fórmula de Smalian (ecuación 1) y el volumen comercial del tronco se obtuvo sumando los volúmenes de cada sección (ecuación 2) [4,5,29].

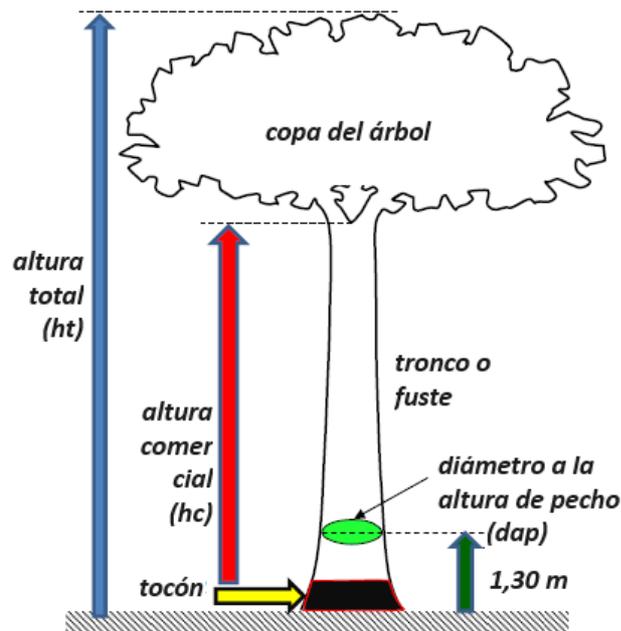


Figura 2. Partes de un árbol [30].

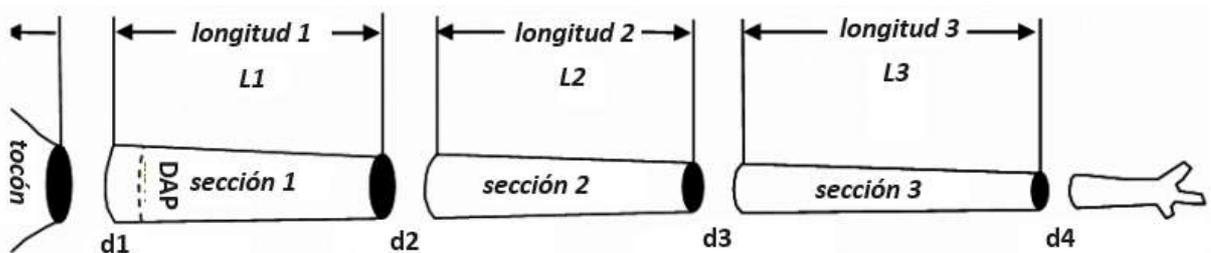


Figura 3. Corte del tronco en secciones de 2,4 m de longitud

$$V_i = \left(\frac{\pi}{4}\right) x \left(\frac{d_i^2 + d_{i+1}^2}{2}\right) x L_i \quad (\text{ecuación 1})$$

$$V = \sum_{i=1}^n V_i \quad (\text{ecuación 2})$$

Donde:

V_i = volumen de la i -ésima sección (m^3)

d_i = diámetro mayor de la i -ésima sección (m)

d_{i+1} = diámetro menor de la i -ésima sección (m)

L_i = longitud de la i -ésima sección (m)

n = número de secciones del tronco

V = volumen comercial del tronco (m^3)

Finalmente, usando un barreno de incremento, se extrajo una muestra del tronco de cada árbol a una altura de 1,1 m y se determinó su densidad en el laboratorio [16]. Para determinar el volumen, se sumergió la muestra en agua y se midió el desplazamiento del líquido; posteriormente, la masa se determinó después de secar la muestra a 60 °C hasta alcanzar un peso constante [15,31].

2.2.2 Elección del mejor modelo mediante un análisis de regresión

Para seleccionar el mejor modelo de estimación del volumen comercial de laurel, se realizó un análisis de regresión por el método de mínimos cuadrados, utilizando como variable dependiente el volumen comercial (V_c) y como variables independientes el diámetro a la altura de pecho (DAP), la altura comercial (hc) y la densidad de la madera (d). Se utilizó el lenguaje de programación R y el software RStudio versión 4.2.2 para evaluar 15 modelos que se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Modelos alométricos de estimación del volumen de especies arbóreas

Número	Modelo
1	$Vc = \beta_0 + \beta_1 * DAP$
2	$Vc = \beta_0 + \beta_1 * DAP^2$
3	$Vc = \beta_0 + \beta_1 * DAP + \beta_2 * DAP^2$
4	$\ln(Vc) = \beta_0 + \beta_1 * \ln(DAP)$
5	$Vc = \beta_0 + \beta_1 * DAP^2 * hc$
6	$\ln(Vc) = \beta_0 + \beta_1 * \ln(DAP) + \beta_2 * \ln(hc)$
7	$Vc = \beta_0 + \beta_1 * DAP^2 + \beta_2 * DAP * hc + \beta_3 * DAP^2 * hc$
8	$Vc = \beta_0 + \beta_1 * DAP^2 + \beta_2 * DAP^2 * hc + \beta_3 * hc$
9	$Vc = \beta_0 + \beta_1 * DAP^2 * hc + \beta_2 * DAP^2$
10	$\ln(Vc) = \beta_0 + \beta_1 * \ln(DAP) + \beta_2 * \ln(hc) + \beta_3 * \ln(d)$
11	$\ln(Vc) = \beta_0 + \beta_1 * \ln(DAP^2 * hc)$
12	$\ln(Vc) = \beta_0 + \beta_1 * \ln(DAP^2 * hc * d)$
13	$Vc = \beta_0 + \beta_1 * DAP + \beta_2 * hc$
14	$Vc = \beta_0 + \beta_1 * DAP + \beta_2 * \ln(hc)$
15	$Vc = \beta_0 + \beta_1 * DAP^2 + \beta_2 * hc$

Fuente: Ramírez et al. [33], Revilla et al. [4], Segura & Andrade [7], Telles et al. [5].

Donde:

Vc = volumen comercial del tronco (m^3).

DAP = diámetro a la altura de pecho medido a 1,3 m del suelo (m)

hc = altura comercial (m)

$\beta_0, \beta_1, \beta_2$ y β_3 = parámetros del modelo

En los modelos previos, se analizó la bondad de ajuste utilizando el coeficiente de determinación (R^2), la raíz del error cuadrático medio (RMSE) y el criterio de información de Akaike (AIC) [10]. Además, se analizó la significancia de los parámetros (β) del modelo mediante pruebas de hipótesis, la presencia de multicolinealidad a través del factor de inflación de varianza (VIF), y el cumplimiento de los supuestos de normalidad, homocedasticidad e independencia mediante las pruebas de Shapiro-Wilk, Breusch-Pagan, y Durbin-Watson, respectivamente [34]. El análisis estadístico se realizó a un nivel de confianza del 95 % ($\alpha = 0,05$).

El mejor modelo alométrico fue el que tuvo el valor más alto del R^2 , el valor más bajo de la RMSE y el valor más bajo del AIC [10,15]. Se descartaron los modelos que tuvieron algún parámetro (β) no significativo, los que presentaron multicolinealidad y los que no cumplieron los supuestos de la regresión [12,32].

Posteriormente, se realizó un análisis detallado de los modelos que no fueron descartados. Para ello se analizó la presencia de valores atípicos e influyentes, mediante la evaluación de los residuos estudentizados y las distancias de Cook, respectivamente [35]. Además, con base en las sugerencias de Piñeiro *et al.* [36] y Sileshi [35], se elaboraron diagramas de dispersión de los valores observados en el eje de las ordenadas (eje y) y de los valores predichos en el eje de las abscisas (eje x), con el objetivo de identificar posibles discrepancias entre los datos reales y las predicciones de los modelos. Luego, se realizó un análisis de regresión lineal de los valores observados versus los valores predichos y se probó si los interceptos eran iguales a cero y si las pendientes eran iguales a uno. En la Tabla 3 se presentan las funciones y librerías que se utilizaron en el lenguaje de programación R.

Tabla 3. Funciones y librerías de R utilizadas en el análisis de regresión

Prueba	Función	Librería
Coeficiente de determinación (R^2)	lm	
Raíz del error cuadrático medio (RMSE)	rmse	Metrics
Criterio de información de Akaike (AIC)	AIC	
Significancia de los parámetros (β)	lm	
Factor de inflación de varianza (VIF)	vif	car
Shapiro-Wilk	shapiro.test	
Breusch-Pagan	bptest	lmtest
Durbin-Watson	dwtest	lmtest
Residuos estudentizados	rstudent	
Distancias de Cook	cooks.distance	

A continuación, se proporciona una descripción breve de los criterios citados anteriormente, con el objetivo de facilitar la comprensión de los resultados.

El coeficiente de determinación (R^2) indica la proporción de la variabilidad de la variable dependiente que es explicada por el modelo; además, se utiliza para evaluar la bondad de ajuste, es decir, que tan próximos están los valores observados de la variable dependiente de los valores predichos por el modelo [37]. El R^2 puede tomar valores de cero a uno. Un valor cercano a uno señala que la mayoría de la variabilidad del modelo es explicada por las variables independientes, indicando así un ajuste adecuado. No obstante, es crucial destacar que el R^2 por sí solo, no proporciona información sobre la validez del modelo, por lo que es necesario analizar otros aspectos [38].

La raíz del error cuadrático medio (RMSE) proporciona una estimación de cuánto difieren los valores observados de la variable dependiente de los valores predichos por el modelo, por lo que mientras más bajo sea este indicador, mejor será la bondad de ajuste del modelo [39].

El criterio de información de Akaike (AIC) facilita la selección de modelos que tengan una buena bondad de ajuste con un número menor de parámetros, para evitar el sobreajuste. Esta medida es útil para comparar modelos estadísticos, favoreciendo al que tenga el valor más bajo de AIC, ya que eso indica un buen equilibrio entre ajuste y complejidad [34].

Los parámetros (β) del modelo son los coeficientes asociados con las variables independientes que se utilizan para predecir la variable de respuesta. La existencia de una relación significativa entre la variable dependiente y las variables independientes se determina mediante una prueba de hipótesis, donde la hipótesis nula plantea que los parámetros no son significativos ($\beta = 0$) [37]. En consecuencia, se busca rechazar la hipótesis nula para que los parámetros sean significativos, lo cual se logra cuando el valor p es menor al nivel de significancia (α) [38].

La multicolinealidad se presenta cuando dos o más variables independientes están altamente correlacionadas entre sí, lo que dificulta la interpretación de los coeficientes de la regresión al incrementar su varianza. Para identificar la presencia de multicolinealidad, se recurre al factor de inflación de varianza (VIF), el cual al superar el umbral de 5, señala la existencia de este fenómeno [35,40].

El supuesto de normalidad señala que los residuos (errores) de la regresión siguen una distribución en forma de campana simétrica. La elección de la prueba para verificar este supuesto depende del tamaño de la muestra. Se suele optar por la prueba de Shapiro-Wilk cuando existen hasta 50 observaciones, caso contrario se usa la prueba de Kolmogorov-Smirnov [41]. En ambos casos, la hipótesis nula plantea que los residuos se distribuyen de manera normal. Por ende, se busca no rechazar la hipótesis nula, lo cual se logra cuando el valor p es mayor al nivel de significancia (α). Adicionalmente, es común utilizar un gráfico de probabilidad normal, en el que la cercanía de los puntos a la diagonal, sugiere que los residuos siguen una distribución aproximadamente normal [42].

El supuesto de homocedasticidad en el análisis de regresión implica que la dispersión de los residuos se mantiene constante a lo largo de todos los valores de las variables independientes. Una prueba común para evaluar este supuesto es la prueba de Breusch-Pagan, donde la hipótesis nula plantea que la varianza de los residuos es constante [34]. Por ende, se busca no rechazar la hipótesis nula. Adicionalmente, se emplea frecuentemente un gráfico de residuos (eje y) versus valores predichos (eje x), donde la disposición aleatoria de los puntos dentro de una banda horizontal, sin formar una estructura de una corneta, sugiere el cumplimiento de este supuesto [10,42].

El supuesto de independencia en el análisis de regresión implica que los residuos no exhiben correlación entre sí. Una prueba frecuentemente utilizada para evaluar este supuesto es la prueba

de Durbin-Watson, en la cual la hipótesis nula establece que la correlación entre los residuos sucesivos es nula [34]. En consecuencia, se busca no rechazar la hipótesis nula. Además, se recurre comúnmente a un gráfico de residuos (eje y) versus orden de la corrida (eje x), donde la distribución aleatoria de los puntos, sin presentar ningún patrón, sugiere el cumplimiento de este supuesto [42].

Los residuos estudentizados evalúan la diferencia entre los valores observados y los valores predichos por el modelo de regresión. Su cálculo implica la normalización de los residuos no estandarizados mediante la división por la desviación estándar de los residuos. Además, en el denominador se incorpora un término que cuantifica la influencia de cada observación, lo que facilita la identificación de valores atípicos. Estos últimos, por encontrarse fuera del intervalo $[-2, 2]$, pueden ser discernidos de manera más simple [35,37].

Las distancias de Cook se utilizan para evaluar la influencia de cada observación en la estimación de los parámetros del modelo de regresión. Según algunos autores, cuando la distancia de Cook de una observación es superior a 1, dicha observación ejerce una influencia desproporcionada en la estimación de los parámetros y su exclusión puede tener un impacto significativo en los resultados [43].

3. Resultados y discusión

3.1 Determinación de las variables dasométricas de individuos "típicos" de laurel que se seleccionaron mediante un muestreo polietápico

Se seleccionaron 10 árboles en cada sitio de estudio, por lo que en total se escogieron 50 árboles. Esta elección se alinea con las recomendaciones de Forrester *et al.* [44] y Roxburgh *et al.* [14], quienes sugieren un mínimo de 50 individuos para el desarrollo de los modelos alométricos. En los árboles seleccionados se midieron las siguientes variables: diámetro a la altura de pecho (DAP), altura comercial (hc), densidad de la madera (d) y volumen comercial (Vc). A continuación, se presentan los resultados obtenidos.

El diámetro a la altura de pecho (DAP) tomó valores entre 0,22 y 0,52 m, con una media de 0,35 m y un coeficiente de variación de 21,51 %. El histograma del DAP (Figura 4) muestra una distribución sesgada a la derecha con forma de J invertida (muchos árboles pequeños y pocos árboles grandes), lo que es típico en poblaciones que se reproducen de manera exitosa en una región [28]. La altura comercial (hc) tomó valores entre 4,8 y 16,8 m, con una media de 11,3 m y un coeficiente de variación de 27,42 %. El histograma de la hc (Figura 4) muestra que los datos siguen una distribución aproximadamente normal.

La densidad de la madera (d) tomó valores entre 0,390 y 0,500 g/cm³, con una media de 0,460 g/cm³ y un coeficiente de variación de 5,38 %. El histograma de la d (Figura 4) muestra una distribución sesgada a la izquierda. Finalmente, el volumen comercial (Vc) tomó valores entre 0,18 y 2,60 m³, con una media de 0,93 m³ y un coeficiente de variación de 71,41 %, lo que indica una alta variabilidad. El histograma del Vc (Figura 4) muestra una distribución sesgada hacia la derecha.

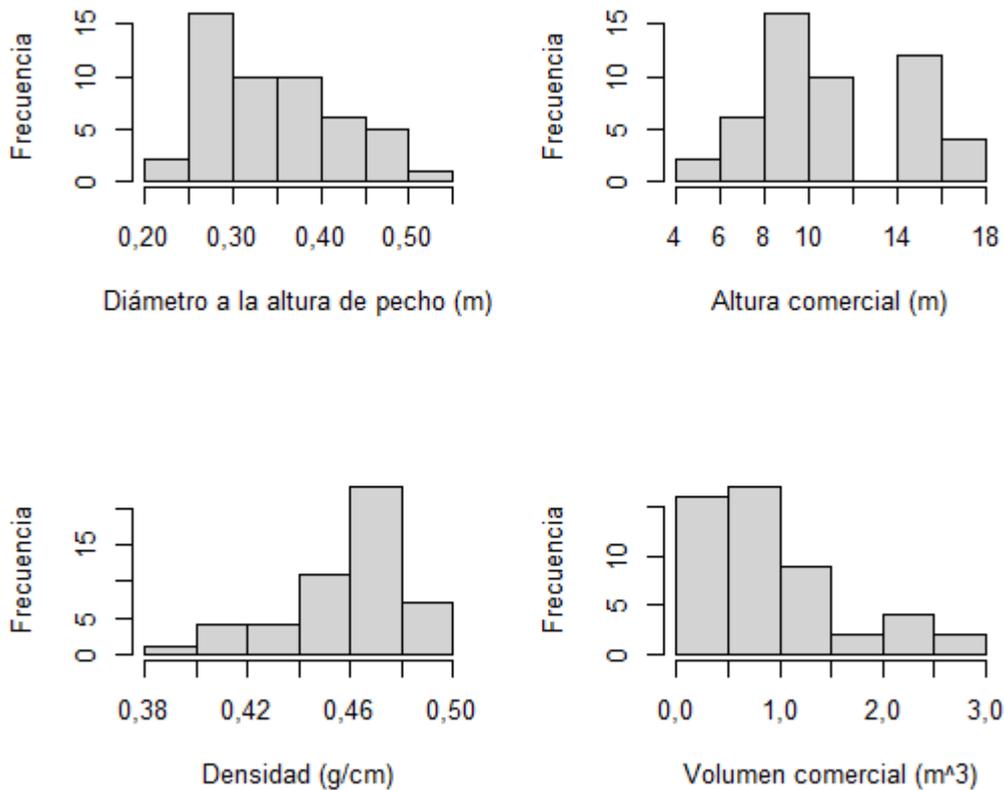


Figura 4. Histogramas del diámetro a la altura de pecho (DAP), altura comercial (hc), densidad (d) y volumen comercial (Vc)

3.2 Elección del mejor modelo mediante un análisis de regresión

Se realizó un análisis de regresión por el método de mínimos cuadrados a un nivel de confianza del 95 % ($\alpha = 0,05$), cuyos resultados se presentan en la Tabla 4. Se presentan los valores del coeficiente de determinación (R^2), la raíz del error cuadrático medio (RMSE), el criterio de información de Akaike (AIC), los estimadores de los parámetros (β) con sus valores p, el factor de inflación de varianza (VIF), y los valores p de las pruebas de Shapiro-Wilk, Breusch-Pagan y Durbin-Watson.

En la Tabla 4 se observa que el modelo 1 tiene estimadores significativos de los parámetros ($p < 0,05$), pero no cumple con los supuestos de normalidad, homocedasticidad e independencia ($p < 0,05$), por lo que se descarta este modelo. El modelo 2 exhibe estimadores significativos de los parámetros ($p < 0,05$), sin embargo, no cumple con los supuestos de normalidad y homocedasticidad ($p < 0,05$), por lo que también se excluye este modelo. El modelo 3 tiene algunos estimadores no significativos de los parámetros ($p > 0,05$), presenta multicolinealidad ($VIF > 5$), y además no cumple con los supuestos de normalidad y homocedasticidad ($p < 0,05$), por lo que igualmente se descarta este modelo.

El modelo 4 exhibe estimadores significativos de los parámetros ($p < 0,05$) y cumple con los supuestos de normalidad, homocedasticidad e independencia ($p > 0,05$), por lo que este modelo se analizará con más detalle posteriormente. El modelo 5 tiene estimadores significativos de los parámetros ($p < 0,05$), pero no cumple con el supuesto de homocedasticidad ($p < 0,05$), por lo que se descarta este modelo. El modelo 6 tiene un estimador no significativo de un parámetro ($p > 0,05$), por lo que se también se excluye este modelo, a pesar de que no presenta multicolinealidad ($VIF < 5$) y cumple con los supuestos de la regresión ($p > 0,05$).

Los modelos 7, 8 y 9 exhiben algunos estimadores no significativos de los parámetros ($p > 0,05$), presentan multicolinealidad ($VIF > 5$), y además no cumplen con el supuesto de homocedasticidad ($p < 0,05$), por lo que se descartan estos modelos. El modelo 10 tiene un estimador no significativo de un parámetro ($p > 0,05$), por lo que también se excluye este modelo, a pesar de que no presenta multicolinealidad ($VIF < 5$) y cumple con los supuestos de la regresión ($p > 0,05$).

Los modelos 11 y 12 tienen estimadores significativos de los parámetros ($p < 0,05$) y cumplen con los supuestos de normalidad, homocedasticidad e independencia ($p > 0,05$), por lo que estos modelos se analizarán con más detalle posteriormente. Finalmente, los modelos 13, 14 y 15 tienen estimadores significativos de los parámetros ($p < 0,05$) y no presentan multicolinealidad ($VIF < 5$), pero no cumplen con los supuestos de normalidad y homocedasticidad ($p < 0,05$), por lo que se excluyen estos modelos.

Tabla 4. Resultados de los criterios analizados para la selección del mejor modelo

Modelo	R ²	RMSE	AIC	Parámetro	Estimador	Valor p estimado	VIF	Valor p Shapiro-Wilk	Valor p Breusch-Pagan	Valor p Durbin-Watson																																																																																																																															
1	0,870	0,238	4,302	β_0	-1,959	0,000		0,042	0,008	0,043																																																																																																																															
				β_1	8,298	0,000					2	0,896	0,213	-6,598	β_0	-0,515	0,000		0,016	0,004	0,108	β_1	11,412	0,000	3	0,903	0,206	-8,141	β_0	0,793	0,269	96,426	0,007	0,008	0,242	β_1	-7,380	0,069	β_2	21,364	0,000	4	0,912	0,205	-10,527	β_0	3,090	0,000		0,648	0,265	0,139	β_1	3,154	0,000	5	0,951	0,146	-44,425	β_0	-0,081	0,045		0,302	0,000	0,887	β_1	0,652	0,000	6	0,965	0,129	-55,033	β_0	0,339	0,322	2,141	0,474	0,734	0,193	β_1	2,341	0,000	β_2	0,786	0,000	7	0,957	0,137	-47,061	β_0	0,232	0,166	23,543	0,072	0,000	0,717	β_1	-1,653	0,360	β_2	-0,183	0,019	β_3	1,068	0,000	8	0,957	0,137	-46,658	β_0	0,324	0,123	30,175	0,124	0,000	0,763	β_1	-2,375	0,248	β_2	0,887	0,000	β_3	-0,041	0,024	9	0,952	0,145	-43,030	β_0	-0,129	0,091	14,073	0,194	0,000	0,849
2	0,896	0,213	-6,598	β_0	-0,515	0,000		0,016	0,004	0,108																																																																																																																															
				β_1	11,412	0,000					3	0,903	0,206	-8,141	β_0	0,793	0,269	96,426	0,007	0,008	0,242	β_1	-7,380	0,069					β_2	21,364	0,000					4	0,912	0,205	-10,527	β_0	3,090	0,000		0,648	0,265	0,139	β_1	3,154	0,000	5	0,951	0,146	-44,425	β_0	-0,081	0,045		0,302	0,000	0,887	β_1	0,652	0,000	6	0,965	0,129	-55,033	β_0	0,339					0,322	2,141	0,474					0,734	0,193	β_1	2,341	0,000	β_2					0,786	0,000	7					0,957	0,137	-47,061	β_0	0,232	0,166	23,543	0,072	0,000					0,717	β_1	-1,653					0,360	β_2	-0,183	0,019	β_3	1,068	0,000	8	0,957					0,137	-46,658	β_0				
3	0,903	0,206	-8,141	β_0	0,793	0,269	96,426	0,007	0,008	0,242																																																																																																																															
				β_1	-7,380	0,069																																																																																																																																			
				β_2	21,364	0,000																																																																																																																																			
4	0,912	0,205	-10,527	β_0	3,090	0,000		0,648	0,265	0,139																																																																																																																															
				β_1	3,154	0,000					5	0,951	0,146	-44,425	β_0	-0,081	0,045		0,302	0,000	0,887	β_1	0,652	0,000	6	0,965	0,129	-55,033	β_0	0,339	0,322	2,141	0,474	0,734	0,193	β_1	2,341	0,000	β_2	0,786	0,000	7	0,957	0,137	-47,061	β_0	0,232	0,166	23,543	0,072	0,000	0,717	β_1	-1,653	0,360	β_2	-0,183	0,019	β_3	1,068	0,000	8	0,957	0,137	-46,658	β_0	0,324	0,123	30,175	0,124	0,000	0,763	β_1	-2,375	0,248	β_2	0,887	0,000	β_3	-0,041	0,024	9	0,952	0,145	-43,030	β_0	-0,129	0,091	14,073	0,194	0,000	0,849	β_1	0,593	0,000	β_2	1,098	0,453																																							
5	0,951	0,146	-44,425	β_0	-0,081	0,045		0,302	0,000	0,887																																																																																																																															
				β_1	0,652	0,000					6	0,965	0,129	-55,033	β_0	0,339	0,322	2,141	0,474	0,734	0,193	β_1	2,341	0,000					β_2	0,786	0,000					7	0,957	0,137	-47,061	β_0	0,232					0,166	23,543	0,072					0,000	0,717	β_1	-1,653	0,360	β_2	-0,183	0,019	β_3					1,068	0,000	8					0,957	0,137	-46,658	β_0	0,324	0,123	30,175	0,124	0,000					0,763	β_1	-2,375					0,248	β_2	0,887	0,000	β_3	-0,041	0,024	9	0,952	0,145	-43,030	β_0	-0,129	0,091	14,073	0,194	0,000	0,849	β_1	0,593	0,000	β_2	1,098	0,453																					
6	0,965	0,129	-55,033	β_0	0,339	0,322	2,141	0,474	0,734	0,193																																																																																																																															
				β_1	2,341	0,000																																																																																																																																			
				β_2	0,786	0,000																																																																																																																																			
7	0,957	0,137	-47,061	β_0	0,232	0,166	23,543	0,072	0,000	0,717																																																																																																																															
				β_1	-1,653	0,360																																																																																																																																			
				β_2	-0,183	0,019																																																																																																																																			
				β_3	1,068	0,000																																																																																																																																			
8	0,957	0,137	-46,658	β_0	0,324	0,123	30,175	0,124	0,000	0,763																																																																																																																															
				β_1	-2,375	0,248																																																																																																																																			
				β_2	0,887	0,000																																																																																																																																			
				β_3	-0,041	0,024																																																																																																																																			
9	0,952	0,145	-43,030	β_0	-0,129	0,091	14,073	0,194	0,000	0,849																																																																																																																															
				β_1	0,593	0,000																																																																																																																																			
				β_2	1,098	0,453																																																																																																																																			

10	0,972	0,115	-	β_0	-0,692	0,114	0,422	0,666	0,203		
					64,396						
					β_1	2,295				0,000	2,168
					β_2	0,844				0,000	2,228
11	0,960	0,138	-	β_0	-0,542	0,000	0,412	0,253	0,363		
				50,288							
				β_1	1,016	0,000					
12	0,939	0,171	-	β_0	0,236	0,000	0,136	0,709	0,143		
				28,949							
13	0,894	0,215	-4,013	β_0	-2,002	0,000	0,007	0,033	0,328		
				β_1	6,854	0,000				2,090	
				β_2	0,048	0,002				2,090	
14	0,882	0,227	1,474	β_0	-2,440	0,000	0,003	0,040	0,162		
				β_1	7,328	0,000				1,995	
				β_2	0,343	0,034				1,995	
15	0,923	0,184	-	β_0	-0,828	0,000	0,005	0,013	0,448		
				19,543							
				β_1	9,460	0,000				1,971	
				β_2	0,049	0,000					

En el análisis previo se determinó que únicamente los modelos 4, 11 y 12 presentaron estimadores significativos de todos los parámetros y cumplieron con los supuestos de la regresión. En la Tabla 5, se muestra que el análisis de regresión de estos modelos se realizó utilizando el logaritmo natural de las variables dasométricas, lo que concuerda con las sugerencias de Bueno-López *et al.* [31] y Roxburgh *et al.* [14], quienes señalan que una estrategia útil para cumplir con los supuestos de la regresión, es obtener el logaritmo natural de las variables. Además, se obtuvieron valores de R^2 superiores al 90 %, lo que difiere con otros estudios realizados en la Amazonía ecuatoriana como los de Cuenca *et al.* [16] y Lozano *et al.* [17], quienes obtuvieron valores de R^2 menores al 90 %. Lo anterior puede explicarse por el hecho de que en esos estudios se generaron los modelos utilizando datos de individuos de distintas especies, lo que reafirma la importancia de realizar estudios específicos para cada especie.

Tabla 5. Modelos que cumplieron con los requerimientos del análisis de regresión

Número	Modelo	R^2	RMSE	AIC
4	$\ln(Vc) = 3,090 + 3,154 * \ln(DAP)$	0,912	0,205	-10,527
11	$\ln(Vc) = -0,542 + 1,016 * \ln(DAP^2 * hc)$	0,960	0,138	-50,288
12	$\ln(Vc) = 0,236 + 0,992 * \ln(DAP^2 * hc * d)$	0,939	0,171	-28,949

En la Tabla 5 se observa que el mejor modelo es el 11, debido a que presenta el valor más alto de R^2 y los valores más bajos de RMSE y AIC [12,32]. En este modelo, la variable independiente es el logaritmo natural del producto del DAP^2 y hc , lo que concuerda con lo que sugieren Kaushal *et al.* [11] y Puc-Kauil *et al.* [32], quienes mencionan que el ajuste mejora cuando se utiliza como variable independiente la variable combinada $DAP^2 * hc$. Además, Ramírez *et al.* [33] también mencionan que en bosques tropicales, es frecuente que los modelos que incluyen el DAP^2 tengan un buen ajuste. Igualmente, otros autores como Kangkuso *et al.* [8] y Ramírez *et al.* [33], mencionan

que la inclusión de hc como parte de la variable combinada DAP^2*hc , mejora el ajuste de los modelos.

El segundo mejor modelo es el 12, pero este incluye a la densidad de la madera (d) en la variable independiente, lo cual dificulta su aplicación en el campo debido a la complejidad que conlleva su medición. Algunos autores como Nath *et al.* [10] y Stegen *et al.* [45], sugieren que la densidad tiene una influencia relativamente débil en el volumen y su relación con esta variable es inconsistente. Además, Cuenca *et al.* [16] mencionan que la altura ejerce una influencia más significativa en el volumen en comparación con la densidad. En ese contexto, de acuerdo a Forrester *et al.* [44], la incorporación de la densidad en los modelos alométricos es poco común, ya que el 75 % de los investigadores optan por utilizar sólo una variable independiente, generalmente el DAP.

Por otro lado, el peor modelo es el 10, ya que tiene el valor de R^2 más bajo y los valores de RMSE y AIC más altos. Sin embargo, este modelo sólo contiene el diámetro a la altura de pecho (DAP) en la variable independiente, lo que permitiría estimar el volumen de manera fácil. Algunos autores como Forrester *et al.* [44] y Revilla *et al.* [4] resaltan la importancia de utilizar modelos que sólo contengan el DAP, ya que es de fácil y rápida medición; además, presenta menor error de muestreo y se registra en la mayoría de inventarios forestales. Sin embargo, Puc-Kauil *et al.* [32] mencionan que el uso del DAP como única variable independiente es insuficiente para explicar la variabilidad total del volumen comercial, ya que no expresa las características funcionales y ecológicas de los árboles.

En ese contexto, otros autores como Kusmana *et al.* [15] y Roxburgh *et al.* [14], mencionan que la adición de la altura y la densidad puede incrementar la precisión de los modelos, pero los resultados no son significativamente diferentes de los modelos que sólo tienen el DAP como variable independiente. Phalla *et al.* [13] mencionan que los investigadores deben decidir si utilizan los modelos que incluyen o no a la altura y a la densidad, considerando las dificultades que conllevan su medición.

Luego, en los modelos 4, 11 y 12 se analizó la presencia de valores atípicos e influyentes, obteniéndose los siguientes resultados. El modelo 4 tuvo tres valores atípicos cuyos residuos estudentizados fueron -2,037, 2,177 y 2,322. El modelo 11 tuvo dos valores atípicos con residuos estudentizados de -2,121 y 2,516, y el modelo 12 tuvo un valor atípico con un residuo estudentizado de 2,412. Se debe destacar que ningún modelo presentó valores influyentes con distancias de Cook superiores a 1.

Posteriormente, en las Figuras 5, 6 y 7 se presentan los diagramas de dispersión que comparan los valores observados con los valores predichos de los modelos 4, 11 y 12, respectivamente. Se esperaría que la distribución de puntos siguiera una línea recta $y = x$. Para facilitar la evaluación de las predicciones, se ha incluido una diagonal que representa la ecuación $y = x$. Con base en la metodología de Puc-Kauil *et al.*[32], es posible identificar si los valores predichos tienden a subestimar (puntos por arriba de la diagonal) o sobreestimar (puntos por debajo de la diagonal) los valores reales u observados.

La Figura 5 muestra que en el modelo 4, la nube de puntos sigue la diagonal, sin embargo, al incrementar el volumen, la dispersión aumenta. Por otro lado, las Figuras 6 y 7 muestran que las nubes de puntos de los modelos 11 y 12 siguen la diagonal a valores bajos del volumen. No obstante, al incrementar el volumen, algunos puntos se sitúan por arriba de la diagonal, indicando una subestimación del volumen en esos casos [32].

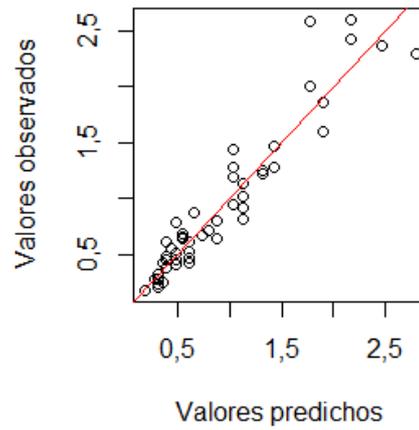


Figura 5. Valores observados vs valores predichos del modelo 4

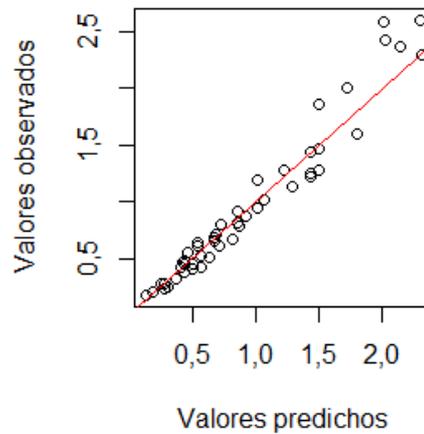


Figura 6. Valores observados vs valores predichos del modelo 11

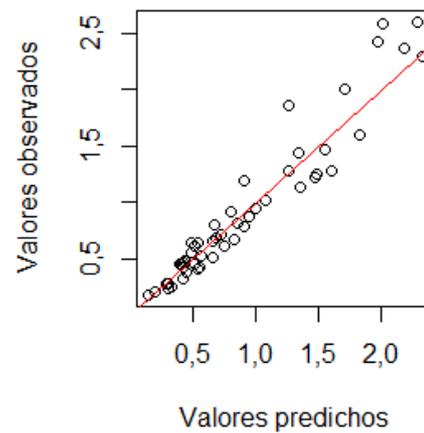


Figura 7. Valores observados vs valores predichos del modelo 12

A continuación, se realizó un análisis de regresión lineal de los valores observados versus los valores predichos de los modelos 4, 11 y 12. El propósito era evaluar si los interceptos con el eje de las ordenadas eran distintos de cero y determinar si las pendientes eran diferentes de uno.

En la Tabla 6 se muestran los valores de los interceptos y las pendientes de la regresión lineal. Se observa que los interceptos de todos los modelos no son significativamente diferentes de cero, ya que los intervalos de confianza contienen al cero. Por otro lado, las pendientes de los modelos

4 y 12 no son significativamente diferentes de uno, ya que los intervalos de confianza contienen ese valor. En cambio, la pendiente del modelo 11 es significativamente diferente de uno. Los resultados anteriores muestran que los modelos predicen adecuadamente los valores observados, excepto en el modelo 11, en donde el valor de la pendiente ligeramente superior a uno, sugiere una subestimación del volumen [32].

Tabla 6. Interceptos y pendientes de la regresión lineal de los valores observados vs valores predichos de los modelos 4, 11 y 12

Modelo	Intercepto		Pendiente	
	Estimador	Intervalo de confianza al 95 %	Estimador	Intervalo de confianza al 95 %
4	0,019	-0,088; 0,126	0,997	0,901; 1,092
11	-0,067	-0,145; 0,010	1,094	1,023; 1,165
12	-0,049	-0,147; 0,050	1,076	0,985; 1,166

Adicionalmente, se realizó un análisis de regresión lineal de los valores predichos versus los valores observados de los modelos 4, 11 y 12. El propósito fue validar la afirmación de Piñeiro *et al.* [36] y Sileshi [35], quienes destacan que un error común al estudiar los modelos alométricos es realizar una regresión lineal de los valores predichos (eje y) versus los valores observados (eje x), en lugar de analizar correctamente los valores observados (eje y) versus los valores predichos (eje x). Este análisis mostró resultados contradictorios en comparación con los obtenidos anteriormente, por ejemplo, se encontró que las pendientes de todos los modelos eran significativamente diferentes de uno, validando así la importancia de seguir las recomendaciones propuestas por estos autores.

Es importante señalar que los modelos de estimación del volumen comercial (V_c), se deben utilizar sólo con valores de las variables que estén dentro del rango de los datos utilizados en esta investigación [7,15]. Finalmente, los autores pretenden que los modelos obtenidos faciliten la medición del volumen comercial de árboles de laurel en cultivos de regeneración de la provincia de Sucumbíos, ya que el uso de modelos generados en regiones diferentes es una fuente de incertidumbre significativa [35]. Asimismo, se anticipa que este estudio no sólo contribuirá al conocimiento en el campo de los modelos alométricos, sino que también proporcionará una base estadística sólida para aquellos investigadores que están iniciando en esta área.

4. Conclusión

Se seleccionaron con éxito 50 individuos de laurel en cultivos de regeneración mediante un muestreo polietápico. En los árboles se midieron las variables dasométricas más relevantes, lo que permitió la recolección de información detallada sobre sus características estructurales y dimensiones.

Mediante un análisis de regresión, se evaluaron 15 modelos teóricos, revelando que aquellos que incorporaban transformaciones logarítmicas arrojaron mejores resultados. Se seleccionaron tres modelos que tuvieron todos los parámetros significativos y que cumplieron con los supuestos de la regresión. Estos modelos tuvieron valores del coeficiente de determinación (R^2) superiores al 90 %.

El mejor modelo alométrico fue $\ln(V_c) = \beta_0 + \beta_1 * \ln(DAP^2 * hc)$, el cual contiene la variable combinada $DAP^2 * hc$ en la variable independiente. Además, se observó que la inclusión de la densidad (d) en esta variable no mejoró el ajuste. Por otro lado, el peor modelo fue $\ln(V_c) = \beta_0 + \beta_1 * \ln(DAP)$, el cual tiene la ventaja de contener únicamente el DAP en la variable independiente.

Finalmente, los autores consideran que, para confirmar la robustez de los modelos desarrollados, se requiere una validación independiente utilizando datos de campo adicionales, lo cual puede ser un desafío logístico y financiero, pero es crucial para garantizar la fiabilidad de los modelos. Como perspectiva a futuro, se sugiere explorar el uso de modelos más complejos que incluyan una mayor cantidad de variables. Esto proporcionaría una mejor comprensión del crecimiento de los árboles y mejoraría la capacidad predictiva de los modelos.

Contribución de autores: Los autores contribuyeron en todos los apartados investigativos.

Financiamiento: Los autores financiaron a integridad el estudio.

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

Referencias

1. Sinche, F.; Cabrera, M.; Vaca, L.; Segura, E.; Carrera, P. Determination of the Ecological Water Quality in the Orienco Stream Using Benthic Macroinvertebrates in the Northern Ecuadorian Amazon. *Integr. Environ. Assess. Manag.* **2022**, *19*, 615–625, doi:<https://doi.org/10.1002/ieam.4666>.
2. Fernandez, F.; León, J.; Huaccha, A.; Aguirre, F. Propiedades Organolépticas, Físicas y Mecánicas de La Madera de Cordia Alliodora (R. y P.) Oken de Parcelas Agroforestales En Jaén, Cajamarca. *Rev. Científica Pakamuros* **2019**, *7*, 80–91, doi:10.37787/PAKAMUROS-UNJ.V7I1.78.
3. Ecuador Forestal Ficha Técnica N°8 Laurel Available online: <http://ecuadorforestal.org/wp-content/uploads/2010/08/LAUREL.pdf> (accessed on 24 July 2022).
4. Revilla, J.; Abanto, C.; Guerra, W.; García, D.; Guerra, H.; Domínguez, G.; Da Silva, I. Modelos Alométricos Para Estimar El Volumen de Madera de Guazuma Crinita En Plantaciones Forestales. *Sci. Agropecu.* **2021**, *12*, 25–31.
5. Telles, R.; Gómez, M.; Alanís, E.; Aguirre, O.A.; Jiménez, J. Ajuste y Selección de Modelos Matemáticos Para Predecir El Volumen Fustal de Tectona Grandis L. f. En Nuevo Urecho, Michoacán, México. *Madera y bosques* **2018**, *24*, doi:10.21829/MYB.2018.2431544.
6. Correia, J.; Fantini, A.; Piazza, G. Equações Volumétricas e Fator de Forma e de Casca Para Florestas Secundárias Do Litoral de Santa Catarina. *Floresta e Ambient.* **2017**, *24*, doi:10.1590/2179-8087.023715.
7. Segura, M.; Andrade, H.J. ¿ Cómo Construir Modelos Alométricos de Volumen , Biomasa o Carbono de Especies Leñosas Perennes ? *Agroforesteria en las Américas* **2008**, *46*, 89–96.
8. Kangkuso, A.; Jamili, J.; Septiana, A.; Raya, R.; Sahidin, I.; Rianse, U.; Rahim, S.; Alfirman, A.; Sharma, S.; Nadaoka, K. Allometric Models and Aboveground Biomass of Lumnitzera Racemosa Willd. Forest in Rawa Aopa Watumohai National Park, Southeast Sulawesi, Indonesia. *Forest Sci. Technol.* **2016**, *12*, 43–50, doi:10.1080/21580103.2015.1034191.
9. Mensah, S.; Veldtman, R.; Seifert, T. Allometric Models for Height and Aboveground Biomass of Dominant Tree Species in South African Mistbelt Forests. *South. For. a J. For. Sci.* **2017**, *79*, 19–30, doi:10.2989/20702620.2016.1225187.
10. Nath, A.J.; Tiwari, B.K.; Sileshi, G.W.; Sahoo, U.K.; Brahma, B.; Deb, S.; Devi, N.B.; Das, A.K.; Reang, D.; Chaturvedi, S.S.; et al. Allometric Models for Estimation of Forest Biomass in North East India. *Forests* **2019**, *10*.
11. Kaushal, R.; Islam, S.; Tewari, S.; Tomar, J.M.S.; Thapliyal, S.; Madhu, M.; Trinh, T.L.; Singh, T.; Singh, A.; Durai, J. An Allometric Model-Based Approach for Estimating Biomass in Seven Indian Bamboo Species in Western Himalayan Foothills, India. *Sci. Rep.* **2022**, *12*, 1–16, doi:10.1038/s41598-022-11394-3.
12. Mugasha, W.A.; Mwakalukwa, E.E.; Luoga, E.; Malimbwi, R.E.; Zahabu, E.; Silayo, D.S.; Sola, G.; Crete, P.; Henry, M.; Kashindye, A. Allometric Models for Estimating Tree Volume and Aboveground Biomass in Lowland Forests of Tanzania. *Int. J. For. Res.* **2016**, *2016*, 8076271, doi:10.1155/2016/8076271.
13. Phalla, T.; Ota, T.; Mizoue, N.; Kajisa, T.; Yoshida, S.; Vuthy, M.; Heng, S. The Importance of Tree Height in Estimating Individual Tree Biomass While Considering Errors in Measurements and Allometric

- Models. *AGRIVITA, J. Agric. Sci.* **2018**, *40*, 131–140, doi:10.17503/AGRIVITA.V40I1.1730.
14. Roxburgh, S.H.; Paul, K.I.; Clifford, D.; England, J.R.; Raison, R.J. Guidelines for Constructing Allometric Models for the Prediction of Woody Biomass: How Many Individuals to Harvest? *Ecosphere* **2015**, *6*, art38, doi:https://doi.org/10.1890/ES14-00251.1.
 15. Kusmana, C.; Hidayat, T.; Tiryana, T.; Rusdiana, O.; Istomo Allometric Models for Above- and below-Ground Biomass of *Sonneratia* Spp. *Glob. Ecol. Conserv.* **2018**, *15*, e00417, doi:https://doi.org/10.1016/j.gecco.2018.e00417.
 16. Cuenca, M.E.; Jadan, O.; Cueva, K.; Aguirre, C. Carbono y Ecuaciones Alométricas Para Grupos de Especies y Bosque de Tierras Bajas, Amazonía Ecuatoriana. *CEDAMAZ* **2014**, *4*.
 17. Lozano, D.; Palacios, B.; Aguirre, Z. Modelos Alométricos Para Estimar El Almacenamiento de Carbono de Bosques Montanos Bajos En El Sur Del Ecuador. *Cienc. Florest.* **2018**, *28*, 1328–1339, doi:10.5902/1980509833464.
 18. Cañadas, Á.; Vilcko, F.; Rade, D.; Zambrano, C.; Molina, C. Hacia Una Descripción de Fuste Para El Laurel *Cordia Alliodora* En Sistemas Agroforestales En El Bosque Protector Sumaco, Ecuador. *ACI Av. en Ciencias e Ing.* **2014**, *6*, doi:10.18272/aci.v6i1.157.
 19. Mestanza-Ramón, C.; Cuenca-Cumbicus, J.; D'Orío, G.; Flores-Toala, J.; Segovia-Cáceres, S.; Bonilla-Bonilla, A.; Straface, S. Gold Mining in the Amazon Region of Ecuador: History and a Review of Its Socio-Environmental Impacts. *Land* **2022**, *11*.
 20. Guamán, G.; Andrade, M.; Carrera, P.; Taco, M. Aplicación Integral de Herbicidas Mediante Selector En Cultivos de Cacao En Sucumbíos - Ecuador. *Green World J.* **2022**, 018–018, doi:10.53313/gwj520018.
 21. Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC] Resultados Censo Ecuador Available online: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/estadisticas/> (accessed on 26 September 2023).
 22. Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Lago Agrio [GADMLA] Actualización Del Plan De Desarrollo Y Ordenamiento Territorial 2019–2023. **2021**.
 23. Mestanza-Ramón, C.; Mora-Silva, D.; D'Orío, G.; Tapia-Segarra, E.; Gaibor, I.D.; Esparza Parra, J.F.; Chávez Velásquez, C.R.; Straface, S. Artisanal and Small-Scale Gold Mining (ASGM): Management and Socioenvironmental Impacts in the Northern Amazon of Ecuador. *Sustainability* **2022**, *14*.
 24. Ministerio de Agricultura y Ganadería [MAG] Boletín de Precipitación y Temperatura Nacional 2021 Available online: <https://fliphtml5.com/ijia/pxhw> (accessed on 26 September 2023).
 25. Carrera, P.; Vaca, L.; Segura, E.; Taco, M. Análisis de Lluvia Ácida En La Ciudad de Nueva Loja, Provincia de Sucumbíos. *Green World J.* **2021**, *4*, 002, doi:10.53313/gwj43002.
 26. Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Shushufindi Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT) 2019 – 2032. **2022**.
 27. Climate-Data.org Clima: Ecuador Available online: <https://es.climate-data.org/america-del-sur/ecuador-63/> (accessed on 19 February 2023).
 28. Somarriba, E.; Suárez, A.; Calero, W.; Botina, A.; Chalaca, D. Aprovechamiento , Rendimiento Maderable y Carbono Perdido En Los Residuos de *Cordia Alliodora* de Regeneración Natural En Cacaotales (*Theobroma Cacao*) y Bananales (*Musa AAA Cv . Agroforesteria en las Américas* **2008**, *46*, 34–39.
 29. Scolforo, J.R.; Rios, M.S.; Oliveira, A.D.; Mello, J.M.; Maestri, R. Acuracidade de Equações de Afilamento Para Representar o Perfil de *Pinus Elliottii*. *Cerne* **1998**, *4*, 100–122.
 30. Reynaga, M. Criterios En La Medición Del Árbol En Pie Available online: <http://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/difusion/Tallares/6-Criterios-medicion-arbol-en-Pie .pdf> (accessed on 1 November 2023).
 31. Bueno-López, S.W.; García-Lucas, E.; Caraballo-Rojas, L.R. Allometric Equations for Total Aboveground Dry Biomass and Carbon Content of *Pinus Occidentalis* Trees. *Madera y Bosques* **2019**, *25*, doi:10.21829/myb.2019.2531868.
 32. Puc-Kauil, R.; Ángeles-Pérez, G.; Valdez-Lazalde, J.R.; Reyes-Hernández, V.J.; Dupuy-Rada, J.M.; Schneider, L.; Pérez-Rodríguez, P.; García-Cuevas, X. Species-Specific Biomass Equations for Small-Size Tree Species in Secondary Tropical Forests. *Trop. Subtrop. Agroecosystems* **2019**, *22*, 735–754.
 33. Ramírez, J.; Córdova, M.; Imbaquingo, J.; Chagna, E.; Ramírez, J.; Córdova, M.; Imbaquingo, J.; Chagna, E. Modelos Alométricos Para Estimar Biomasa Aérea En Bosques Secundarios Montanos Del

- Noroccidente de Ecuador. *Caldasia* **2022**, *44*, 82–94, doi:10.15446/CALDASIA.V44N1.88198.
34. Hernández, F.; Usuga, O.; Mazo, M. Modelos de Regresión Con R Available online: https://fhernanb.github.io/libro_regresion/index.html (accessed on 24 January 2024).
 35. Sileshi, G.W. A Critical Review of Forest Biomass Estimation Models, Common Mistakes and Corrective Measures. *For. Ecol. Manage.* **2014**, *329*, 237–254, doi:<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2014.06.026>.
 36. Piñeiro, G.; Perelman, S.; Guerschman, J.P.; Paruelo, J.M. How to Evaluate Models: Observed vs. Predicted or Predicted vs. Observed? *Ecol. Modell.* **2008**, *216*, 316–322, doi:<https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2008.05.006>.
 37. Anderson, D.; Sweeney, D.; Williams, T. *Estadística Para Negocios y Economía*; 11th ed.; Cengage Learning: México D.F., 2012;
 38. Triola, M. *Estadística*; 12th ed.; Pearson Educación: Ciudad de México, 2018;
 39. Claverol, J. Modelización: Modelos de Regresión Available online: http://rstudio-pubs-static.s3.amazonaws.com/414722_238f86e615c444a1bcc25b88b3d6f35f.html (accessed on 24 January 2024).
 40. Minitab Soporte Técnico de Minitab 20 Available online: <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/20/> (accessed on 24 January 2024).
 41. Yap, B.W.; Sim, C.H. Comparisons of Various Types of Normality Tests. *J. Stat. Comput. Simul.* **2011**, *81*, 2141–2155, doi:10.1080/00949655.2010.520163.
 42. Gutiérrez, H.; De la Vara, R. *Análisis y Diseño de Experimentos*; 3rd ed.; Mc Graw-Hill: México D.F., 2012;
 43. Amat-Rodrigo, J. Introducción a La Regresión Lineal Múltiple Available online: https://rpubs.com/Joaquin_AR/226291.
 44. Forrester, D.I.; Tachauer, I.H.H.; Annighoefer, P.; Barbeito, I.; Pretzsch, H.; Ruiz-Peinado, R.; Stark, H.; Vacchiano, G.; Zlatanov, T.; Chakraborty, T.; et al. Generalized Biomass and Leaf Area Allometric Equations for European Tree Species Incorporating Stand Structure, Tree Age and Climate. *For. Ecol. Manage.* **2017**, *396*, 160–175, doi:<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.04.011>.
 45. Stegen, J.C.; Swenson, N.G.; Valencia, R.; Enquist, B.J.; Thompson, J. Above-Ground Forest Biomass Is Not Consistently Related to Wood Density in Tropical Forests. *Glob. Ecol. Biogeogr.* **2009**, *18*, 617–625, doi:<https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2009.00471.x>.



© 2024 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 comparativo de costos y rendimientos entre la estabilización suelo cemento y el método convencional para el asfaltado vial, Provincia del Cañar

Pedro Andrés Iñiguez Delgado ¹   Fausto David Quevedo Pesantez ^{1,2} 
Pablo Tiberio Vasquez Quiroz ^{1,3} 

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

 Correspondencia: painiguez43@est.ucacue.edu.ec  + 593 96652286

DOI/URL: <https://doi.org/10.53313/gwj71109>

Resumen:

Hoy en día, las carreteras de segundo y tercer orden en Ecuador requieren un mantenimiento regular y, en algunos casos su pavimentación para asegurar la movilidad adecuada y mejorar la calidad de vida de sus usuarios. Para abordar esta necesidad, el Gobierno Provincial de Cañar ha desarrollado un plan integral de construcción y mejora de carreteras a nivel de carpeta asfáltica en toda la provincia. En este contexto, se ha propuesto la implementación del método constructivo de estabilización suelo cemento como parte de los trabajos previos al asfaltado de las carreteras y las obras complementarias.

El presente trabajo compara los costos y rendimientos en la construcción de vías de segundo y tercer orden a nivel de carpeta asfáltica, entre el método constructivo de estabilización suelo cemento y el método constructivo convencional de tendido por capas; a través de la revisión de contratos de obra pública ejecutados en la provincia de Cañar por ASFALTAR EP con el método de estabilización suelo cemento y la elaboración de la proyección de los mismos contratos presupuestados con el método convencional; determinando así la eficiencia en cuanto a costos y rendimientos del método constructivo de estabilización suelo cemento.

Con base en esta información, se llevó a cabo una investigación explicativa – cuantitativa analizando los contratos ejecutados, los cuales contemplan la construcción de 19.35 km de carreteras en toda la Provincia del Cañar, utilizando el método de estabilización suelo cemento. Se realizó un análisis comparativo de costos y rendimientos entre los proyectos que utilizaron la estabilización suelo cemento y los proyectados con el método convencional de tendido por capas para la conformación de la estructura del pavimento. Evaluando la eficiencia del método de estabilización suelo cemento, optimizando los recursos disponibles y ofreciendo recomendaciones respaldadas para futuros proyectos de construcción vial. Los resultados obtenidos resaltan el ahorro de tiempo en un 141.90 %, tomando como base el tiempo de ejecución de los trabajos de estabilización, y un ahorro económico de 24.08 % en comparación al método convencional; tomando en consideración la disminución notable de la huella de carbono emitida por cada uno de los proyectos al disminuir el tiempo de trabajo de la maquinaria, así como evitar la explotación y transporte



Cita: Iñiguez Delgado, P. A., Quevedo Pesantez, F. D., & Vasquez Quiroz, P. T. (2024). Análisis comparativo de costos y rendimientos entre la estabilización suelo cemento y el método convencional para el asfaltado vial, Provincia del Cañar. Green World Journal, 7(1), 109. <https://doi.org/10.53313/gwj71109>

Received: 10/January /2024

Accepted: 20/March /2024

Published: 25/March /2024

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.



© 2024 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>

de materiales de manera excesiva, obteniendo de igual manera una estructura de pavimento en óptimas condiciones una vez finalizada su construcción.

Palabras claves: Estabilización, suelo, costos, rendimientos, cemento, asfalto, vías.

Comparative analysis of costs and performance between soil cement stabilization and the conventional method for road asphalt, Province of Cañar

Abstract:

Today, second and third order roads in Ecuador require regular maintenance and, in some cases, paving to ensure adequate mobility and improve the quality of life of their users. To address this need, the Provincial Government of Cañar has developed a comprehensive road construction and improvement plan at the asphalt level throughout the province. In this context, the implementation of the soil–cement stabilization construction method has been proposed as part of the work prior to the paving of the roads and complementary works.

The present work compares the costs and performances in the construction of second and third order roads at the asphalt level, between the soil–cement stabilization construction method and the conventional construction method of laying in layers; through the review of public works contracts executed in the province of Cañar by ASFALTAR EP with the soil–cement stabilization method and the preparation of the projection of the same contracts budgeted with the conventional method; thus determining the efficiency in terms of costs and performance of the construction method of soil cement stabilization.

Based on this information, an explanatory–quantitative investigation was carried out analyzing the executed contracts, which contemplate the construction of 19.35 km of roads throughout the Cañar Province, using the soil–cement stabilization method. A comparative analysis of costs and performance was carried out between the projects that used soil–cement stabilization and those designed with the conventional method of laying in layers for the formation of the pavement structure. Evaluating the efficiency of the soil cement stabilization method, optimizing available resources and offering supported recommendations for future road construction projects. The results obtained highlight the time savings of 141.90%, based on the execution time of the stabilization work, and an economic saving of 24.08% compared to the conventional method; taking into consideration the notable reduction in the carbon footprint emitted by each of the projects by reducing the working time of the machinery, as well as avoiding the excessive exploitation and transportation of materials, also obtaining a pavement structure in optimal conditions once its construction is completed.

Keywords: Stabilization, soil, costs, yields, cement, asphalt, roads.

1. Introducción:

Las redes viales constituyen un instrumento estratégico para el desarrollo económico y social de una provincia, ya que a través de ellas se movilizan los productos en general desde los centros de producción hacia los mercados y centros poblados. Las vías y carreteras en buenas condiciones son el camino para el desarrollo de cualquier país; el crecimiento económico depende en gran medida del desarrollo de la red de carreteras (Turkane & Chouksey, 2022). Además, facilitan la prestación de servicios y permiten que la población acceda a centros educativos y de atención médica, contribuyendo así al desarrollo integral de la región. En la Provincia de Cañar existe una población rural del 64.80%, por lo que es necesario contar con una red vial de calidad para promover el comercio y la intercomunicación entre las zonas rurales y urbanas; tomando en consideración que el 87.91% de las vías son responsabilidad del Gobierno Provincial, y el 81% de ellas tienen rodadura de lastre, es necesario realizar constantes mantenimientos; sin embargo la falta de recursos y la extensa red vial en mal estado dificultan su intervención global y llevan al análisis e implementación de propuestas definitivas para mejorar su calidad (CONGOPE, 2019). Es por ello que, el Gobierno Provincial del Cañar una vez realizado el inventario de la red vial provincial del Ecuador, en donde se levantaron datos físicos, económicos – productivos, sociales y ambientales, y además una vez realizado el diagnóstico integral del estado actual de la misma; planteó dentro de sus metas para el año 2022 y 2023, elaborar y ejecutar un plan vial de mantenimiento y construcción a nivel de carpeta asfáltica de varias vías de su competencia, teniendo como base el plan de desarrollo vial integral de la Provincia de Cañar 2019 (CONGOPE, 2019). Para ello, contrató a la Empresa de Áridos y Asfaltos del Azuay, ASFALTAR EP, para que ejecute los contratos de mantenimiento y mejoramiento de vías en la Provincia del Cañar, con una longitud vial de intervención de 19.35 km; cuya particularidad y motivo de esta investigación fue el uso del método constructivo denominado estabilización suelo cemento para la

conformación de la estructura vial dentro de los trabajos ejecutados previos al asfaltado de las mismas; con el objetivo de reducir los tiempos de ejecución y abaratar los costos en la construcción; utilizando muchas veces el mismo material que ya se había colocado en la mesa vial en mantenimientos anteriores o de ser el caso material de minas cercanas, mismo que debe cumplir con parámetros básicos de calidad para su uso (Cheng, 2014).

La definición de "suelo" puede variar según los intereses o usos particulares. En el ámbito de la ingeniería, se describe al suelo como un substrato terroso o depósito de partículas minerales no consolidadas, formando un sistema con diversas fases: sólida, líquida y gaseosa. Este elemento desempeña un papel fundamental en proyectos de ingeniería al servir como la base sobre la cual se construyen diversas edificaciones. El suelo presenta propiedades físico-químicas y mecánicas, como compresibilidad, resistencia, permeabilidad, estabilidad y durabilidad, que son esenciales al ejecutar obras civiles, dado que la mayoría de las estructuras se apoyan sobre él o se integran en su subsuelo. En muchos proyectos de pavimentación vial con carpeta asfáltica, es frecuente que el suelo natural no cumpla con los estándares de diseño exigidos. Esto conlleva la necesidad de efectuar ajustes, estabilización o sustitución del suelo original con el propósito de ofrecer un material de construcción mejorado en el sitio de la obra. Este proceso asegura que la base sobre la cual se establecerá la estructura vial satisfaga los requisitos de resistencia y durabilidad necesarios para soportar las cargas y las condiciones específicas del entorno (Rivera et al., 2020).

La estabilización suelo cemento es un método constructivo, el cual se basa en mezclar el suelo con cemento para aportar una mejora en las características físicas y mecánicas de la estructura de la vía, pudiendo ser aplicado sobre cualquier tipo de suelo (Bucheli-Pérez et al., 2022), incrementando la capacidad de resistencia a la compresión y la capacidad de cohesión de los mismos (Bahar et al., 2004). Las investigaciones sobre este método demuestran que, a través de un proceso controlado, se logra reducir la plasticidad de los suelos, disminuyendo la densidad seca e incrementando el contenido de humedad óptima, es así que métodos simples como la compactación y el drenaje pueden no ser suficientes, por lo que se recurre a mejorar la gradación de partículas y añadir aglutinantes como el cemento Portland para lograr la estabilización química de los suelos a intervenir (Rivera et al., 2020). Las recomendaciones con respecto a las características de la mezcla y sin dejar de lado el aspecto económico, hablan de una adición en un rango del 5% al 8% de cemento (Basha et al., 2019); tomado en cuenta que la dosificación de cemento requerida para la estabilización depende del material in situ (David Quevedo-Pesántez et al., 2021). La capa base, es una capa estructural considerada una de las más importantes y cuya correcta construcción garantiza la vida útil del pavimento de una carretera, ya que juega un papel vital en la transferencia y distribución de las cargas de tráfico a la subrasante, generalmente comprende materiales no ligados, que se pueden estabilizar para mejorar las propiedades mecánicas cuando sea necesario (Diego María Barbieri, 2022). Debido a la experiencia en proyectos ejecutados con este método, se ha logrado trabajar de una manera eficiente durante toda su evolución, tanto en la implementación de equipos como en el desarrollo procedimientos constructivos. Es así que, en base a su aplicación, la estructura suelo cemento está diseñada para soportar una mayor carga, ya que la tensión se distribuye en una mayor área, evitando así una mayor deformación vertical en la subrasante, alargando su vida útil (Bucheli-Pérez et al., 2022). El espesor requerido de una capa de suelo estabilizada, se reduce al menos a la mitad en comparación con un curso tradicional sin consolidar y esto reduce notablemente la huella de carbono de las operaciones de construcción (Diego María Barbieri, 2022). Como características adicionales de este método se obtiene mayor durabilidad, reducción del riesgo de erosión de la base de la vía, menos costos de transporte, ahorro en inversión y reducción del consumo de recursos (Bucheli-Pérez et al., 2022).

El material utilizado para la estabilización es el Cemento Portland, de la marca HOLCIM, de tipo base vial, es un cemento hidráulico de moderado calor de hidratación que fue desarrollado con el objetivo de generar las resistencias adecuadas y poder así mejorar y estabilizar suelos mediante el uso del material disponible en sitio (HOLCIM ECUADOR S.A, 2021). Su planta de producción ubicada en la ciudad de Guayaquil cuenta con certificaciones para el abastecimiento responsable de cemento como la Concrete Sustainability Council nivel Gold y la certificación Punto

Verde emitida por la autoridad ambiental en Ecuador, validando las prácticas empresariales, de protección al ambiente y participación de la comunidad; además, Holcim base vial cuenta con la certificación de Carbono Neutro, gracias a la reducida emisión de carbono de sus productos en comparación con el Cemento Portland Tipo I; para compensar las emisiones restantes, se lleva a cabo el cuidado del Bosque Protector Cerro Blanco (Guayas), que abarca 6.078 hectáreas de bosque tropical seco (HOLCIM ECUADOR S.A, 2021) . Por lo que, el termino sustentable puede ser utilizado dentro de la producción de hormigón y la ejecución del método de estabilización suelo cemento, ya que garantiza una obra que perdure a través del tiempo, reduciendo el impacto hacia el medio ambiente y aportando en el desarrollo económico y social de la población (CINTERFOR, 2011).

Antes de iniciar la construcción, es necesario identificar los materiales de suelo que serán tratados con cemento, se deben tomar muestras representativas de cada tipo de suelo y enviarlas al laboratorio para someterlas a pruebas. Estas pruebas permitirán determinar el contenido mínimo de cemento, la cantidad óptima aproximada de humedad y los valores de peso volumétrico que deberán emplearse durante la construcción (IMCYC, 2009). En la producción de suelo-cemento, prácticamente todos los suelos son utilizables, excluyendo la capa vegetal. Sin embargo, cuando se busca lograr mezclas de calidad con un consumo mínimo de cemento, la selección se reduce. Se consideran aptos aquellos suelos cuyo consumo de cemento varía entre 5 y 12% en peso con respecto al suelo. Estos suelos deben demostrar estabilidad en la contracción, tener una absorción de agua adecuada y alcanzar resistencias necesarias en un tiempo mínimo. Generalmente, los suelos aptos muestran proporciones equilibradas de partículas gruesas y finas, generando una granulometría abierta sin predominio excesivo de un tamaño particular. Además, su plasticidad contribuye a la cohesión de la mezcla, mejorando la trabajabilidad y aumentando el aislamiento térmico sin inducir agrietamientos por contracción. En sentido general se definen los suelos en dos grupos: suelos eficientes conocidos por reaccionar perfectamente ante una porción relativamente pequeña de cemento, entre los cuales podemos citar los suelos arenosos y suelos con grava, suelos arenosos con deficiencia de partículas finas y suelos limosos y arcillosos con baja plasticidad; y los suelos deficientes para la estabilización suelo cemento, mismos que no reaccionan de manera adecuada ante una porción relativamente pequeña de cemento, necesitando más cemento para endurecer, entre los cuales tenemos a los suelos limosos y arcillosos con alta plasticidad y los suelos orgánicos. En base a estos criterios se procede a determinar la granulometría del material a estabilizar para luego ser comparadas con granulometrías específicas determinadas, ya que por lo general el contenido de cemento se selecciona mediante el tipo de suelo, controlando el contenido de materia orgánica, sulfatos y otras sustancias que pueden influir en la reacción del cemento con el material a ser estabilizado. Seguido de ello obtenemos el contenido óptimo de humedad en base a los resultados de los ensayos para determinar el límite líquido y el límite plástico, se determina la densidad máxima en base a ensayos de compresión, para luego de ello proceder a definir el rango de los porcentos de cemento a ser utilizado para fabricar tres probetas las mismas que luego de pasar por su proceso de curado deben ensayarse a los 7 días y su resistencia a la compresión simple no debe ser menor a 18 kg/cm². (Tecnológico de Santo Domingo República Dominicana Toirac Corral, 2009)

Como en la mayoría de los métodos de diseño de pavimentos, para el cálculo de espesores de la capa de suelo cemento se suelen precisar los siguientes datos generales: volumen y tipo de tráfico, período de diseño y capacidad de soporte de la subrasante. Cada método de diseño tiene su propio procedimiento, el cual involucra ecuaciones, gráficas y programas computacionales específicos para procesar la información. Estos elementos permiten obtener un resultado confiable sobre el espesor necesario de suelo-cemento a aplicar, generalmente en función de parámetros de resistencia mecánica discutidos en el documento. En pavimentos de carreteras secundarias, calles y aeropuertos de tráfico ligero, las bases de suelo-cemento suelen tener un espesor de 15 cm. En calles residenciales y estacionamientos de vehículos ligeros, los espesores comunes oscilan entre 10 y 13 cm. No obstante, estos valores se consideran mínimos y podrían experimentar fatiga prematura en caso de un aumento en el volumen y/o peso del tráfico. En carreteras de tráfico pesado y autopistas, los espesores más frecuentes varían entre

18 y 25 cm, pudiendo llegar hasta 35 cm en situaciones de tráfico más pesados. Obteniendo la estructura de pavimento óptima, tomando en cuenta que al hablar de la estructura de una vía nos referimos a la disposición y organización de los diferentes componentes que conforman una carretera o camino. Incluye todas las capas y elementos necesarios para asegurar la resistencia, durabilidad y funcionalidad de la misma. (Ing. Claudio Giordani, 2017).

En lo que respecta al método convencional de tendido por capas, es esencial destacar que implica la conformación de capas de material procesado para la formación de la estructura vial, sin la adición de aglutinante para su estabilización. Similar al método de estabilización suelo-cemento, se requiere completar la construcción y confirmación de la subrasante antes de iniciar la colocación de los agregados para el mejoramiento, subbase o base, asegurando su correcta compactación y cumplimiento de las especificaciones contractuales en términos de alineaciones, pendientes y superficie, además de estar libre de materiales extraños. Cualquier obra adicional, como subdrenajes, debe estar finalizada antes de comenzar el transporte y la colocación del material granular. Después de las obras preliminares y la ubicación del material en el sitio, se procede a mezclar uniformemente utilizando maquinaria aprobada como motoniveladoras o mezcladoras de discos. Durante este proceso, se riega la cantidad adecuada de agua para lograr la humedad necesaria para la compactación requerida. Una vez obtenida una mezcla homogénea, el material se extiende a lo ancho de la vía con un espesor uniforme. Luego, se realiza la conformación y compactación de acuerdo con las pendientes, alineaciones y sección transversal indicadas en los planos. Es necesario destacar que, a diferencia del método de estabilización suelo-cemento, en este caso, el material colocado no se estabiliza con aglutinante, lo que implica que los espesores de las capas a colocar serán mayores. (Obras Publicas, 2002)

En base a lo expuesto, se realizó una investigación explicativa – cuantitativa del método constructivo de estabilización suelo cemento y su metodología de aplicación para la construcción de vías, mediante el estudio de teorías aplicadas al mismo, analizando su eficiencia dentro del campo de la construcción; además, tomando en cuenta el objetivo de esta investigación, se procedió a realizar la comparación de los costos y rendimientos, entre el método constructivo de estabilización suelo cemento y el método constructivo convencional de tendido por capas; a través de la revisión de contratos de obra pública ejecutados en la provincia de Cañar por ASFALTAR EP, con el método de estabilización y la elaboración de la proyección de los mismos contratos presupuestados con el método convencional; determinado así la eficiencia del método constructivo de estabilización suelo cemento.

2. Materiales y métodos

La investigación tiene un enfoque explicativo – cuantitativo, y se lleva a cabo en la Provincia del Cañar.

Dentro de la metodología, se procedió a extraer y comparar los costos y los rendimientos de construcción de carreteras de segundo y tercer orden a nivel de carpeta asfáltica, analizando dos enfoques constructivos: el método de estabilización suelo cemento y el método convencional de tendido por capas.

2.1. Metodología de análisis y cálculo para el método de estabilización suelo cemento.

En base a la revisión y extracción de datos con respecto al costo y rendimiento de los contratos ejecutados mediante el método de estabilización suelo cemento por medio de la empresa ASFALTAR EP, se desprende que los contratos y planillas de liquidación analizados, corresponden a los proyectos de mantenimiento y mejoramiento de las vías de la provincia del Cañar I, II y III Etapa; con montos de ejecución de \$2'242.938,58, \$1'900.720,3, \$816.265,49, respectivamente.

Como primer paso dentro de este proceso de análisis y cálculo, se procedió a revisar las planillas de los contratos ejecutados y extraer los rubros utilizados en la estabilización suelo cemento.

Seguido de ello se procede a determinar el tiempo de ejecución de los trabajos correspondientes a la estabilización suelo cemento, en base a la extracción de los rendimientos de cada uno de los APUs que constan dentro del contrato, los cuales varían en precios y en rendimientos en base a sus dosificaciones correspondientes, cuya unidad es el m²; obteniendo un promedio total, mismo que es utilizado para el cálculo del tiempo de ejecución para este tipo de trabajos (Ver en **Tabla 1**).

Una vez obtenido el rendimiento promedio, se procede a calcular el tiempo de ejecución de los trabajos correspondientes a la estabilización suelo cemento en días y en meses, en base al área de intervención de cada una de las vías y el rendimiento promedio obtenido (Ver en **Tabla 2**).

En cuanto al monto total de ejecución se extraen los datos de las planillas antes mencionadas para obtener un monto de ejecución de los trabajos de estabilización ejecutados (Ver en **Tabla 3**).

2.2. Metodología de análisis y cálculo para el método convencional de tendido por capas.

Para obtener los rendimientos para el cálculo del tiempo total de ejecución de los trabajos para la conformación de la estructura de la vía mediante el método tradicional de tendido por capas, así como el monto de ejecución de los trabajos realizados mediante el mismo método; se procede a ubicar los APUs correspondientes a Suministro de material de mejoramiento (sin. transp.) (material suelto zona 3), Suministro de material de base clase II (sin. transp.) (material suelto zona 3), Tendido y compactación de capas de material granular con equipo pesado, Transporte de áridos (material suelto); extraídos del contrato Cañar III, tomando en consideración que estos APUS se adaptan a los trabajos correspondientes al método analizado y pueden ser utilizados dentro de la proyección.

Sin embargo, se tiene que tomar en consideración que para poder realizar los cálculos es necesario contar con los volúmenes de material proyectados para ser ejecutados en la obra y estos se obtienen en base a la estructura de pavimento determinada para cada una de las vías; al tratarse de una proyección en base a un contrato inicial se determinó calcular una estructura tipo en base a los datos obtenidos de los estudios de suelos y diseño de pavimentos de los proyectos analizados, tomando en consideración como método recomendado por la norma NEVI 12 Volumen 2B, para pavimentos flexibles el método AASHTO – 93, el cual describe con detalle los procedimientos para el diseño de la sección estructural de los pavimentos flexibles, asumiendo que tales estructuras soportaran niveles significativos de tránsito, dejando fuera pavimentos ligeros para tránsitos menores al citado, como son los caminos revestidos. (*Manual_NEVI-12_VOLUMEN_2B*, 2013)

Tomando como base esta consideración, se extrajo tres valores importantes obtenidos de los estudios de pavimentos para el proyecto de mantenimiento vial para varias vías en la Provincia de Cañar: las vías con mayor y menor número de ejes equivalentes proyectados, el módulo elástico de cada material y las vías con el menor CBR, sin embargo se pudo observar que este último valor era similar en la mayoría de ensayos de la subrasante realizados en cada una de las respectivas vías a ser intervenidas, por lo que se utilizó los datos para el diseño de la estructura tipo para el método convencional de tendido por capas, obtenidos del proyecto denominado mantenimiento y mejoramiento de vías en la Provincia del Cañar ETAPA I, ya que es el proyecto más representativo en cuanto a monto y al número de vías que se ejecutan (Ver en **Tabla 4**).

Para la alternativa planteada en el diseño de la carpeta asfáltica, se consideró un periodo de diseño de 10 años que será ejecutado en etapas, siendo una primera intervención con una proyección de 5 años, para luego colocar un refuerzo estructural mediante la incorporación de una capa asfáltica para 10 años más, en donde ninguna de sus capas sea estabilizada; como ya se conoce el método de estabilización reduce el espesor de las capas de la estructura vial de manera considerable, por lo que una vez diseñada la estructura tipo con el método convencional se obtuvo capas con espesores mayores a los ejecutados. Posterior a ello, se realizó una

proyección en base a los volúmenes obtenidos y así reflejar los valores del tiempo y monto de ejecución, mismos que fueron comparados con los valores obtenidos del método de estabilización. Para este análisis, se trabajó con las vías de Gallorrumi y Zumbahuyco, cuyos valores obtenidos de los estudios se asemejan de mejor manera al tipo de vías intervenidas y a la zona de estudio. (Ver en **Tabla 5,6,7,8**) (Ver en **Figura 2,3**)

En base a los diseños realizados, se obtiene un promedio de las capas de mejoramiento y base para los dos casos analizados, obteniendo una estructura de pavimento conformada por 25 cm de mejoramiento, 25 cm de base, manteniendo el mismo espesor de pavimento colocado en cada una de las obras ejecutadas; el rendimiento correspondiente al tendido y compactación de material extraído del APU, corresponde a 0.02857, con lo que se puede calcular el volumen tendido por día con jornada laboral de 8 horas, mismo que será utilizado para calcular el tiempo de ejecución. En base al análisis de los contratos ejecutados y de las solicitudes de los mismos, se plantea la colocación de una capa de 25 cm de material de mejoramiento en todos los contratos, ya que ese es el espesor de la capa solicitado para estabilizar, sin embargo, en base a las condiciones de campo de las vías intervenidas se pudo comprobar la presencia de una capa de material de mejoramiento de 15 cm aproximadamente, por lo que se completó solo 10 cm adicionales de este material. (Ver en **Tabla 9,10**) (Ver en **Figura 4**)

Una vez definida la estructura de pavimento tipo, se procede con el cálculo del tiempo de ejecución y el costo de construcción del método convencional de tendido por capas. (Ver en **Tabla 11**)

En base a las áreas ejecutadas dentro de los contratos iniciales, se procede al cálculo del monto total proyectado con el método convencional de tendido por capas, calculando el volumen correspondiente al material de mejoramiento y base proyectados con sus respectivos espesores calculados, para luego calcular el monto ejecutado incluyendo el transporte, tendido y compactado de cada una de las capas utilizando los valores de los APUs antes mencionados. (Ver en **Tabla 12**)

2.3. Metodología del análisis y cálculo comparativo entre los métodos constructivos analizados.

El enfoque central de esta investigación se basó en evaluar la eficiencia del método de estabilización de suelo cemento en términos de tiempos y costos en la construcción de estas vías. Para lograr esto, una vez desglosados los costos y los rendimientos basados en el método de estabilización de suelo cemento, y calculados los mismos para el método convencional; se procesan los datos mediante tablas comparativas que permiten determinar la eficiencia del método de estabilización suelo cemento. (**Tabla 13**)

En la **Figura 1** se adjunta el esquema metodológico utilizado para realizar esta investigación.

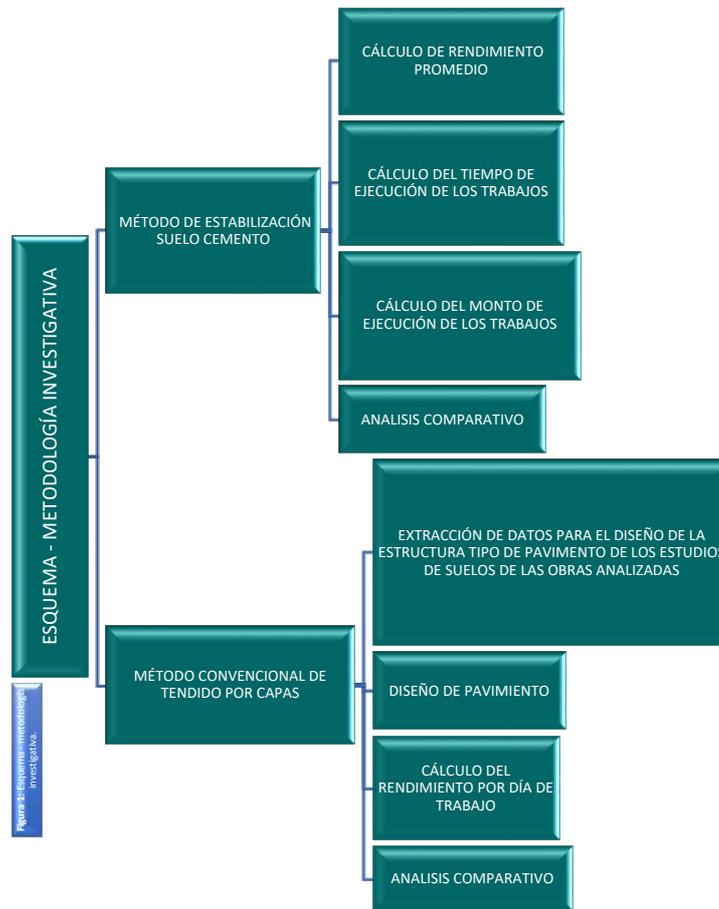


Figura 1: Esquema – metodología investigativa.

3. Resultados

En base a la metodología utilizada se presentan las tablas de cálculo elaboradas para la obtención de los parámetros utilizados para determinar el rendimiento y los costos de ejecución correspondientes a cada uno de los métodos analizados.

3.1 Resultados método de estabilización suelo cemento.

En la Tabla 1 se calculó el rendimiento promedio para el método de estabilización suelo cemento en base al rendimiento extraído de los APUs ejecutados en cada una de las obras analizadas, obteniendo un valor de 0.0041 HORA/m²; mismo que será utilizado para determinar el tiempo de ejecución de dichos trabajos.

Tabla 1: Cálculo del rendimiento para el método de estabilización suelo cemento.

TABLA DE RENDIMIENTOS APU ESTABILIZACIÓN SUELO – CEMENTO		
RENDIMIENTO		HORA/M2
CAÑAR I ETAPA		
OBRA	DOSIFICACIÓN (kg/cm ²)	RENDIMIENTO (hora/m ²)
INGAPIRCA	105	0.0038
GALLORUMI	100	0.0039
LA TRANCA	117	0.0050
RUMIHURCO	124	0.0075
AYANCAY	135	0.0038

ZUMBAHUAICO	135	0.0038
PROMEDIO		0.0046
CAÑAR II ETAPA		
SAN NICOLAS	110	0.0040
ZHULLIN	135	0.0040
CAÑAR III ETAPA		
PUENTE PALO – EL CISNE	100	0.0039
PROMEDIO TOTAL		0.0041

En la Tabla 2 se extrajo el valor de las áreas de ejecución dentro de cada una de las obras analizadas, las mismas que una vez multiplicadas por el rendimiento promedio obtenido arrojaron el tiempo de ejecución en días de trabajo, esto quiere decir 8 horas laborables, y posteriormente se obtuvo un valor total de los contratos ejecutados con el método de estabilización suelo cemento en días de 56.23 y en meses de 1.87, valores que fueron comparados con el método convencional.

Tabla 2: Cálculo del tiempo de ejecución de los trabajos con el método de estabilización suelo cemento.

TIEMPO DE EJECUCIÓN		
RENDIMIENTO		0.0041
CAÑAR I ETAPA		
OBRA	ÁREA (m²)	DÍAS DE TRABAJO
INGAPIRCA	10490.75	5.42
GALLORUMI	11716.71	6.05
LA TRANCA	2788.07	1.44
RUMIHURCO	9610.47	4.97
AYANCAY	6360	3.29
ZUMBAHUICO	14294.18	7.39
CAÑAR II ETAPA		
SAN NICOLAS	17567.19	9.08
ZHULLIN	21731.67	11.23
CAÑAR III ETAPA		
PUENTE PALO	8659	4.47
EL CISNE	5600	2.89
TIEMPO TOTAL DE EJECUCIÓN TRABAJOS DE ESTABILIZACIÓN (DÍAS)		56.23
TIEMPO TOTAL DE EJECUCIÓN TRABAJOS DE ESTABILIZACIÓN (MESES)		1.87

Para obtener el monto total de ejecución de los trabajos correspondientes al método de estabilización suelo cemento como se puede observar en la Tabla 3, se procedió a extraer los montos ejecutados para dichos trabajos en cada una de las obras, para luego obtener un monto de ejecución total de 801291.52 usd, siendo esta una de las variables analizadas.

Tabla 3 Cálculo del monto total ejecutado en los trabajos correspondientes al método de estabilización suelo cemento para la conformación de la estructura vial.

MONTO DE EJECUCIÓN – TRABAJOS DE ESTABILIZACIÓN SUELO CEMENTO	
CAÑAR I ETAPA	
OBRA	MONTO EJECUTADO POR OBRA EN LOS TRABAJOS DE ESTABILIZACIÓN (USD)
INGAPIRCA	63901.66
GALLORUMI	69658.78
LA TRANCA	16920.38
RUMIHURCO	82674.08
AYANCAY	47037.61
ZUMBAHUICO	105953.31
CAÑAR II ETAPA	
SAN NICOLAS	132983.63
ZHULLIN	190152.11

CAÑAR III ETAPA	
PUENTE PALO	57339.97
EL CISNE	34670
MONTO DE EJECUCIÓN TRABAJOS DE ESTABILIZACIÓN SUELO CEMENTO (USD)	801291.52

3.2 Resultados método convencional.

Una vez que se obtuvieron los datos comparativos del método de estabilización suelo cemento, se procedió a proyectar los mismos contratos asumiendo su ejecución en base al método convencional, para esto en la Tabla 4 se adjuntaron los datos necesarios para el diseño de la estructura tipo extraídos de los estudios de suelos de las obras analizadas, los cuales fueron utilizados para escoger las mejores opciones para el análisis y posterior a ello obtener las áreas y volúmenes de material para calcular el monto y tiempo de ejecución para dicho método.

Tabla 4: Datos para el diseño de la estructura tipo para el método convencional de tendido por capas.

OBRA	No EJES EQUIVALENTES (5 años)	No EJES EQUIVALENTES (10 años)	CBR SUBRASANTE (%)	MODULO ELÁSTICO (psi)
Vía Castillo Ingapirca – Y de Silante parroquia de Ingapirca	455393	969602	4.1	5200
Vía Gruta – Gallorumi, parroquia Honorato Vásquez	143209	302835	3	5200
La Tranca, parroquia Honorato Vásquez	143209	302835	3	5200
Vía a Rumihurco, parroquia Javier Loyola	90643	191793	3.2	5400
VÍA PUENTE AYANCAY – ESC. ZUMBAHUAICO PARROQUIA DE JAVIER LOYOLA	90643	191793	3.5	5800
MATERIAL DE MEJORAMIENTO	–	–	20	13000
MATERIAL BASE	–	–	80	28000
ASFALTO	–	–	–	275000

Las Tablas 5 y 7 contiene los datos utilizados para el diseño de pavimentos para las vías de Gallorumi y Zumbahuyco, mientras que en las Tablas 6 y 8 se calculó la estructura de pavimento reflejadas en las Figuras 2 y 3, al final se obtuvo una estructura de pavimento promedio reflejada en la Figura 4.

Tabla 5: Datos para el diseño de pavimentos – GALLORRUMI.

DATOS DE DISEÑO		
Tráfico de diseño (W18) =	143209	ESAL's
po =	4.0	
pt =	2	
Confiabilidad (R) =	85	%
Desviación Estándar (So) =	0.45	
CÁLCULOS		
Δ PSI =	2	
Zr =	-1.040	

Tabla 6: Diseño de pavimento, método convencional de tendido por capas – GALLORRUMI.

Diseño Pavimento Flexible para 5 años con carpeta asfáltica											
Capas		Número Estructural			Espesor requerido D			Espesor adoptado D*		Numero estructural adoptado	
Nombre	Módulo (psi)	mi	ai	SN requerido	Capa	in	cm	in	cm	SN* adoptado	
Carpeta asfáltica	275000		0.350	SN1	1.42	D1	4.05	10.28	1.50	3.81	0.53
Base	28000	1	0.130	SN2	1.94	D2	10.86	27.58	9.84	25.00	1.28
Mejoramiento	13000	1	0.090	SN3	2.73	D3	10.33	26.24	11.81	30.00	1.06
Subrasante	5200		–							SN* = 2.87	

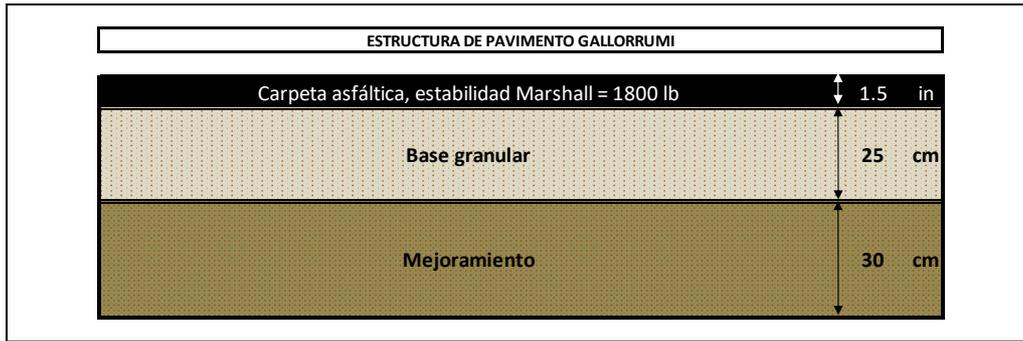


Figura 2: Estructura de pavimento GALLORRUMI.

Tabla 7: Datos para el diseño de pavimentos – ZUMBAHUYCO.

Datos:		
Tráfico de diseño (W18) =	90643	ESAL's
po =	4.0	
pl =	2	
Confiabilidad (R) =	85	%
Desviación Estándar (So) =	0.45	
Cálculos:		
Δ PSI =	2	
Zr =	-1.040	

Tabla 8: Diseño de pavimento, método convencional de tendido por capas – ZUMBAHUYCO.

Diseño Pavimento Flexible para 5 años con carpeta asfáltica										
Capas		Número Estructural			Espesor requerido D		Espesor adoptado D*		Número estructural adoptado	
Nombre	Módulo (psi)	mi	ai	SN requerido	Capa	in	cm	in	cm	SN* adoptado
Carpeta asfáltica	275000		0.350	SN1 1.30	D1	3.72	9.44	1.50	3.81	0.53
Base	28000	1	0.130	SN2 1.79	D2	9.75	24.76	9.84	25.00	1.28
Mejoramiento	13000	1	0.090	SN3 2.44	D3	7.07	17.97	7.87	20.00	0.71
Subrasante	5800		-						SN* =	2.51

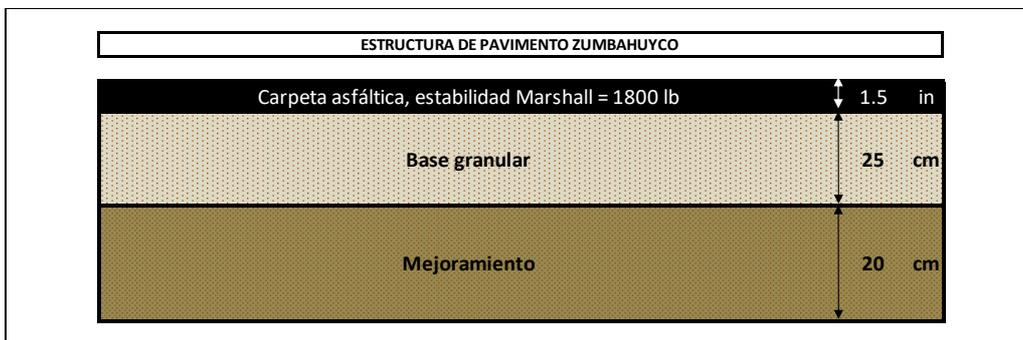


Figura 3: Diseño de pavimento – ZUMBAHUYCO.

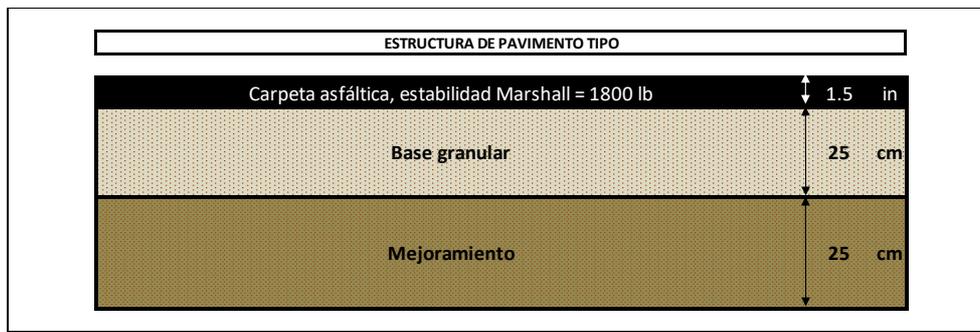


Figura 4 Estructura tipo de pavimento utilizado para el cálculo del método convencional de tendido por capas.

Una vez obtenida la estructura de pavimento tipo, en la Tabla 9 se calculó el rendimiento en volumen por día de trabajo, y con los datos extraídos para el cálculo del análisis de los contratos ejecutados plasmados en la Tabla 10, se calculó el tiempo de ejecución de 136.02 días, equivalente a 4.53 meses y un monto total de ejecución de 994216.91 usd, en las Tablas 11 y 12 respectivamente; siendo los valores que fueron utilizados para comparar los costos y rendimientos entre los dos métodos.

Tabla 9: Cálculo del rendimiento en volumen (m³) por día de trabajo correspondientes al método convencional de tendido por capas.

RENDIMIENTO	0.02857	Hora/m ³
MATERIAL TENDIDO Y COMPACTADO POR DIA DE TRABAJO (8 HORAS)	280.01	m ³
VIAJES POR DIA (12 m ³) incluye. Esp.	30.33	u

Tabla 10: Datos extraídos para el cálculo del tiempo de ejecución de los trabajos correspondientes al método convencional de tendido por capas.

TIEMPO DE EJECUCIÓN		
ESPESOR CAPA MEJORAMIENTO	0.10	m
ESPESOR CAPA BASE	0.25	m
COSTO M ³ MEJORAMIENTO (APU)	6.00	\$
COSTO M ³ BASE (APU)	14.70	\$
COSTO M ³ TENDIDO – COMPACTADO (APU)	4.14	\$
COSTO M ³ TENDIDO Y COMPACTADO MEJORAMIENTO	17.64	\$
COSTO M ³ TENDIDO Y COMPACTADO BASE	26.34	\$
COSTO M ³ .KM	0.3	\$
DISTANCIA PROMEDIO	25	km

Tabla 11: Cálculo del tiempo de ejecución de los trabajos correspondientes al método tradicional de tendido por capas.

TABLA CALCULO DE RENDIMIENTOS Y TIEMPO DE EJECUCIÓN APU MATERIAL DE MEJORAMIENTO, BASE, TENDIDO Y COMPACTACIÓN					
CAÑAR I ETAPA					
OBRA	VOL. MEJORAMIENTO (m ³)	VOL. BASE (m ³)	RENDIMIENTO POR DIA (m ³)	DÍAS TRABAJADOS MAT. MEJORAMIENTO	DÍAS TRABAJADOS MAT. BASE
INGAPIRCA	1049.08	2622.69	280	3.75	9.37
GALLORUMI	1171.67	2929.18	280	4.18	10.46
LA TRANCA	278.81	697.02	280	1.00	2.49
RUMIHURCO	961.05	2402.62	280	3.43	8.58
AYANCAY	636	1590	280	2.27	5.68
ZUMBAHUAICO	1429.42	3573.55	280	5.11	12.76
PROMEDIO					
CAÑAR II ETAPA					
SAN NICOLAS	1756.72	4391.8	280	6.27	15.69

ZHULLIN	2173.17	5432.92	280	7.76	19.40
CAÑAR II ETAPA					
PP – EL CISNE	865.9	2164.75	280	3.09	7.73
	560	1400	280	2.00	5.00
PROMEDIO TOTAL				38.86	97.16
DÍAS TOTALES TRABAJADOS					136.02
MESES TOTALES TRABAJADOS					4.53

Tabla 12: Cálculo de monto de ejecución de los trabajos correspondientes al método tradicional de tendido por capas.

CAÑAR I ETAPA							
OBRA	ÁREA (m2)	VOL. MEJORAMIENTO (m3)	VOL. BASE (m3)	MONTO EJECUTADO MEJORAMIENTO + TENDIDO (USD)	MONTO EJECUTADO BASE + TENDIDO (USD)	TRANSPORTE MATERIAL (MEJORAMIENTO, BASE) (USD)	TOTAL, MONTO TENDIDO COMPACTADO Y TRANSPORTADO (USD)
INGAPIRCA	10490.75	1049.08	2622.69	10637.67	49411.48	35799.76	95848.91
GALLORUMI	11716.71	1171.67	2929.18	11880.73	55185.75	39983.29	107049.77
LA TRANCA	2788.07	278.81	697.02	2827.13	13131.86	9514.34	25473.33
RUMIHURCO	9610.47	961.05	2402.62	9745.05	45265.36	32795.78	87806.19
AYANCAY	6360	636	1590	6449.04	29955.60	21703.5	58108.14
ZUMBAHUAICO	14294.18	1429.42	3573.55	14494.32	67325.68	48778.96	130598.96
CAÑAR II ETAPA							
SAN NICOLAS	17567.19	1756.72	4391.8	17813.14	82741.51	59948.07	160502.72
ZHULLIN	21731.67	2173.17	5432.92	22035.94	102356.21	74159.38	198551.53
CAÑAR III ETAPA							
PUENTE PALO	8659	865.9	2164.75	8780.23	40783.89	29548.84	79112.96
EL CISNE	5600	560	1400	5678.40	26376	19110	51164.40
TOTAL, TENDIDO MÉTODO TRADICIONAL (USD)							994216.91

3.3 Resultados de eficiencia costo – rendimiento.

El enfoque central es evaluar la eficiencia del método de estabilización de suelo cemento en términos de tiempos y costos en la construcción de estas vías. Para lograr esto, una vez desglosados los costos y los rendimientos basados en el método de estabilización de suelo cemento, y calculados los mismos para el método convencional, se procesaron los datos mediante tablas comparativas (Tabla 13,14), que permiten determinar la eficiencia del método de estabilización suelo cemento; tomando en consideración que es 141.90% más eficiente en cuanto a ahorro de tiempo y 24.08% más económico.

Tabla 13: Cálculo de porcentaje de ganancia de tiempo de ejecución para el método de estabilización.

TIEMPO EJECUTADO POR EL MÉTODO DE ESTABILIZACIÓN (DÍAS)	TIEMPO EJECUTADO POR EL MÉTODO TRADICIONAL (DÍAS)	DIFERENCIA (EST – CONVENCIONAL)	% DE GANANCIA
56.23	136.02	-79.79	141.90

Tabla 14 Cálculo de porcentaje de ganancia de monto de ejecución para el método de estabilización.

MONTO EJECUTADO POR EL MÉTODO DE ESTABILIZACIÓN	MONTO EJECUTADO POR EL MÉTODO TRADICIONAL	DIFERENCIA (EST – CONVENCIONAL)	% DE GANANCIA
801291.53	994216.91	-192925.38	24.08

4. Discusión

Dentro de la investigación el método de estabilización suelo cemento se destacó por su capacidad para mejorar las propiedades mecánicas y durabilidad del suelo mediante la adición de cemento, creando una base más resistente y menos propensa a la deformación, menos costos de transporte, ahorro en inversión, tiempo y reducción del consumo de recursos. En contraste con el método convencional que según se explicó, implica la colocación de capas de material sin aglutinante, lo que puede resultar en menor resistencia y estabilidad a largo plazo, y puede requerir espesores de capas mayores, aumentando costos e impactos ambientales durante la extracción y transporte de materiales siendo necesarios estudios adecuados y un análisis costo beneficio antes de escoger entre cada uno de los métodos. De los resultados que se obtuvieron, se comprobó que, el espesor requerido de una capa de suelo estabilizada se reduce al menos a la mitad en comparación con un tendido convencional por capas. Además, que el ahorro en cuanto al costo al momento de la ejecución en carreteras estabilizadas con cemento base vial se reduce a un 25%, al encontrarse el resultado dentro de ese rango. En cuanto al ahorro de tiempo, se puede evidenciar que, al reducir los recursos, en este caso el material y maquinaria, a más del transporte y explotación se logró obtener un mejor rendimiento en la ejecución de las obras comprobándose las teorías investigadas para dicho método.

Sin embargo, la apertura a una investigación más amplia proporciona una perspectiva avanzada en la toma de decisiones en ingeniería vial, además de los beneficios identificados, es crucial considerar el impacto ambiental mediante un análisis de la huella de carbono. Esto evaluaría y compararía las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas con ambos métodos, proporcionando una visión completa de la sostenibilidad del proyecto. El estudio de trabajabilidad y calidad de obras ejecutadas es esencial para garantizar la durabilidad y resistencia a largo plazo; deben evaluarse propiedades mecánicas y estructurales del suelo-cemento, así como resistencia a condiciones climáticas adversas y capacidad de carga, esto respaldará la eficiencia global del método y proporcionará datos para decisiones futuras. Un estudio de rendimiento en campo es crucial para corroborar la eficacia del método en condiciones del mundo real, evaluando si el rendimiento alcanzado se alinea con proyecciones teóricas; los rendimientos son indicadores fundamentales para evaluar eficiencia en productividad y uso eficiente de recursos, por lo que es recomendable estandarizar los rendimientos en cuanto a los trabajos correspondientes a la estabilización suelo cemento, ya que se pudo evidenciar rendimientos que excedían la media calculada, dichas consideraciones se verán reflejadas en una disminución aun mayor en los costos de proyecto. En resumen, una investigación comprehensiva que aborde huella de carbono, trabajabilidad, calidad de obras y rendimiento en campo brindará una base sólida para la implementación exitosa del método. Este enfoque global asegura que decisiones en ingeniería vial consideren no solo aspectos económicos y de tiempo, sino también impactos ambientales y eficacia operativa a largo plazo.

5. Conclusión

Las conclusiones derivadas de los resultados obtenidos en la investigación, centrados en los costos y rendimientos de los métodos de estabilización suelo-cemento y tendido por capas, proporcionaron una perspectiva valiosa sobre la viabilidad y eficacia de ambas técnicas en proyectos de ingeniería vial.

En cuanto a los costos, se evidencio de manera consistente que el método de estabilización suelo-cemento presento una clara ventaja económica sobre el método convencional de tendido por capas, con un ahorro significativo del 24.08 %; por lo que se demostró que el método es más eficiente desde el punto de vista financiero. Factores como la reducción en la cantidad de material requerido, los menores costos de transporte y la disminución de horas maquina trabajadas y mano de obra, contribuyeron a esta ventaja económica; estos hallazgos son

fundamentales para la planificación presupuestaria y la optimización de recursos en proyectos de construcción vial.

En lo que respecta al rendimiento, el método de estabilización suelo-cemento destacó aún más al lograr un ahorro significativo de tiempo del 141.90 % en comparación con el método convencional de tendido por capas. Este resultado subraya la eficiencia operativa del método, al acelerar el proceso de construcción y reducir el uso de recursos para su implementación. La rapidez en la ejecución es un factor crítico en proyectos de ingeniería vial, y el método de estabilización suelo-cemento se posiciona como una opción que puede contribuir significativamente a cumplir con plazos más ajustados. Siendo estos hallazgos congruentes con el objetivo planteado por la Prefectura del Cañar, orientado a la reducción de costos y tiempos en la ejecución de obras viales asfaltadas.

En conjunto, los resultados respaldaron de manera concluyente la eficiencia y la viabilidad tanto económica como operativa del método de estabilización suelo-cemento en comparación con el método convencional de tendido por capas, y ofrecieron información valiosa para la toma de decisiones en la ingeniería vial, promoviendo la adopción de prácticas constructivas más eficientes y sostenibles en beneficio de la planificación y desarrollo de infraestructuras viales.

De la investigación se extrajeron datos interesantes de artículos científicos desarrollados en base al estudio de vías dentro de la región del Ecuador; dos investigaciones ecuatorianas desprendieron valiosos aportes al análisis e implementación del método suelo-cemento dentro del País. Por un lado, el "Análisis de costos entre estabilización suelo-cemento y mantenimiento periódico de vías rurales en la Provincia del Cañar", comparó costos y realizó ensayos de clasificación, caracterización y dosificación de materiales estabilizados con cemento, sugiriendo al método de estabilización suelo cemento como una alternativa más sostenible y rentable al mantenimiento periódico ya que lo analiza como un trabajo de mantenimiento vial prolongado. Mientras que la investigación "Base Estabilizada con Suelo-Cemento para Caminos No Asfaltados 'Ruta Del Cacao'" destacó la importancia de dosificaciones de cemento para optimizar la efectividad del método de igual forma en un mantenimiento vial prolongado; de lo que se dedujo el aporte significativo de la investigación realizada, ya que dentro del estudio se analizó la aplicación del método de estabilización suelo cemento como un trabajo previo al asfaltado vial, más allá de ser utilizado como un método de mantenimiento vial prolongado, por lo que complementa la investigación de estudios anteriores.

Agradecimiento: El presente artículo es parte del trabajo de investigación y titulación del Programa de Maestrías en Construcción 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), y Sistemas embebidos y visión artificial en ciencias, Arquitecturas, Agropecuarias, Ambientales y Automática (SEVA4CA), por los conocimientos e información brindados para la elaboración del trabajo.

Contribución de autores:

conceptualización P.I y D.Q; redacción-revisión y edición, P.I y P.V

Financiamiento: Los autores financiaron a integridad el estudio.

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

Referencias

Bahar, R., Benazzoug, M., & Kenai, S. (2004). Performance of compacted cement-stabilised soil. *Cement and Concrete Composites*, 26(7), 811-820.
<https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2004.01.003>

- Basha, E. A., Hashim, R., Mahmud, H. B., & Muntohar, A. S. (2019). *Stabilization of residual soil with rice husk ash and cement*. http://ac.els-cdn.com/S0950061804001734/1-s2.0-S0950061804001734-main.pdf?_tid=1864bf2a-66e4-11e3-
- Bucheli-Pérez, D., Sarmiento-Segovia, H., García-Troncoso, N., & Flores-Rada, J. (2022, April). Stabilised Base with Soil-Cement for Unpaved Roads “Ruta Del Cacao” (Guayas, Ecuador). *Proceedings of the 7th World Congress on Civil, Structural, and Environmental Engineering*. <https://doi.org/10.11159/icsect22.110>
- Cheng, Y. M. (2014). An exploration into cost-influencing factors on construction projects. *International Journal of Project Management*, 32(5), 850–860. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2013.10.003>
- CINTERFOR. (2011). *Guía para la evaluación del impacto de la formación*.
- CONGOPE. (2019). *Plan de desarrollo vial integral de la Provincia de Cañar 2019*.
- David Quevedo-Pesántez, F. I., Benigno Ávila-Calle, M. I., & Julio Calle-Castro III, C. (2021). *Análisis de costos entre estabilización suelo cemento y el mantenimiento periódico de vías rurales en la Provincia del Cañar* *Análise de custos entre estabilização solo-cimento e manutenção periódica de estradas rurais na província de Cañar*. 7(1), 804–821. <https://doi.org/10.23857/dc.v7i1.1678>
- Diego María Barbieri, B. L. R. J. D. X. W. H. C. B. S. U. G. S. H. J. S. T. I. H. (2022). Design and sustainability analyses of road base layers stabilized with traditional and nontraditional additives. *Journal of Cleaner Production*, 372.
- HOLCIM ECUADOR S.A. (2021). *Holcim Base Vial*.
- IMCYC. (2009). *manual-de-construccion-de-suelo-cemento*.
- Ing. Claudio Giordani, Ing. D. L. (2017). *PAVIMENTOS*.
- Manual_NEVI-12_VOLUMEN_2B*. (2013).
- Obras Publicas, M. DE. (2002). *ESPECIFICACIONES GENERALES ESPECIFICACIONES GENERALES PARA LA CONSTRUCCION PARA LA CONSTRUCCION DE CAMINOS Y PUENTES DE CAMINOS Y PUENTES*.
- Rivera, J. F., Aguirre-Guerrero, A., Mejía de Gutiérrez, R., & Orobio, A. (2020). Estabilización química de suelos – Materiales convencionales y activados alcalinamente (revisión). *Informador Técnico*, 84(2), 43–67. <https://doi.org/10.23850/22565035.2530>
- Tecnológico de Santo Domingo República Dominicana Toirac Corral, I. (2009). *Ciencia y Sociedad*. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=87012672003>
- Turkane, S. D., & Chouksey, S. K. (2022). Partial Replacement of Conventional Material with Stabilized Soil in Flexible Pavement Design. *International Journal of Engineering, Transactions B: Applications*, 35(5), 908–916. <https://doi.org/10.5829/ije.2022.35.05b.07>



© 2024 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/>

Análisis estadístico y comparativo del consumo de agua en sectores estratégicos de la ciudad de Cuenca

Daniela A. Maldonado Peñafiel ¹   Jefferson Torres-Quezada ² 

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

² Unidad Académica de Ingeniería, Industria y Construcción, Universidad Católica de Cuenca.

 Correspondencia: daniela.maldonado.45@est.ucacue.edu.ec  + 593 0995225191

DOI/URL: <https://doi.org/10.53313/gwj71110>

Resumen: El uso inadecuado del agua potable en la ciudad de Cuenca resulta evidente, con un desperdicio que oscila entre el 40% y el 60%, principalmente destinado al uso residencial e industrial. La falta de control genera un riesgo a los recursos hídricos, dado que la mayoría de los ríos que abastecen a la ciudad, han sido explotados. Para abordar este tema, El presente artículo propone un estudio estadístico y comparativo que evalúa la utilización de agua en sectores estratégicos de la ciudad, específicamente en las urbanizaciones Colinas de Challuabamba y Los Nogales, con la intención de proponer criterios de sostenibilidad y gestión responsable del consumo de agua. Comparando con metodologías tanto internacionales como nacionales. Los resultados revelan diferencias significativas en los hábitos de consumo entre las dos urbanizaciones. Colinas de Challuabamba presenta un consumo total y por persona mayor en comparación con Los Nogales.

Palabras claves: agua, sostenibilidad, consumo de agua, metodologías

“Statistical and comparative analysis of water consumption in strategic sectors of the city of Cuenca”

Abstract: The inadequate use of drinking water in Cuenca is evident, with waste ranging between 40% and 60%, mainly destined for residential and industrial use. The lack of control creates a risk to water resources, given that most of the rivers that supply the city have been exploited. To address this issue, this article proposes a statistical and comparative study that evaluates water consumption in strategic sectors of the city, specifically in the Colinas de Challuabamba and Los Nogales urbanizations, with the intention of proposing sustainability criteria and responsible water management. Comparing both international and national methodologies. The results reveal significant differences in consumption habits between the two urbanizations. Colinas de Challuabamba presents a higher total consumption and per capita compared to Los Nogales.

Keywords: water, sustainability, water consumption, methodologies



Cita: Maldonado Peñafiel, D. A., & Torres-Quezada, J. (2024). Análisis estadístico y comparativo del consumo de agua en sectores estratégicos de la ciudad de Cuenca. *Green World Journal*, 7(1). <https://doi.org/10.53313/gwj71110>

Received: 20/January /2024
Accepted: 20/March /2024
Published: 25/March /2024

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.



© 2024 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 agua, como recurso vital para la humanidad, enfrenta desafíos críticos en su manejo y uso. A pesar de que solo el 2.5% del agua en la superficie terrestre es dulce, y menos del 1% de esta es accesible para el consumo humano, se ha observado un constante aumento del 1% anual en su utilización durante los últimos 100 años (Cominola et al., 2015). Este incremento, impulsado por factores como el crecimiento demográfico, la contaminación, el desarrollo urbano, el riego agrícola, el cambio climático y la sequía han generado desigualdades en la disponibilidad de agua de calidad (Jorgensen et al., 2009). La rápida urbanización de ciudades alrededor del mundo, especialmente en países en desarrollo ha acentuado la necesidad de recursos hídricos (Zhang et al., 2020) y la intervención decisiva de las autoridades, comprenden la necesidad de abordar la gestión de la demanda de agua como parte integral de la solución. (Jorgensen et al., 2009).

Ante esta realidad, la sostenibilidad se ha convertido en un tema crucial, especialmente en lo que respecta a la gestión eficiente de los recursos naturales. En este sentido, el agua emerge como una necesidad (Gilbert, 2019), que desempeña un papel fundamental en la supervivencia de los ecosistemas y en el desarrollo socioeconómico de las comunidades. Su disponibilidad adecuada y la adopción de estrategias para su uso responsable y eficiente se convierten en pilares esenciales para alcanzar la sostenibilidad global (Cabrera, 2023).

Es así como la eficiencia de las ciudades, están directamente ligada a la sostenibilidad urbana, la cual hace eco de importancia el vincular la gestión del agua con el desarrollo urbano sostenible, como, por ejemplo, la aplicación de estrategias para la captación de agua residual o lluvia (Pacheco et al., 2016), la incorporación de infraestructura para la reutilización de aguas marginales es esenciales y un correcto manejo del recurso hídrico dentro de la vivienda. Una de estas medidas es el consumo de agua para uso doméstico por habitante no exceda los 70 litros por día (Rahmon, 2023). No obstante, en las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud se estima que una persona necesita aproximadamente 100 litros de agua al día para cubrir sus necesidades básicas de consumo e higiene (Miollis, 2003).

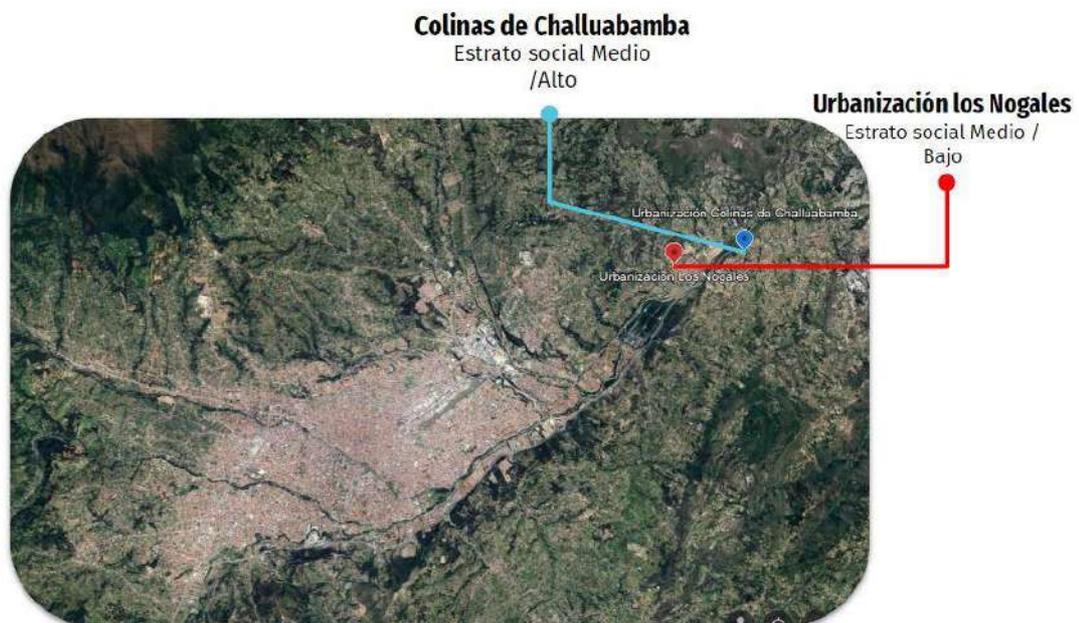
En este contexto, la atención se centra en el consumo de agua potable desde una perspectiva sostenible, enfocándose en las condiciones específicas de la ciudad de Cuenca. A pesar de que la NEC (Norma Ecuatoriana de la Construcción) indica que la asignación de agua para una vivienda debe oscilar entre 200 y 350 litros por habitante al día, el desafío no radica en la falta de claridad de las normativas, sino en la percepción de quienes habitan la ciudad. Es decir, en Ecuador, la sociedad enfrenta una carencia de visión clara sobre estos consumos, lo que se traduce en una ausencia de conciencia en el cuidado del agua.

En consecuencia, el desperdicio del agua potable en la ciudad es evidente, y se refleja en cifras alarmantes según datos de la empresa municipal ETAPA. Se estima el rango de desperdicio se sitúa entre el 40% y el 60%. Actividades como la limpieza de vehículos, patios, jardines, el dejar llaves abiertas en hogares e instituciones educativas, el uso de hidrantes y los baños prolongados en los hogares son solo algunas de las causas que contribuyen al aumento diario del consumo de agua en la ciudad (Jaramillo, 2019). Que, a pesar de contar con una amplia cobertura de suministro de agua potable dentro del área urbana, con un 96,2% de la población conectada las 24 horas, se observa que en la ciudad el consumo promedio es aproximadamente de 228 litros de agua por habitante al día. Este valor supera los de 120 a 200 litros por habitante, datos que se considera adecuado, pero no óptimos en cuanto sostenibilidad, según la metodología ICES. (Ellis et al., 2014)

Esta falta de control en el uso de la misma ha llevado a un aumento en los niveles de consumo a lo largo del tiempo, donde se requiere una captación de 136 365 metros cúbicos de agua para abastecer a una población de 596 101 habitantes (INEC, 2023).

Por lo tanto, este estudio aborda el análisis de uso del agua potable en Cuenca, partiendo desde la premisa de que las urbanizaciones seleccionadas, como Colinas de Challuabamba y Los Nogales, están ubicadas en la periferia de la ciudad y se presta especial atención al contexto

socioeconómico, considerando que Los Nogales tiene un carácter de vivienda social, mientras que Colinas de Challuabamba se percibe como una urbanización privada. El objetivo es comprender cómo este factor influye en los patrones de consumo y disponibilidad de recursos financieros para implementar prácticas sostenibles. Al comparar los criterios de sostenibilidad propuestos por guías metodológicas, tales como BID, BREEAM, GREEN, LEED y NEC, con los hábitos de consumo de los conjuntos habitacionales.



2. Materiales y métodos

Figura 1. los lugares que cumplen con los criterios de Zona habitacional y vivienda social.

En la primera fase, se llevó a cabo un análisis de diversos sectores en la ciudad de Cuenca con el propósito de identificar dos áreas representativas que cumplieran con los criterios establecidos para ser consideradas zonas residenciales y de vivienda social. Este proceso de selección se basó en la evaluación de la plusvalía y el perfil socioeconómico de cada área, respaldado por los datos del INEC actualizados hasta 2023.

De esta manera, se decidió seleccionar dos urbanizaciones situadas en la misma parroquia como se muestra en la figura 1, manteniendo un contexto global uniforme en términos de densidad poblacional y factores externos, pero en barrios diferentes, lo cual permitió contrastar el nivel socioeconómico entre ambas. Se anticipa que la Urbanización Colinas de Challuabamba posee un nivel económico elevado, mientras que Las Nogales es un proyecto de vivienda social.

Adicionalmente, en la Urbanización Los Nogales, la población está compuesta mayormente por personas jubiladas o parejas jóvenes que han accedido a estas viviendas mediante créditos. Este patrón demográfico difiere de manera significativa en comparación con Colinas de Challuabamba, donde el entorno refleja una diversidad demográfica. Ambas áreas seleccionadas exhiben características específicas, detalladas en las Figuras 2 y 3.

ESTRATO SOCIAL MEDIO / BAJO

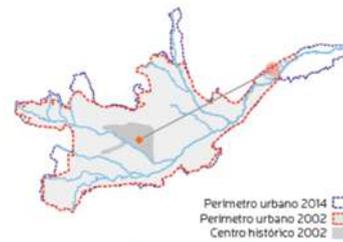
1. Urbanización Los Nogales:

Año de construcción: 2005
Dirección: Panamericana Norte km 5 ½.
 Sector Capullispamba.
Promotor: EMUVI
Número de viviendas unifamiliares: 198
lotes
Área de lotes: 16 690 m²
Área total de terreno: 31 000 m²

Valoración

Conjunto Habitacional

Ubicación en la ciudad



Densidad de viviendas

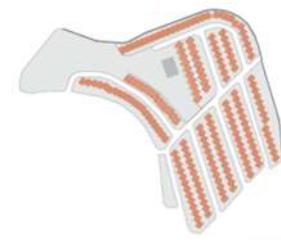


Figura 2. Ubicación geográfica de la Urbanización Los Nogales.

ESTRATO SOCIAL MEDIO / ALTO

1. Colinas de Challubamba:

Año de construcción: -
Dirección: Vía Panamericana norte (autopista Cuenca- Azogues)
Promotor: Inmobiliarias privadas
Número de viviendas unifamiliares: 126
lotes
Área de lotes: 153,051.8 m²
Área total de terreno: 221,223.45 m²



Figura 3. Ubicación geográfica de la Urbanización Colinas de Challubamba.

Y es así que, con el fin de facilitar el estudio, se optó por seleccionar una muestra de 60 hogares unifamiliares de cada conjunto residencial. Esta elección proporciona la base necesaria para la recopilación de datos durante las fases 2 y 3 la investigación, correspondientes a las entrevistas y la obtención de información sobre el consumo diario de agua potable, expresados en litros por habitante, que a continuación, se detallan.

En la segunda etapa se ejecutó una encuesta en las residencias de los sectores elegidos, utilizando un muestreo probabilístico y aleatorio, con el propósito de recopilar opiniones, estimar el número de personas que residen en estas y obtener perspectivas sobre prácticas de consumo y ahorro de agua.

La encuesta considera lo siguiente:

- Su Lugar de residencia
- ¿Cuántas personas residen en su vivienda?
- ¿Emplea algún sistema, dispositivo o equipo para ahorrar el agua?
- Califique la frecuencia con la que realiza las siguientes actividades en su vivienda, utilizando una escala del 1 al 7. Cocinar, ducharse, uso de sanitarios, lavado de carro, lavado de ropa, riego de Jardín o lavado de patio e higiene personal.
- ¿Cuáles son los ingresos mensuales de su hogar?

Posteriormente, se recopilaron datos sobre el consumo de agua en los dos casos de estudio, en colaboración con ETAPA, Empresa municipal de agua potable de la ciudad de Cuenca. Estos datos fueron sometidos a un análisis estadístico mediante técnicas descriptivas y comparativas con el fin de determinar valores estándares de cumplimiento para cada criterio evaluado.

Es así, con base en la información recopilada, se establece un marco de comparación entre los dos sectores evaluados que permiten evaluar la sostenibilidad de Cuenca en términos de reducción del consumo de agua.

1. Resultados

1.1 Criterios a evaluar

Para la evaluación de los criterios de selección dentro de guías metodológica, se ha optado por tomar como referencia el enfoque propuesto dentro del proyecto de investigación “Certificación Edificio Sustentable y Seguro” financiado por la Dirección de Investigación de la Universidad de Cuenca, que divide los criterios en tres grupos, como se muestra en la figura 4 a continuación:

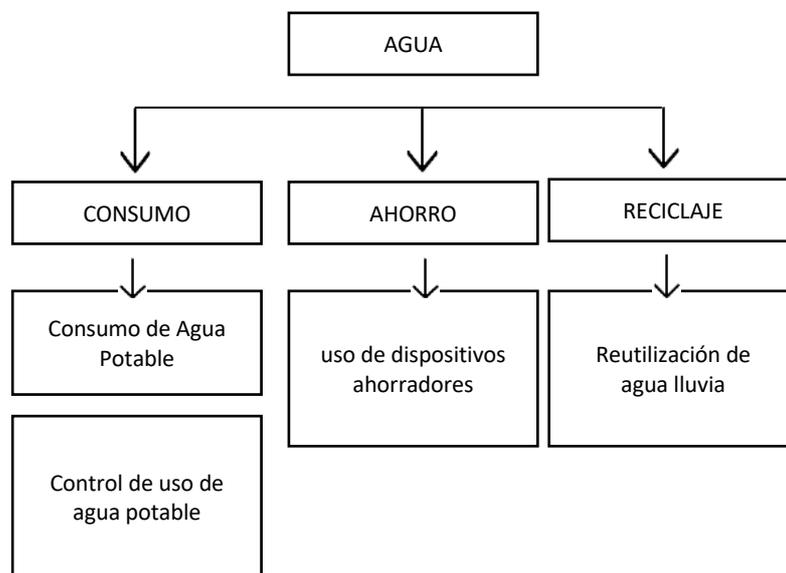


Figura 4. criterios sobre el consumo, ahorro y reciclaje de agua potable.

Los criterios establecidos por las normativas internacionales que satisfacen los cuatro juicios de selección detallados en la metodología, se clasifican en tres categorías según su enfoque en consumo, ahorro y reciclaje. Los resultados respaldan la conclusión de que no todos los criterios son adecuados para la situación local.

Tabla 1. Los criterios establecidos por las normativas internacionales que satisfacen los cuatro juicios de selección se clasifican en tres categorías según su enfoque en consumo, ahorro y reciclaje.

	CONSUMO	AHORRO	RECICLAJE
BREAM		Sistema de Riego	Reciclaje y tratamiento sostenible de agua
	Contadores de Agua	Sistema de riego	Reutilización del agua en edificios de media altura
LEED	consumo de agua en interiores	Reducción de uso de agua	

BID / ICED	Consumo de Agua	Tecnologías Innovadoras para aguas residuales	
	Fugas	Eficiencia en el uso del agua	
GREEN	Consumo de aguas singulares	Riego de jardines	Uso de agua no potable
	Consumo de agua en aparatos sanitarios		

1.2 Encuestas

1. ¿Cuántas personas residen en su vivienda?

Se han identificado disparidades en la densidad poblacional en distintas áreas. Colinas de Challuabamba destaca con un promedio de aproximadamente 3.97 personas que habitan la zona. En contraste, la Urbanización Los Nogales exhibe un promedio ligeramente más bajo, alrededor de 2.83 personas, siendo notorio que la mayoría de los residentes son personas jubiladas y de tercera edad, quienes pasan la mayor parte del tiempo en sus hogares.

Tabla 2. Promedio de personas que habitan en las 3 zonas a estudiar.

Lugar	Promedio de personas
Colinas de Challuabamba	3.97
Urbanización Los Nogales	2.83

2. ¿Posee alguno de estos dispositivos de ahorro de agua en su vivienda?

En Colinas de Challuabamba, el 56% de las viviendas cuenta con un dispositivo de ahorro de agua. Por otro lado, en la Urbanización Los Nogales, solo el 16% de los residentes utiliza estos dispositivos. Estos datos se encuentran detalladamente presentados en las tablas 3 y 4.

Tabla 3. Uso de dispositivo de ahorro de agua

Dispositivos	Los	Colinas de
	Nogales	Challuabamba
Inodoros de doble descarga	62%	13%
Ahorrador de agua para grifo	3%	0%
Cabezal de ducha de bajo flujo	18%	8%
Tanques de agua de lluvia	1%	0%
Regulador de presión	3%	0%
Ninguno	14%	79%

3. ¿Cuáles son los ingresos mensuales de su hogar?

La distribución de ingresos mensuales de las viviendas muestra una variedad significativa. En la Urbanización Colinas de Challuabamba, el mayor número de residencias se encuentra en el rango de \$2000 a \$3000, con un total de 26 hogares, seguido el intervalo de \$1000 a \$2000, que cuenta en 14 casas.

Por otro lado, en la Urbanización Los Nogales, la situación es distinta, destacándose una mayor concentración en los ingresos mensuales más bajos. En este caso, 25 viviendas se encuentran en el rango de \$450 a \$1000, seguido de 28 hogares en el intervalo de \$1000 a \$2000. Cabe destacar que en Los Nogales no se registran domicilios con ingresos mensuales superiores a \$4000. Estos datos reflejan las particularidades económicas de cada urbanización, lo cual es esencial para comprender la diversidad socioeconómica de los residentes en ambos sectores. Datos reflejados en las tablas 5 y 6 a continuación:

Tabla 4. Plusvalía en Urbanización Colinas de Challuabamba

Ingresos	Nro. viviendas
\$450 a \$1000	8
\$1000 a \$2000	14
\$2000 a \$3000	26
\$3000 a \$4000	8
\$4000 en adelante	4
Total	60

Tabla 5. Plusvalía en Urbanización Los Nogales

Ingresos	Nro. viviendas
\$450 a \$1000	25
\$1000 a \$2000	28
\$2000 a \$3000	5
\$3000 a \$4000	2
\$4000 en adelante	0
Total	60

4. Califique la frecuencia con la que realiza las siguientes actividades en su vivienda, utilizando una escala del 1 al 7.

Tabla 6. frecuencia con la que realiza las actividades en colinas de Challuabamba

Uso de agua	Porcentaje
Cocinar	8%
Ducharse	7%
Higiene Personal	10%
Lavado de carro	32%
Riego de Jardín	24%
Uso de sanitarios	12%
Lavado de Ropa	7%
Total	100%

Tabla 7. frecuencia con la que realiza las actividades en colinas de Challuabamba.

Uso de Agua	Porcentaje
Cocinar	6%
Ducharse	9%
Higiene Personal	12%
Lavado de carro	10%
Riego de Jardín	31%
Uso de sanitarios	19%
Lavado de Ropa	14%
Total	100%

1.3 Uso de agua potable en sectores seleccionados de la Ciudad de Cuenca

Con la recopilación de datos del año 2022 en una muestra representativa de 60 viviendas en cada una de las dos urbanizaciones de la ciudad, se procedió al cálculo del promedio de habitantes, como se detalla en la tabla 2. Este análisis permitió determinar el promedio de consumo de agua por habitante en ambas áreas. Los resultados revelaron un consumo medio de 220.47 litros por habitante al día en Colinas de Challuabamba y 212.40 litros por habitante al día en Los Nogales, como se ilustra en la gráfica adjunta figura 5. Esta información contribuye a comprender mejor los patrones de consumo en cada urbanización, facilitando un análisis comparativo robusto y una interpretación más profunda de las tendencias observadas.

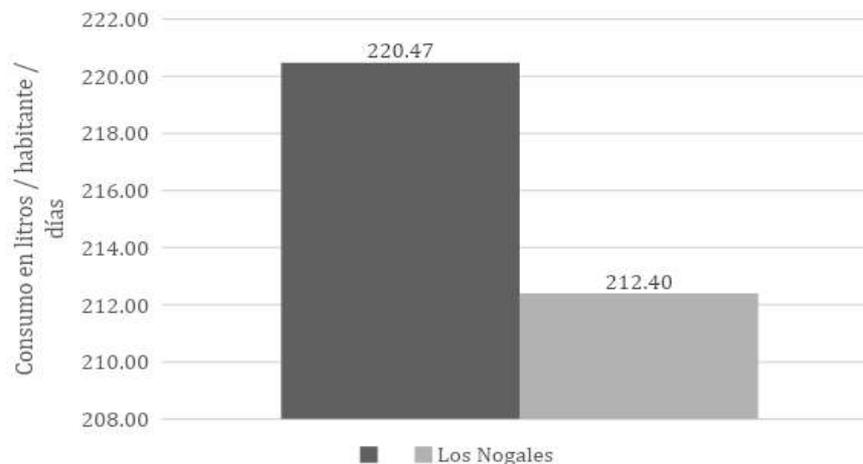


Figura 5. Consumo de agua en las Urbanizaciones de Colinas de Challuabamba y Los Nogales. Fuente: Elaboración propia.

2. Discusión

El uso de agua en la urbanización Colinas de Challuabamba se encuentra dentro del rango establecido por la NEC-11, que estipula un intervalo de 200 a 350 l/habitante/día. Los datos analizados indican que la medida de empleo de agua por habitante asciende a 220.47 l/habitante/día, criterio que se alinea con las directrices mencionadas. En el caso de la urbanización de Los Nogales, el promedio de uso de agua potable por habitante, es de 212.40 l/habitante/día. datos que igualmente están dentro del rango establecido por la Norma Ecuatoriana de la Construcción. No obstante, ninguno de los sectores se ajusta al rango de 120 a 200 litros diarios por habitante, del modelo de evaluación rápida del crecimiento y desarrollo de las ciudades intermedias (ICES) determina como apropiado. (BID, 2013).

2.1 Inodoros

Las especificaciones establecidas en la Norma NTE INEN 1571:2011, sección 3.1.6.7, que determina el consumo máximo de agua para inodoros por descarga:

- Inodoros de alta eficiencia, con una descarga de 4,8 litros.
- inodoros de bajo consumo, con una descarga de 6,2 litros.
- Inodoros doble descarga, límite máximo de consumo de 4.8 litros.

De este modo, al analizar los datos recopilados en la Tabla 3 para la Urbanización Colinas de Challuabamba, se observa que el 62% de los hogares utiliza inodoros de doble descarga,

mientras que el 38% prefiere modelos estándar de bajo consumo. En contraste, en Los Nogales, solo el 10% de las viviendas encuestadas utiliza inodoros de doble descarga, evidenciando una baja adopción con solo 8 residencias equipadas.

Para el cálculo de consumo de agua por los inodoros es imperativo el tiempo que la persona promedio permanece dentro su hogar. Es importante señalar que, de acuerdo con el código de trabajo vigente en Ecuador, se asigna un periodo estándar de 8 horas para las actividades laborales, y se designa un lapso similar para la jornada de estudio, según se especifica en la tabla 8 adjunta:

Tabla 8. Análisis de horas que una persona para en el domicilio en Colinas de Challuabamba

Actividades	Colinas Challuabamba	Los Nogales
Trabajo o Estudio	8h	–
Trasporte	1h	2h
Ocio	1h	2h
Total	10h30	4h
Resta de horas:		
Horas día	24h	24h
Horas fuera de casa	10h30	4h
Dormir	8h	8h
Total, dentro de casa	5.70h	12h

Por otra parte, es importante señalar que una persona promedio descarga el inodoro de 6 a 8 veces al día si se encontrara en la vivienda las 24 horas (Hernández, 2019). Esto destaca la relación directa entre el consumo de agua y las horas que una persona pasa en su residencia.

Consumo por persona

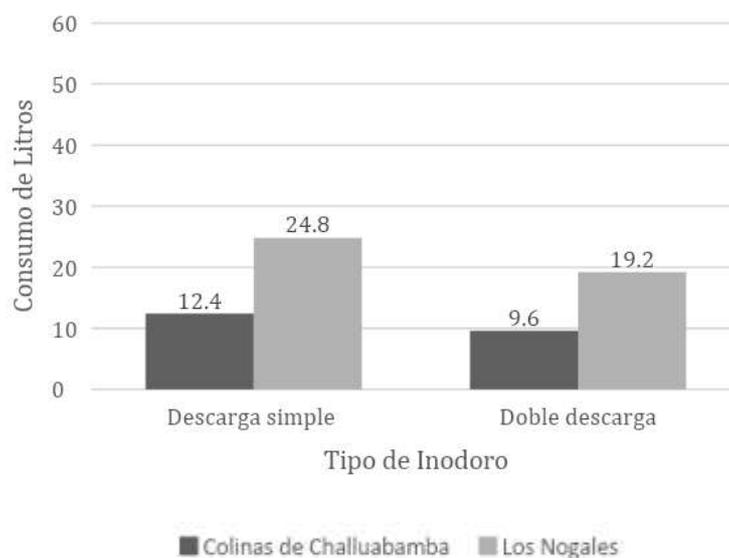


Figura 6. Consumo de agua potable mediante inodoro por Familia

Colinas de Challuabamba

En relación con el consumo individual en Colinas de Challuabamba figura 6, donde se estima que cada persona realiza aproximadamente 2 descargas diarias:

- 12.4 l/habitante/día para un inodoro de descarga simple.
- 9.6 l/habitante/día para un inodoro de doble descarga.

Los Nogales

se registra un promedio de:

- 24.8 l/habitante/día para un inodoro de descarga simple.
- 19.2 l/habitante/día para un inodoro de doble descarga.

Consumo por familia

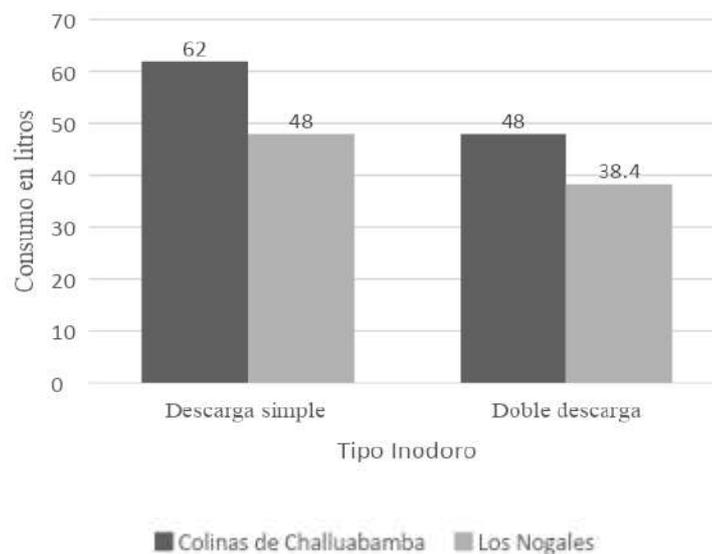


Figura 7. Consumo de agua potable mediante inodoro por persona

Colinas de Challuabamba

En el contexto de una familia promedio de la zona encuestada figura 7, compuesta por 4 miembros (2 adultos y 2 niños), el consumo total variaría entre:

- 48 l/familia/día en un inodoro de doble descarga.
- 62 l/familia/día en un inodoro de descarga simple

Los Nogales

Dentro del contexto en los Nogales la familia promedio esta compuesta por 2 personas que pasan más la mayoría de tiempo dentro de la vivienda. En la cual el consumo es:

- 38.4 l/familia/día en un inodoro de doble descarga.
- 48 l/familia/día en un inodoro de descarga simple.

2.2 Lavado de platos

En el análisis del consumo de agua durante el lavado de platos en una vivienda, se exploran dos opciones: el lavado a mano con el grifo abierto y el uso de una lavadora de vajilla. recalando que en un día típico se realizan tres comidas: desayuno, almuerzo y merienda. Se considera que una persona dedica aproximadamente 5 minutos al lavado de dos platos, un vaso y una olla

Por ello, se ha aplicado criterios respaldados por métodos de evaluación internacional como BREEAM (2011) y la normativa NTE INEN 3123 (2019).

Dispositivos ahorradores:

- Grifos de presión hidráulica de 0.3 MPa, con un caudal por minuto menor o igual a 6 litros. Datos obtenidos con la implementación de un regulador de caudal.

Consumo por persona

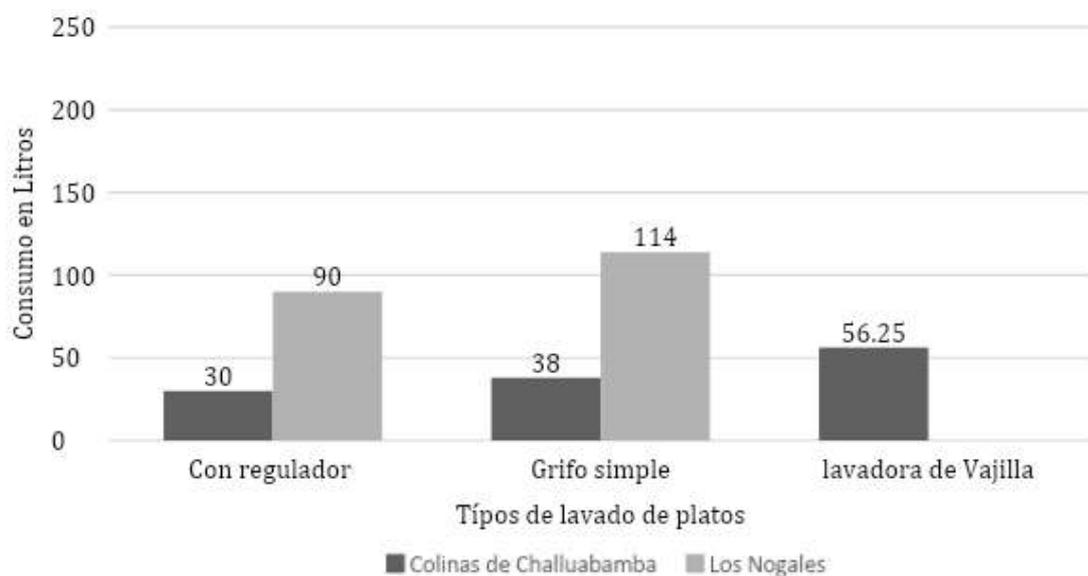


Figura 8. Consumo de agua potable mediante el lavado de platos por persona

La diferencia en los niveles de consumo de agua por persona entre Challuabamba y Los Nogales revela notables divergencias en las prácticas de utilización del recurso hídrico en el ámbito doméstico, influenciadas también por la cantidad de tiempo que las personas pasan en sus hogares. En Challuabamba, el uso de un regulador y un grifo simple contribuye a un consumo moderado, con valores específicos de 30 y 38 litros al día respectivamente, mientras que la lavadora de vajilla implica un mayor gasto, alcanzando los 56.25 litros. En contraste, en Los Nogales, se observa un incremento sustancial en todas las categorías, siendo particularmente destacable el consumo significativo con el uso de un regulador y un grifo simple, con valores específicos de 90 y 114 litros respectivamente.

Consumo por familia

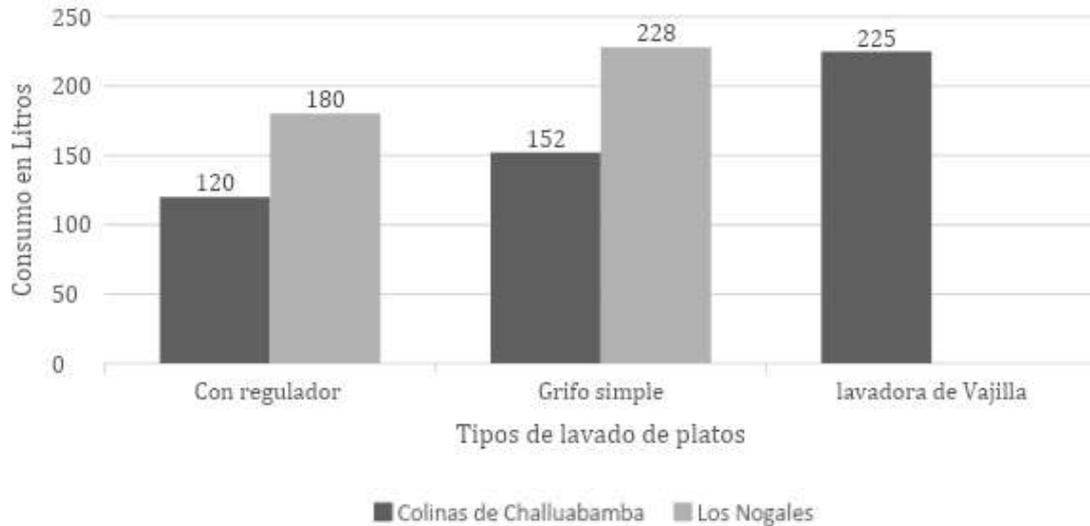


Figura 9. Consumo de agua potable mediante el lavado de platos por familia

El consumo total por familia en Colinas de Challuabamba figura 9, con un grifo estándar sería de 152 litros por familia y en los Nogales con una familia de 2 personas que pasan más dentro de la vivienda y es posible que se tenga que lavar platos de 2 a 3 principales comidas del día, tiene un consumo de 228 litros por familia al día.

No obstante, al incorporar un regulador de caudal, este valor puede reducirse significativamente. En el caso de una familia estándar de 4 personas en la Urbanización Colinas de Challuabamba, el consumo está en 120 litros al día. En contraste, en la Urbanización Los Nogales, para una familia de 2 personas, el consumo de agua potable equivale a 180 litros por familia al día.

Además, se ha considerado el uso de lavadoras de platos, las cuales presentan un consumo promedio de aproximadamente 30 litros por ciclo (Baquero, 2013). Las lavadoras estándar para uso doméstico, con una capacidad de carga que varía entre 8 y 14 lugares, realizan 1 ciclo en Colinas de Challuabamba con un consumo de 225 litros por Familia por día.

2.3 Uso de Duchas

El consumo del recurso hídrico durante una ducha está sujeto a diversas variables, como la duración de la misma, el caudal del cabezal de la ducha y las prácticas individuales. En el marco de esta investigación, se consideran parámetros específicos, como una duración estándar de 7 minutos para adultos y 12 minutos para niños y jóvenes, además de las recomendaciones de certificaciones internacionales, entre las cuales se incluyen:

- Cabezal para ducha con un flujo máximo de 11.4 litros por minuto (INEN 0968, 1996)
- Duchas de presión hidráulica de 0.3 MPa, con un caudal máximo por minuto menor o igual a 9 litros. (INEN 0968, 1996)

Consumo por persona

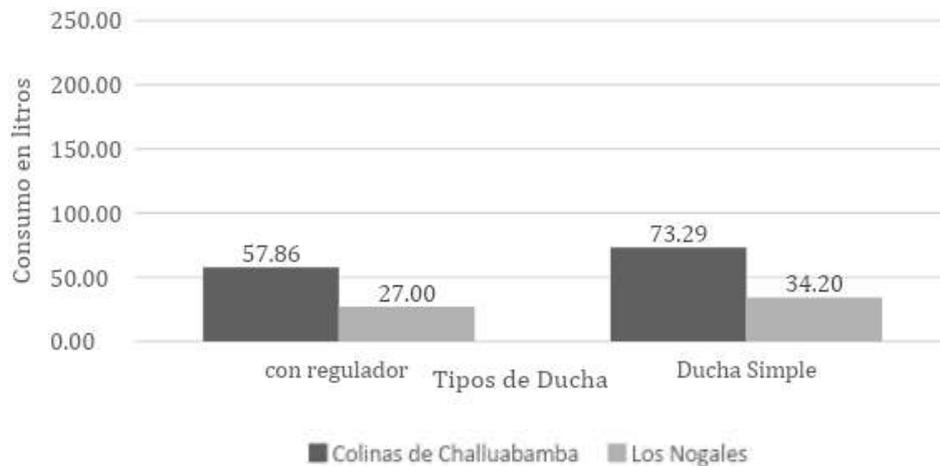


Figura 10. Consumo de agua potable toma de ducha por persona

Colinas de Challuabamba

Aproximadamente el 16% de las viviendas cuenta con cabezales de ducha de bajo flujo, los cuales reducen el consumo hasta un 50%. La frecuencia de baño puede variar según las preferencias personales, el estilo de vida, las actividades diarias y las condiciones climáticas. Sin embargo, para efectos de este estudio, se considera un valor de 3 veces a la semana. En lo cual el consumo representa figura 10:

- 56.19 l/habitante/día ducha con un cabezal convencional.
- 44.63 l/habitante/día con ducha de cabezal con regulador.

Urbanización Los nogales

En Los Nogales, solo alrededor del 5% de las personas poseen cabezales de bajo flujo, indicando una adopción limitada de prácticas de conservación. En este sector, el consumo por ducha es figura 10:

- 27 l/habitante/día ducha con un cabezal con regulador.
- 34.20 l/habitante/día con ducha de cabezal convencional

Consumo por familia

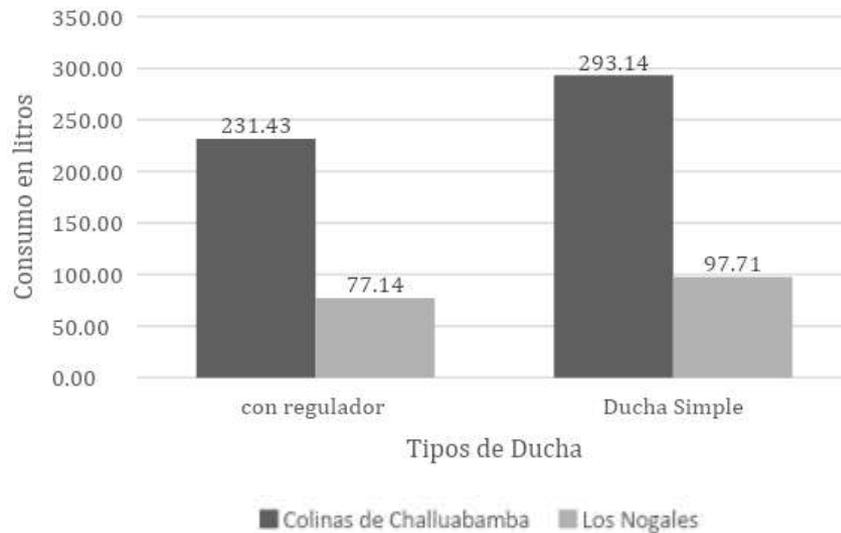


Figura 11. Consumo de agua potable mediante una ducha por familia

El consumo de agua en litros durante el uso de la ducha, diferenciando entre duchas con regulador y duchas simples. En Colinas de Challuabamba, donde se considera una familia de cuatro personas (dos adultos y dos niños), se registra un consumo más elevado alcanzando: (figura 11)

- 231.43 l/habitante/día ducha con un cabezal con regulador.
- 293.14 l/habitante/día con ducha de cabezal convencional.

Por otro lado, en Los Nogales, donde se considera una familia compuesta por dos adultos, el consumo es inferior, con: (figura 11)

- 77.14 l/Familia/día ducha con un cabezal con regulador.
- 97.71 l/Familia/día con ducha de cabezal convencional.

2.4 Lavado de Ropa

El lavado de ropa, ya sea a mano o en lavadora, revela variaciones en el tiempo dedicado y el consumo asociado. Las diferencias entre las urbanizaciones, así como los hábitos específicos de cada comunidad, tienen un impacto directo en la cantidad de agua utilizada para esta actividad diaria.

Consumo por persona

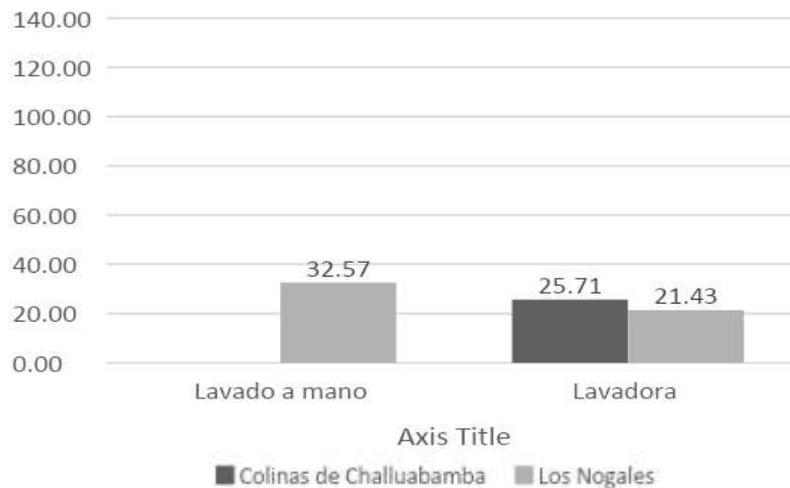


Figura 12. Consumo de agua potable mediante el lavado de ropa a mano por persona.

A Mano:

La modalidad de lavado a mano, en general, se destaca por su eficiencia en términos de consumo de agua, permitiendo un mayor control sobre la cantidad utilizada. El consumo está influenciado por el tipo de grifo, la cantidad de ropa y la eficiencia del proceso de lavado, considerando las normativas generales de grifería. (NTE INEN 3123,2019)

Según la encuesta realizada en hogares del sector de la urbanización Los Nogales que carecían de lavadoras, solo representando el 5% del total, es decir, únicamente 3 viviendas no disponían de este aparato. Por lo que, se estima que la sesión de lavado a mano puede extenderse de 30 a 60 minutos, llevándose a cabo aproximadamente 3 veces por semana.

En consecuencia, el volumen de agua utilizado por persona en el lavado manual en Colinas de Challuabamba es nulo, mientras que en las 3 viviendas que no dispone de lavadora en Los Nogales consumen 32.75 l/habitante/día. (Figura 12).

Lavado con Lavadora:

El uso de agua con lavadora varía según el tipo y eficiencia de la máquina. Las lavadoras modernas tienden a ser más eficientes en términos de consumo de agua. Se estima que el consumo es de 180 litros por ciclo, dependiendo de factores como la capacidad, la eficiencia y el tipo de lavadora. Con un consumo promedio de: (figura 12)

- 25.71 l/habitante/día en Colinas de Challuabamba
- 21.43 l/habitante/día en Los Nogales.

Consumo por Familia

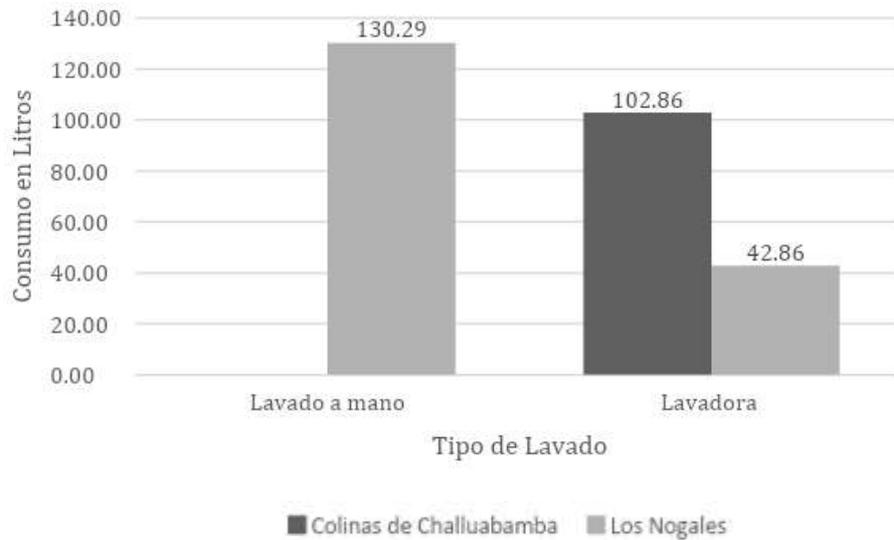


Figura 13. Consumo de agua potable mediante el lavado de ropa por familia

A Mano:

Con una familia de 2 personas, el consumo de agua a mano es de 130.29 litros por habitante por día, representados en el gráfico de la figura 13.

Lavado en Lavadora:

En Colinas de Challuabamba, con un promedio de 4 personas, se realiza un lavado de 4 ciclos en 2 días de la semana. Con una lavadora de ropa de 19 kilos, el consumo estimado es 102 litros por familia por día.

Por otro lado, en Los Nogales, con un promedio de 2 personas, se realiza un lavado de 2 ciclos en 2 días de la semana. Con una lavadora de ropa de 8 kilos, el consumo estimado es de aproximadamente 150 litros por ciclo, generando un dispendio de agua de 42.86 litros por familia por día.

2.5 Riego de Jardines

Al abordar el riego de jardines, se resalta la importancia del uso de vegetación nativa, que no solo contribuye a la estética, sino que también valora positivamente el mantenimiento con un consumo mínimo de agua. Las estimaciones del agua necesaria para el riego proporcionan información valiosa para el diseño y la planificación urbana sostenible.

Por lo que, para determinar el promedio de área verde y jardín en las residencias de las zonas analizadas, se recurrió a los datos de m^2 proporcionados por Geo Portal de la Municipalidad de la Ciudad de Cuenca. El riego de estos espacios está sujeto a diversos factores, incluyendo el tipo de vegetación, el clima y la eficiencia del sistema de riego (Jorgensen, 2019). Asimismo, se destaca que el uso de vegetación nativa es favorable, ya que valoriza el mantenimiento con un consumo mínimo de agua.

Consumo por persona

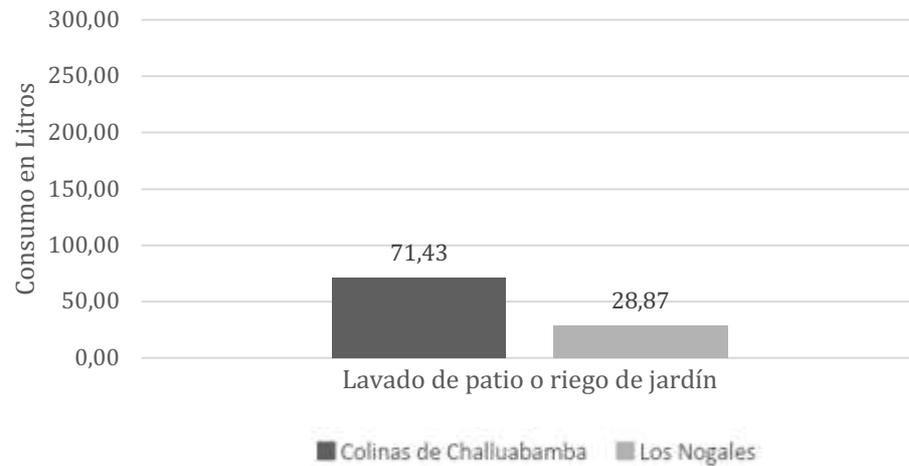


Figura 14. Consumo de agua potable mediante el riego de jardín o lavado de patio por persona.

En el caso específico de la urbanización Colinas de Challuabamba, se estima un promedio de 200 m² de patio por vivienda en la parte delantera y trasera. Al considerar que el riego de un jardín con césped natural demanda aproximadamente 10 litros diarios por metro cuadrado y del mismo modo el lavado de patio (norcesed, 2023), se calcula que se requieren 71.43 litros de por familia al día. (figura 14)

En contraste, en Los Nogales, el promedio de patio es notablemente menor, situándose en 40.42 metros cuadrados de patio o jardín. Esto resulta en un consumo de agua significativamente inferior, alcanzando los 28.87 litros de agua. (figura 14) Estas variaciones subrayan la diversidad en el diseño y el tamaño de las áreas verdes en diferentes urbanizaciones, lo cual incide directamente en el consumo de agua asociado.

Consumo por Familia

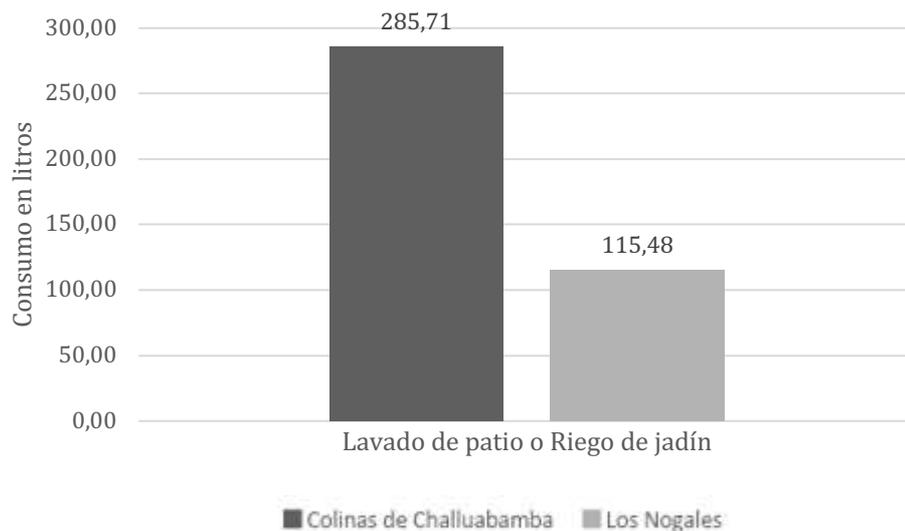


Figura 15. Consumo de agua potable mediante el riego de jardín o lavado de patio por Familia.

Como indica el grafico de la figura 15, el análisis del consumo de agua destinado al lavado de patios o riego de jardines establece diferencias entre Colinas de Challuabamba y Los Nogales.

En Colinas de Challuabamba, el consumo promedio por familia para esta actividad asciende a 285.71.14 litros por familia por día, destacando una demanda significativa de agua para el mantenimiento de áreas exteriores. En contraparte, en Los Nogales, se observa un consumo menor, registrando 115.48 litros por familia.

2.6 Lavado de carro

Los datos recopilados de las Urbanizaciones de Colinas de Challuabamba y Los Nogales revelan un patrón de consumo de agua significativo asociado a las actividades de lavado de carros. En Colinas de Challuabamba, donde el promedio es de 2 carros por familia, se registra un consumo total diario de 64.29 litros por familia. Por otro lado, en Los Nogales, con un carro de promedio, el consumo diario por lavado es de 32.14 litros por familia por día.

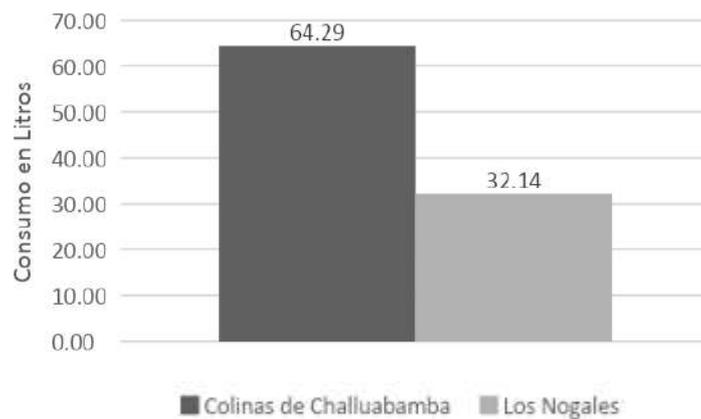


Figura 15. Consumo de agua potable mediante el lavado de carro por familia

Respecto al consumo por persona, en Colinas de Challuabamba, la cifra individual alcanza los 16.07 litros diarios. Mientras tanto, en Los Nogales, el consumo por persona asciende a 8.04 litros diarios por lavado del vehículo. Como se muestra en las figuras a continuación, un resumen de los datos obtenido:

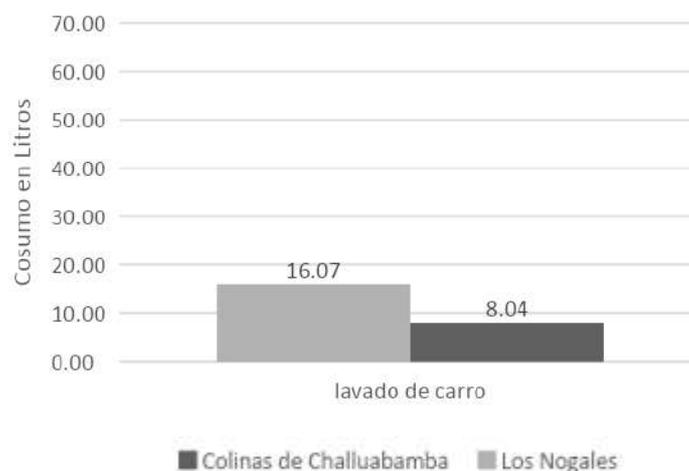


Figura 16. Consumo de agua potable mediante el lavado de carro por persona

2.7 Consumo Global

Con el objetivo de profundizar en la comprensión del consumo global de agua en las urbanizaciones especificadas, se ha llevado a cabo la elaboración de dos gráficos comparativos

descritos en las figuras 17 y 18. Estos detallan las principales actividades relacionadas con el uso de agua potable, incluyendo aspectos como el uso de inodoros, duchas, lavado ropa, platos, patio, riego de jardines y la limpieza de vehículos. Este análisis proporciona una visión integral del comportamiento del consumo hídrico en ambas urbanizaciones.

Consumo por persona

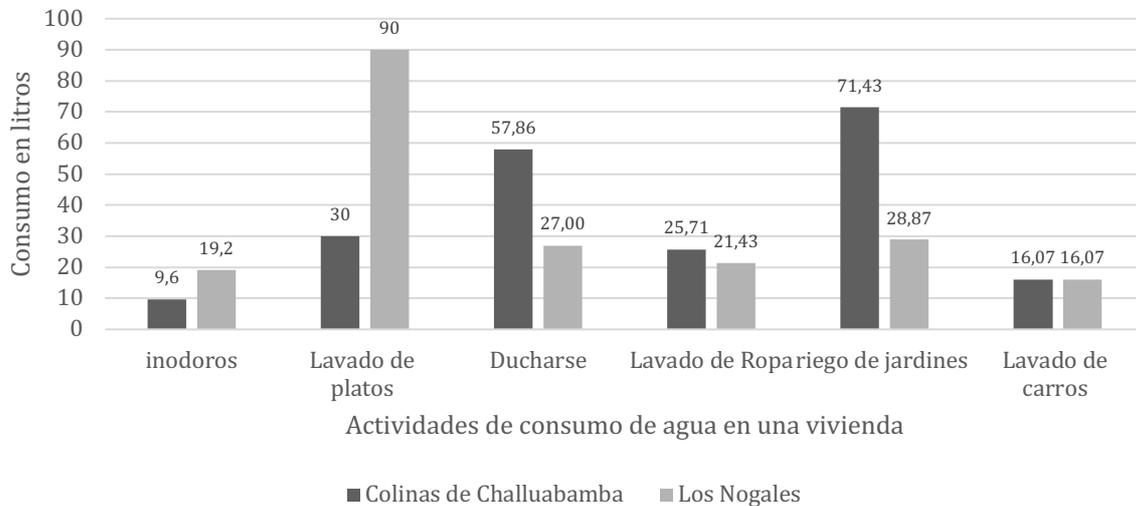


Figura 17. Consumo de agua para las viviendas por persona

En Colinas de Challuabamba, el riego de jardines destaca como la actividad con mayor consumo, registrando un índice de 71.43 litros al día, mientras que en Los Nogales este ítem muestra una cifra menor, situándose en 28.87 litros por habitante al día. Esta diferencia se explica por factores como la extensión de áreas verdes y las prácticas de conservación del agua en cada comunidad.

Por otro lado, Los Nogales presenta un consumo más elevado en actividad de lavado de platos con 90 litros al día, en comparación con los 30 litros registrados en Colinas de Challuabamba. Estas diferencias sugieren variaciones en las rutinas de vida y hábitos de consumo de agua entre ambos barrios.

Dentro de este marco, el total de consumo de agua en ambos lugares, nos da a conocer que, a pesar de las variaciones en los patrones específicos de uso, la cantidad total de agua utilizada en Colinas de Challuabamba es ligeramente superior a la de Los Nogales. Es decir, Colinas de Challuabamba presenta un total de consumo de 210.67 litros por habitante al día, mientras que Los Nogales registra 202.57 litros por habitante al día.

Consumo por Familia

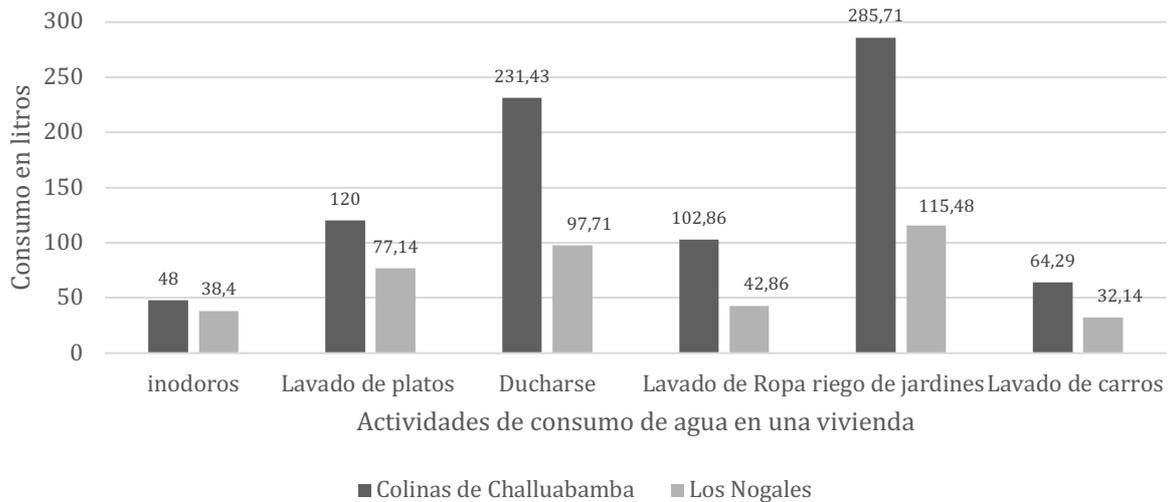


Figura 18. Consumo de agua para las viviendas por familia

Los números indican que Colinas de Challuabamba presenta un consumo total por familia de 852.29 litros, mientras que Los Nogaes muestra un consumo un tanto inferior, con 403.74 litros, ya existe una diferencia entre el total de personas que residen en la vivienda.

Al analizar específicamente las categorías de consumo, se destaca que el riego de jardines y tomar ducha como las actividades que contribuyen significativamente al consumo total de agua en ambas comunidades. Mientras que en Colinas de Challuabamba el riego de jardines representa una parte considerable del consumo, en Los Nogaes, el lavado de platos es la actividad que más contribuye.

Es importante resaltar que, además de las actividades directamente evaluadas, existen otras prácticas domésticas que incrementan el consumo de agua, como el lavado de manos, la preparación de alimentos, la higiene personal, el mantenimiento de piscinas y el uso de electrodomésticos, entre otras. Estas actividades adicionales contrastan con los datos tabulados de la empresa ETAPA EP, que reporta un consumo de 220.47 litros por persona por día en Colinas de Challuabamba y 212.40 litros en Los Nogaes.

3. Conclusión

En el marco de los objetivos trazados, este estudio proporciona una visión detallada de la utilización de agua en la ciudad específicamente en dos conocidas urbanizaciones de la ciudad, evidenciando que los niveles actuales no cumplen con estándares sostenibles. Es importante destacar que, a pesar de estar dentro de los límites establecidos por las normativas locales dentro de los parámetros establecidos por la NEC-2011 (Norma Ecuatoriana de Construcción), tanto Colinas de Challuabamba como Los Nogaes superan el rango considerado ideal para la sostenibilidad, según el modelo de evaluación rápida del crecimiento y desarrollo de ciudades intermedias (ICES) y la organización de las naciones unidas ONU.

Esta problemática no se reduce a una cuestión de cumplimiento normativo, sino que apunta directamente a la necesidad de implementar medidas más eficientes y sostenibles en el uso del agua en ambas urbanizaciones. El llamado a la acción es apremiante, especialmente en el lavado de platos y riego de jardines, labores que emergen como las de mayor consumo en ambas comunidades. La comprensión de las dinámicas y rutinas de vida específicas de cada sector es esencial, ya que estas influyen significativamente en los patrones de consumo. En Los Nogaes,

por ejemplo, el alto consumo de agua en el lavado de platos se vincula a prácticas y hábitos particulares en esta urbanización.

En conjunto, Este análisis abarca diversas dimensiones del consumo de agua en entornos residenciales, destacando prácticas positivas, áreas de mejora y la necesidad de promover la conciencia y responsabilidad en el uso de este recurso fundamental. A pesar de las variaciones en los patrones específicos de uso, la cantidad total de agua utilizada en Colinas de Challuabamba es ligeramente superior a la de Los Nogales.

Para contrarrestar estos datos y promover prácticas más sostenibles, se sugieren estrategias específicas. En Colinas de Challuabamba, donde el riego de jardines tiene un impacto significativo, podrían implementarse sistemas de riego más eficientes, como el uso de sistemas de goteo o la captación de agua de lluvia. En Los Nogales, donde el lavado de platos es un factor clave, se podrían fomentar prácticas de lavado más eficientes, como el uso de lavavajillas de bajo consumo de agua o la adopción de técnicas de lavado que reduzcan el tiempo y el volumen de agua utilizado.

La conclusión reitera la necesidad de una gestión más sostenible del agua en Cuenca, proponiendo la implementación de medidas de concientización y conservación, dentro de la ciudad, las cuales deberían marcar la diferencia. Este estudio no solo subraya los desafíos actuales, sino que también presenta una base sólida para futuras investigaciones y decisiones informadas en políticas públicas destinadas a garantizar un futuro más sostenible en términos de consumo de agua en la ciudad.

En ambas comunidades, la concientización y educación sobre el uso responsable del agua son fundamentales. Campañas de sensibilización pueden destacar la importancia de cada acción cotidiana en la conservación del recurso hídrico y ofrecer consejos prácticos para reducir el consumo. Además, el monitoreo continuo del consumo y la implementación de medidas basadas en los resultados pueden contribuir significativamente a lograr una gestión más sostenible del agua en ambos sectores.

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), y Sistemas embebidos y visión artificial en ciencias, Arquitecturas, Agropecuarias, Ambientales y Automática (SEVA4CA), por los conocimientos e información brindados para la elaboración del trabajo.

Contribución de autores: "conceptualización, J.T.Q., D.M.; metodología, J.T.Q., D.M.; investigación, J.T.Q., D.M.; redacción-revisión y edición, J.T.Q.; visualización, D.M.; supervisión, J.T.Q.; adquisición de fondos, D.M.",

Financiamiento: Los autores financiaron a integridad el estudio.

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

Referencias

1. Berhanu, B. M., Blackhurst, M., Kirisits, M. J., Jamarillo, P., & Carlson, D. (2017). Feasibility of Water Efficiency and Reuse Technologies as Demand-Side Strategies for Urban Water Management, *Journal of Industrial Ecology*, 21(2), 320–331. <https://doi.org/10.1111/jiec.12430>
2. Vásquez, L. C. (2020). *Manual BREEM es vivienda*. BRE Global Ltd. www.breeam.eswww.breeam.com

3. Cabrera M. (2023). *Factores de éxito para la sostenibilidad del manejo de juntas de agua potable en la zona rural del cantón Cuenca* [Tesis de grado] Universidad del Azuay.
4. Cominola, A., Giuliani, M., Piga, D., Castelletti, A., & Rizzoli, A. E. (2015). Benefits and challenges of using smart meters for advancing residential water demand modeling and management: A review. *In Environmental Modelling and Software* 72(2), 198–214. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2015.07.012>
5. Connor, R. (2020). *Resumen ejecutivo agua y cambio climático*. Unesco. www.unesco.org/water/wwap
6. Ellis, J., Terrazca, H., Huascar, E., Silva, M., & Zamora, R. (2014). *Guía metodológica Iniciativa Ciudades Emergentes y Sostenibles*. BID. <https://publications.iadb.org/es/guia-metodologica-programa-de-ciudades-emergentes-y-sostenibles-tercera-edicion>.
7. ETAPA EP. (2022). Gestión de Agua Potable y Saneamiento. *Rendición de Cuentas ETAPA 2022*. <https://www.etapa.net.ec/institucional/rendicion-de-cuentas/>
8. Gad Municipal. (2019). Cuenca Ciudad Sostenible. <https://propone.net/cccv.ec/docs/cuenca-ciudad-sostenible.pdf>
9. Bird, K., Gasiorowski, E. Brady, A. (2018). Agua & saneamiento. *Focus su acceso a las normas internacionales*. www.copant.org
10. Jorgensen, B., Graymore, M., & O'Toole, K. (2009). Household water use behavior: An integrated model. *Journal of Environmental Management*, 91(1), 227–236. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2009.08.009>
11. Larriva, J. (2019). Análisis de la Variación Estacional del Consumo Residencial de Agua Potable de la Ciudad de Cuenca. [Tesis de grado] Universidad del Azuay. <https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/9592/1/15225.pdf>
12. Miollis, E. (2003). Agua para todos, agua para la vida. *Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el mundo*. <https://www.un.org/esa/sustdev/sdissues/water/WWDR-spanish-129556s.pdf>
13. Naciones Unidas. (2018). La agenda y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe. CEPAL. www.issuu.com/publicacionescepal/stacks
14. Ortiz, J. M., Molina, E. X., Quesada, J. F., Calle, A. E., Orellana Valdéz, D. A. (2018). Consumo sustentable de agua en viviendas de la ciudad de Cuenca. *Ingenius*, 20, 28–38. <https://doi.org/10.17163/ings.n20.2018.03>
15. Pacheco, A., Muñoz, P., Torres Lima, A. S., & Edgar. (2016). La sustentabilidad urbana y la recuperación del espacio público Vida, milagro y obra de un barrio llamado La Floresta. *Dokumen*. <https://institutodelaciudad.com.ec/wp-content/preview/revistas/rcv4n2.pdf>
16. Peláez Ochoa, C. P., & Quesada Molina, J. F. (2023). Indicadores sostenibles urbanos para la ciudad de Cuenca: la gestión de aguas residuales. *AlfaPublicaciones*, 5(2), 59–86. <https://doi.org/10.33262/ap.v5i1.2.335>

17. Rodríguez, L., & Gómez, Y. (2007). El origen cósmico del agua. *Ciencia*. 1, 6–16. https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/58_3/PDF/03-544.pdf
18. UNESCO (2020). Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos. *Agua y cambio climático*. <https://es.unesco.org/themes/water-security/wwap/wwdr/2020#:~:text=El%20cambio%20clim%C3%A1tico%20va%20a,agua%20potable%20y%20el%20saneamiento>.
19. U.S. Green Building Council. (2009). USGBC LEED AP building design + construction study guide. U.S. Green Building Council.
20. Wan Rosely, W. I. H., & Voulvoulis, N. (2022). Systems thinking for the sustainability transformation of urban water systems. *In Critical Reviews in Environmental Science and Technology*. Ltd. <https://doi.org/10.1080/10643389.2022.2131338>
21. Zhang, W., Valencia, A., Gu, L., Zheng, Q. P., & Chang, N. Bin. (2020). Integrating emerging and existing renewable energy technologies into a community-scale microgrid. *energy-water nexus for resilience improvement*. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.115716>
22. LEED. Guía de Estudio de LEED AP Diseño y Construcción de Edificios del USGBC. *USGBC LEED AP Building Design + Construction Study Guide*. http://www.spaingbc.org/files/BD+C_StudyGuide-ES.pdf
23. Acuae Fundation (2021). Consumo de agua en el mundo. Acuae Fundation. <https://www.fundacionaquae.org/>
24. Rahmon, E. (2023). Naciones Unidas. <https://www.un.org/es/chronicle/article/agua-para-el-desarrollo-sostenible>.
25. Green building council España (2020). Consumo de agua singulares. *Guía de evaluación verde edificios*. https://gbce.es/archivos/ckfinderfiles/VERDE/VERDE_Edificios_2020_-_Guia_de_evaluacion.pdf



2024 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

Despliegue del laboratorio al campo: Diseño de un Sistema de Imágenes Hiperespectrales aéreo para la detección Temprana de Sigatoka Negra.

Jorge Ugarte-Fajardo ^{1*}   Ximena Álvarez Macias²  Angel Torres Quijije ¹ 

¹ Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Maestría en Ciencia de Datos. Quevedo. Ecuador

² Universidad de Guadalajara. Departamento de Postgrado de la Universidad de Guadalajara. Guadalajara. México

 Correspondencia: jugartef@uteq.edu.ec  + 593 996158120

DOI/URL: <https://doi.org/10.53313/gwj71111>

Resumen: En la actualidad, la agricultura se enfrenta al desafío del tratamiento de enfermedades de cultivos con fungicidas químicos, cuyos impactos negativos en la calidad de la fruta y el fomento de la resistencia del patógeno aumentan los costos y los daños ambientales. En este contexto, la detección temprana no destructiva de la Sigatoka Negra emerge como una estrategia clave para optimizar la aplicación de fungicidas y minimizar sus impactos adversos. Los Vehículos Aéreos No Tripulados (UAV) equipados con sensores y cámaras de alta resolución se han convertido en herramientas esenciales en actividades agrícolas, permitiendo la captura de imágenes de ultra alta resolución espacial y un rápido inicio de vuelo. Este estudio propone un diseño de sistema hiperespectral aerotransportado para la detección temprana de la Sigatoka Negra en plantaciones de banano. La metodología combina la teledetección aérea con técnicas de inteligencia artificial para una detección eficiente y precisa. Se establecen las especificaciones técnicas del sistema, que incluyen un espectrómetro ImSpector V10E y una cámara CMOS Kiralux montados en un dron, respaldados por una tarjeta inteligente Jetson Orin Nano 8 GB para procesamiento en tiempo real. Se recomienda la normalización y reducción de la dimensionalidad de los datos hiperespectrales para un análisis óptimo y la aplicación de técnicas de machine learning para la detección de la enfermedad. Los resultados experimentales en laboratorio muestran una alta precisión en la detección de la enfermedad, lo que destaca el potencial de esta metodología para una gestión agrícola más eficaz y sostenible.

Palabras claves: dron, imágenes hiperespectrales, espectrómetro, machine learning, Sigatoka negra, cultivo de banano.

Deployment from Laboratory to Field: Design of an Airborne Hyperspectral Imaging System for Early Detection of Black Sigatoka.

Abstract: Currently, agriculture faces the challenge of treating crop diseases with chemical fungicides, whose negative impacts on fruit quality and promotion of pathogen resistance increase costs and environmental damage. In this context, Green World Journal /Vol 07/ Issue 01/111/ January – April 2024 /www.greenworldjournal.com



Cita: Ugarte-Fajardo, J., Macias, X. Á., & Quijije, A. T. (2024). Despliegue del laboratorio al campo: Diseño de un Sistema de Imágenes Hiperespectrales aéreo para la detección Temprana de Sigatoka Negra. *Green World Journal*, 7(1), 111. <https://doi.org/10.53313/gwj71111>

Received: 23/January /2024

Accepted: 20/March /2024

Published: 27/March /2024

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.



© 2024 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>

non-destructive early detection of Black Sigatoka emerges as a key strategy to optimize fungicide application and minimize adverse impacts. Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) equipped with high-resolution sensors and cameras have become essential in agricultural activities, allowing for the capture of ultra-high spatial resolution images and rapid flight initiation. This study proposes the design of a hyperspectral system airborne on a drone for early detection of Black Sigatoka in banana plantations. The methodology combines aerial remote sensing with artificial intelligence techniques for efficient and accurate detection. Technical specifications of the system are established, including an ImSpector V10E spectrometer and a Kiralux CMOS camera mounted on a drone, backed by an 8 GB Jetson Orin Nano smart card for real-time processing. Normalization and dimensionality reduction of hyperspectral data are recommended for optimal analysis and machine learning techniques for disease detection. Laboratory experimental results show high accuracy in disease detection, highlighting the potential of this methodology for more effective and sustainable agricultural management.

Keywords: drone, hyperspectral images, spectrometer, machine learning, Black Sigatoka, banana cultivation.

1. Introducción

La producción mundial de banano representa una actividad agrícola de magnitud global, constituyendo un pilar fundamental para la seguridad alimentaria, la generación de ingresos y el crecimiento industrial en diversas naciones. Asia, encabezada por India, China, Filipinas, lidera en el cultivo de bananos con una producción significativa, seguida de cerca por América Latina y África, donde países como Ecuador, Brasil, y Ghana se destacan como principales productores [1-2].

No obstante, las plantaciones de banano enfrentan una serie de desafíos fitosanitarios, siendo la Sigatoka Negra (BLSN, por sus siglas en inglés Black Sigatoka Disease) una de las mayores preocupaciones. Esta enfermedad foliar se ha consolidado como una amenaza grave para la producción bananera debido a su impacto devastador, llegando a ocasionar pérdidas de hasta un 80 % de los cultivos.

En la actualidad, los cultivos afectados se enfrentan al tratamiento con fungicidas químicos, los cuales, impactan negativamente en la calidad de la fruta y promueven la resistencia del patógeno, aumentando los costos asociados al control de la enfermedad y los daños ambientales [3]. En este escenario, la implementación de un pronóstico temprano no destructivo de la BLSN emerge como una estrategia clave. Este enfoque permite optimizar la aplicación de fungicidas, asegurando un control efectivo de las enfermedades de las plantas mientras se minimizan los impactos adversos en el medio ambiente, el desarrollo de resistencias y la presencia de residuos de pesticidas [4].

La detección de la Sigatoka negra ha sido un tema de gran interés para los investigadores durante años, con el propósito de controlar la propagación de la enfermedad. Actualmente, la identificación de la BLSN se lleva a cabo mediante métodos invasivos como pruebas de ADN o inmunológicas, además de la evaluación visual de los síntomas [5]. Sin embargo, los métodos moleculares y serológicos presentan limitaciones significativas, siendo tardíos y requiriendo operadores entrenados. A pesar de su sensibilidad, precisión y eficacia, estas técnicas son poco confiables en las etapas asintomáticas de los patógenos vegetales, y no son adecuadas para monitorear patógenos ocultos que han ingresado a las plantas antes de manifestar síntomas visibles [6]. Además, el muestreo desde el campo hasta el laboratorio es laborioso y debe realizarse correctamente, con reducida detección de enfermedades en pocas plantas [7].

Los métodos indirectos, conocidos como "Nueva Generación", aprovechan principalmente técnicas basadas en biomarcadores, como el perfilado de metabolitos de las interacciones planta-patógeno, como la imagenología y la espectroscopia utilizando drones (Figura 1). Con estos métodos indirectos, en particular el uso de drones, se puede estimar la enfermedad con mayor precisión en comparación con los métodos de diagnóstico moleculares, serológicos y microbiológicos [6].



Figura 1. Escaneo de cultivo de banano mediante un dron.

En el ámbito de la Agricultura de Precisión, se resalta el uso de tecnologías avanzadas, como los sistemas de imágenes hiperespectrales (HSI) y multiespectrales. El análisis de imágenes hiperespectrales ha facilitado la detección de enfermedades en diversas plantas al revelar cambios estructurales y químicos durante la patogénesis [10]. Investigaciones anteriores, abarcando una amplia gama de cultivos como remolacha [11], trigo [12], tomate [13], lechuga [14], arroz [15], cebada [16], tabaco [17], soya [18], entre otros [19], han contribuido al entendimiento de la relación entre las infecciones y las variaciones de las firmas espectrales de las hojas.

La utilización de sistemas hiperespectrales estacionarios con fines de detección de enfermedades en plantas de banano ha sido objeto de múltiples investigaciones llevadas a cabo en ambientes de laboratorio. Liao et al. exploraron las características espectrales-espaciales de las hojas de banano mediante el análisis de imágenes hiperespectrales de series temporales y el uso de operadores morfológicos avanzados [20]. Estas características, combinadas con una reconstrucción parcial, se ingresan en un clasificador que puede predecir la enfermedad en hojas de banano previamente infectadas. Bendini et al. calcularon índices de vegetación a partir de la reflectancia hiperespectral para caracterizar la Sigatoka Negra y la Amarilla [21]. Por otro lado, Krishnan et al. emplearon un procedimiento híbrido de fuzzy C-means para llevar a cabo la segmentación y clasificación de imágenes hiperespectrales [22]. Además, para la identificación de enfermedades en plantas de banano, se extraen características relacionadas con el color, la forma y la textura. Ugarte Fajardo et al. proponen la detección temprana de la BLSA en los estados presintomático, estadio 1 y estadio 2, resaltando la importancia crítica de la detección en estas etapas para la implementación oportuna de estrategias de control. La técnica de clasificación utilizada en este estudio fue PLS-PLR y HS-Biplot, logrando una precisión del 98% [23].

Para avanzar hacia la aplicación práctica de esta metodología y facilitar la transición del entorno de laboratorio al campo, el uso de la teledetección aérea (Remote Sensing) mediante drones (Vehículos Aéreos No Tripulados (UAV)), combinado con técnicas de inteligencia artificial, puede ser una manera eficiente y económica de detectar enfermedades en cultivos y plantas en una variedad de campos agrícolas, desde invernaderos hasta grandes explotaciones [24,25].

La detección automática de enfermedades en plantas a través de UAS (Unmanned Aerial Systems) es un campo que ha surgido en las últimas décadas con un gran potencial de investigación futura, dado que las enfermedades individuales pueden tener síntomas drásticamente diferentes en

muchas especies hospedantes diferentes [28]. Kurihara et al. presentaron un sistema de imágenes hiperespectrales equipado con un espectrómetro secuencial bidimensional montado en un UAV [29]. La tecnología de filtro sintonizable de cristal líquido se aplica al espectrómetro hiperespectral para el escaneo de longitudes de onda en 460–780 nm. Zarco-Tejada et al. llevaron a cabo la estimación del contenido de carotenoides foliares mediante el cálculo de índices de vegetación R_{515} / R_{570} utilizando imágenes hiperespectrales de alta resolución adquiridas desde un vehículo aéreo no tripulado (UAV), logrando estimar mapas que muestran la variabilidad espacial del contenido de carotenoides en las hojas [30]. Kang et al. evaluaron el uso del generador de imágenes hiperespectrales 'Headwall Nano-Hyperspec' a bordo de un sistema de aeronave pilotada remotamente (RPAS) DJI Matrice 600 Pro UAV para inspeccionar la salud de las plantas y la calidad del agua en Ontario [31]. En el estudio de Abdulridha et al., se utilizaron imágenes hiperespectrales (380–1020 nm) y un modelo de función de base radial (RBF) para desarrollar la detección de diferentes etapas de desarrollo de enfermedades (asintomática, temprana, intermedia y tardía) del mildiú polvoriento (PM) en calabaza. Los datos se recopilieron tanto en el laboratorio como en el campo utilizando un vehículo aéreo no tripulado (UAV) [13].

La capacidad de movilidad y flexibilidad proporcionada por la plataforma aérea puede superar las limitaciones geográficas y permitir la obtención de datos hiperespectrales en tiempo real. La transición de los sistemas hiperespectrales estacionarios a soluciones áreas utilizando drones representa una herramienta invaluable para los agricultores al proporcionar información precisa y oportuna que les permite tomar decisiones informadas y mejorar la eficiencia y productividad de sus operaciones agrícolas. El objetivo de esta investigación es presentar una propuesta de diseño para un sistema hiperespectral que utilice un dron como plataforma para la detección de la Sigatoka Negra en los cultivos de forma eficiente y precisa.

2. Materiales y métodos

La metodología se basó en tres etapas: el diseño del sistema hiperespectral aéreo, calibración del sistema, análisis de imágenes hiperespectrales.

2.1 Sistema Hiperespectral aéreo.

El sistema hiperespectral aerotransportado incluye cuatro componentes: sensor hiperespectral, cámara, computador y el dron.

2.1.1 Sensor Hiperespectral

El sensor hiperespectral o espectrómetro es un dispositivo diseñado para capturar el valor de reflectancia en una amplia gama de longitudes de onda dentro del espectro electromagnético.

Los sistemas hiperespectrales constan de cuatro componentes principales: la fuente de luz, las lentes, el espectrógrafo y el detector de área (Figura 6). En entornos de laboratorio para la obtención de imágenes hiperespectrales (HSI), generalmente se emplean lámparas halógenas y LED como fuentes de luz, mientras que los sistemas HSI aerotransportados utilizan la radiación solar. Las lentes de objetivo definen el enfoque de la luz entrante en el detector, creando cada píxel en la imagen resultante. El espectrómetro, una parte esencial del sistema HSI, utiliza una rejilla de difracción para descomponer la luz entrante en diferentes longitudes de onda. El detector de área convierte los fotones en energía eléctrica, la cual se digitaliza posteriormente. El dispositivo de carga acoplada (CCD) es el detector más comúnmente utilizado para este propósito, conformado por fotodiodos dispuestos en una matriz 1D o 2D. Como alternativa, el sensor CMOS ofrece una mayor velocidad y un menor costo [42].

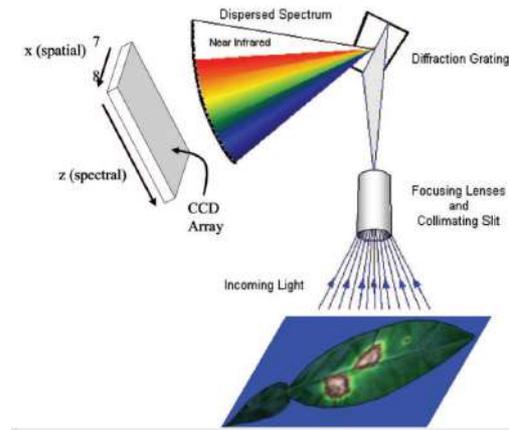


Figura 6. Diagrama esquemático de un espectrómetro [9].

Existen cuatro técnicas disponibles para la adquisición de imágenes hiperespectrales: exploración por punto (whisk-broom), barrido por línea (push-broom), barrido por área (spectral scanning) y captura instantánea (shot non-scanning) (Figura 7).

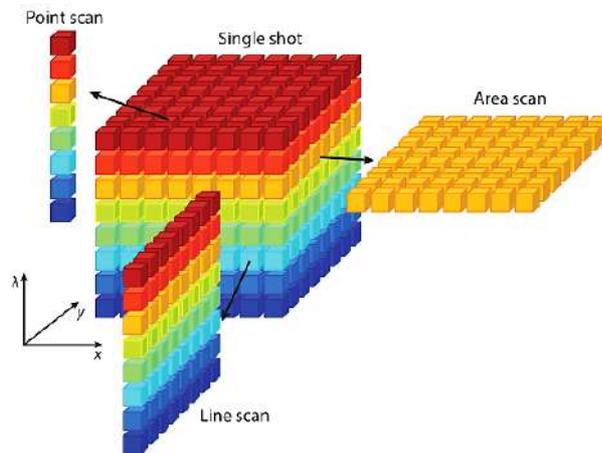


Figura 7. Métodos de adquisición de imágenes hiperespectrales [43].

El ImSpector V10E (SPECIM) es un escáner de línea (push-broom) que ha sido evaluado en varios trabajos de investigación con resultados sobresalientes [23, 47, 48]. El ImSpector V10E presenta diversas ventajas, como una excelente resolución espectral, una alta velocidad de adquisición de datos y está equipado con un sensor CMOS de alta sensibilidad. Esto asegura una calidad de imagen excelente incluso en condiciones de iluminación desafiantes en tiempo real. Además, gracias a su diseño compacto y ligero, es fácil de integrar en diversas plataformas, lo que lo convierte en una opción ideal para aplicaciones móviles y de campo [49,50].

2.1.2 Cámara

El sistema HSI propuesto se compone de un espectrómetro ImSpector V10E (Spectral Imaging Ltd.) conectado a una cámara CMOS Kiralux de 2.3 MP (Thorlabs) montados en un dron con las características indicadas en el apartado anterior. El espectrómetro puede ser acoplado e integrado con la cámara monocromática utilizando un montaje estándar C-mount para construir una cámara hiperespectral de imagen lineal.

La cámara CMOS Kiralux de 2.3 MP (Thorlabs) está diseñada para aplicaciones científicas y técnicas que requieren imágenes precisas y detalladas. Su alta resolución permite obtener imágenes nítidas y claras para una amplia variedad de aplicaciones. Incorpora un sensor CMOS avanzado que proporciona una excelente sensibilidad a la luz y un rendimiento óptimo en condiciones de iluminación variable. Además, la cámara Kiralux está equipada con una interfaz estándar que facilita su integración con el sensor hiperespectral. Gracias a su diseño compacto y robusto, es ideal para su uso en sistemas aerotransportados.

2.1.3 Computador

El sistema computacional en un sistema aerotransportado demanda una alta capacidad de procesamiento y almacenamiento de imágenes en tiempo real, manteniendo un perfil físico reducido para no comprometer las condiciones de vuelo del dron. Unidades de almacenamiento de gran capacidad, como discos duros SSD de tamaño considerable, ofrecen el espacio necesario para almacenar grandes volúmenes de datos de imágenes hiperespectrales. Además, una potente unidad de procesamiento, como el miniordenador Jetson Orin Nano, posibilita el análisis y procesamiento eficiente de imágenes mientras el dron se encuentra en vuelo. Esta capacidad de procesamiento en tiempo real es esencial para aplicaciones que requieren respuestas rápidas y toma de decisiones instantáneas, como la detección de enfermedades en cultivos.

2.1.4 Dron

Los drones se han categorizado en dos tipos principales según el movimiento de las alas, es decir, de ala fija y de ala rotatoria. Los primeros son drones de despegue y aterrizaje en pista, mientras que los segundos son de despegue y aterrizaje vertical (Vertical Take-Off and Landing) [51] [52]. Los más utilizados en la actividad agrícola son los multirrotores cuadricópteros que tienen un tiempo de vuelo de 30 minutos y pueden cubrir hasta 65 hectáreas por vuelo [53].

Los drones multirrotor rotativos pueden volar a altitudes más bajas, y sus cámaras ofrecen una resolución superior de la distancia de muestreo en tierra (GSD). Dependiendo del número de rotores, pueden ser de tres (tricópteros), cuatro (cuadricópteros), seis (hexacópteros) y ocho (octocópteros). Algunas ventajas de este tipo de drones incluyen el despegue y aterrizaje vertical, la capacidad de capturar medidas de plantas muy detalladas, la capacidad de recuperación automática, la capacidad de flotar y volar a baja altura, aunque tienen baja velocidad y poca resistencia [6].

2.2 Calibración del sistema

La calibración del sistema para asegurar un adecuado escaneo de las imágenes se requiere la aplicación de métodos estándar de calibración espectral, radiométrica y espacial.

De acuerdo con la investigación realizada por Ochoa et al., la calibración espectral se realiza utilizando lámparas de descarga que contienen gases como mercurio (Hg), argón (Ar) y helio, las cuales emiten líneas espectrales específicas. Estas líneas se utilizan para estimar la longitud de onda correspondiente a cada píxel del dispositivo de acoplamiento de carga (CCD). Los espectros generados permiten calibrar las posiciones de las bandas espectrales en la imagen [54].

El resultado de la calibración del sistema hiperespectral estacionario se puede expresar mediante la relación definida por la siguiente ecuación:

$$\lambda(\text{row}_i) = 0,000022 * \text{row}_i^2 + 0,586019 * \text{row}_i + 386,829(\text{nm}) \quad (1)$$

Donde,

row_i es la posición de la banda espectral

$\lambda(\text{row}_i)$ es la longitud de onda en la posición row_i

La calibración radiométrica se utiliza para disminuir la influencia de las variaciones en la intensidad de la luz y el ruido del sensor CCD. Con este fin, se capturaron imágenes de referencias blancas y negras. La normalización de la imagen espectral en bruto se realiza utilizando la siguiente ecuación:

$$R_{\lambda} = \frac{I_{\lambda} - D_{\lambda}}{W_{\lambda} - D_{\lambda}} \quad (2)$$

(2)

Donde,

R_{λ} es la reflectancia en la longitud de onda λ .

I_{λ} es la intensidad de luz medida en la longitud de onda λ .

W_{λ} es la intensidad de referencia (blanco) medida en la longitud de onda λ .

D_{λ} es la intensidad obtenida por el sensor cuando no recibe luz (negro).

La calibración espacial implica ajustar el movimiento del dispositivo de transporte para evitar el submuestreo o sobremuestreo de los frames capturados (líneas de barrido). Cuando el espectrómetro se desplaza demasiado rápido, se obtiene información incompleta del objeto o submuestreo. Por el contrario, si el espectrómetro se mueve muy lentamente, se registra información redundante, lo que provoca la superposición de regiones o sobremuestreo. Para abordar este problema, se ajusta la velocidad y la altura de vuelo del dron.

2.3 Análisis de imágenes hiperespectrales

Tomando en cuenta los prometedores resultados obtenidos en la investigación realizada por [23] que utilizaron un sistema hiperespectral estacionario basado en el espectrómetro Inspector V10E, se estableció el procedimiento que se detalla a continuación para analizar los cubos hiperespectrales.

2.3.1 Preprocesamiento de imágenes

Con el fin de excluir las áreas de las imágenes que no sean relevantes para el análisis de la vegetación y, por consiguiente, identificar las regiones de interés, se sugiere aplicar una técnica de segmentación basada en la imagen a una longitud de onda de 700 nm. De esta manera, se puede utilizar la intensidad de los píxeles para diferenciar entre las plantas y el fondo en las imágenes.

Para corregir las disparidades de escala en las mediciones de reflectancia, ocasionadas por efectos como la longitud de trayectoria, variaciones en la fuente o el detector, y otros factores asociados a la sensibilidad instrumental, así como para mitigar las variaciones de reflectancia derivadas de la orientación relativa entre la superficie de la hoja y el sensor, se procedió a normalizar cada cubo hiperespectral mediante la técnica de varianza normal estándar (SNV) (Ec. 3).

$$x_{inorm} = \frac{x_i - \bar{x}_i}{\sigma_i} \quad (3)$$

Donde,

x_{inorm} es la reflectancia normalizada para una posición i .

x_i es la reflectancia sin normalizar en una posición i .

\bar{x}_i es la media de la reflectancia en todas las longitudes de onda para una posición i .

σ_i es la desviación estándar de la reflectancia en una posición i .

Para concluir, se llevó a cabo una reducción de la dimensionalidad del cubo hiperespectral, mediante el cálculo del promedio de los valores de reflectancia registrados en cada longitud de onda. Esto generó un vector espectral para cada imagen, el cual representa la firma espectral. En la Figura 7, se presentan las firmas espectrales correspondientes a hojas de banana, tanto sanas como infectadas, en diferentes niveles de gravedad de la enfermedad.

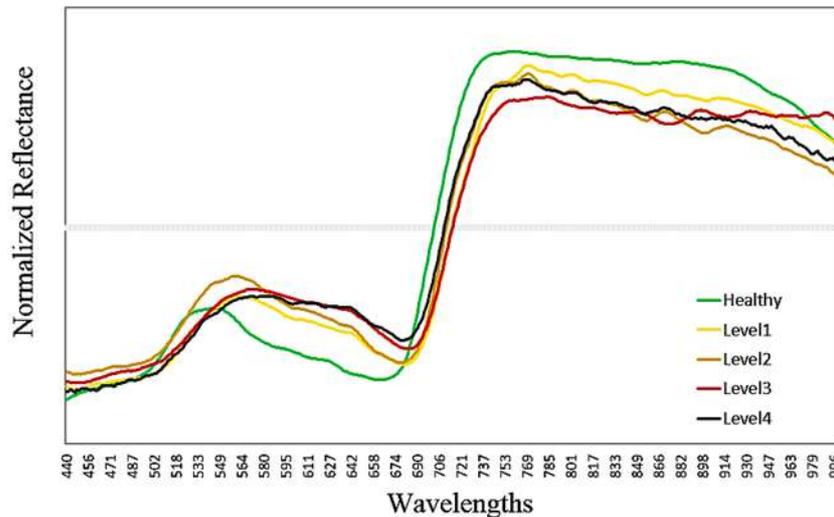


Figura 7. Firmas espectrales de regiones sanas y enfermas.

2.3.2 Entrenamiento y validación de modelos machine learning.

Dada la disposición tabular de los datos, es viable utilizar técnicas de aprendizaje automático para la clasificación de imágenes. Entre estas técnicas que han demostrado una clasificación efectiva con niveles de precisión elevados se incluyen: máquinas de vectores soporte (SVM), mínimos cuadrados parciales análisis discriminante (PLS-DA), redes neuronales artificiales perceptrón multicapa (ANN-MLP), mínimos cuadrados parciales regresión logística penalizada PLS-PLR entre otras. El algoritmo PLS-PLR, propuesto por Ugarte Fajardo et al., (2020), integra la reducción de dimensionalidad de PLS con la regresión logística, siendo particularmente efectiva para la clasificación binaria de datos con alta dimensionalidad y multicolinealidad. Asimismo, en otro estudio realizado por Ugarte Fajardo et al., (2022), se llevó a cabo una comparación entre los resultados obtenidos con el modelo PLS-PLR y aquellos generados con SVM, ANN-MLP y NPLS-DA. Para el entrenamiento de los modelos se empleó validación cruzada, seguida de una evaluación del desempeño mediante una prueba de validación externa. En cada fase de evaluación se consideraron métricas de predicción tales como exactitud, precisión, sensibilidad e índice F1. Además, en la prueba de validación externa se incorporó la índice área bajo la curva ROC (AUC) para cada modelo.

3 Resultados

3.1 Descripción del UAV

Plataforma de cuadricóptero con despegue y aterrizaje vertical equipado con cuatro motores alimentados por una batería que puede volar mediante control remoto o de forma autónoma con la ayuda de su receptor de Sistema de Posicionamiento Global (GPS) y su sistema de navegación por puntos de referencia.

Las especificaciones técnicas y condiciones operativas del UAV se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Especificaciones técnicas y condiciones operativas del UAV

Descripción	valor
Velocidad de ascenso mínimo:	5 m/s
Velocidad de funcionamiento mínimo:	10 m/s
Empuje mínimo:	100 N
Carga mínima:	5 kg
Tiempo de vuelo mínimo:	50 minutos
Batería:	LiPo recargable ¹
Motores:	motores de núcleo plano ²
Hélice:	optimizada CFD ³
Carcasa:	de carbono (cerrada)
Protección:	IP43 ⁴
Temperatura:	hasta 50 °C
Humedad:	máx. 90% h.r.
Susceptibilidad al viento mínima:	imágenes sin vibraciones de hasta 6 m/s
Alcance de vuelo:	mín. 500 m con mando a distancia.
Techo de servicio:	mínimo 500 m ASL (Above Sea Level)
Altitud de despegue:	min 1000 m above sea level.

¹Baterías recargables de ion de litio (LiPo): Estas baterías recargables están fabricadas con polímero de ion de litio y son ampliamente utilizadas en dispositivos electrónicos. Se destacan por su alta densidad energética y su larga vida útil.

²Motores de núcleo plano: Los motores planos son motores eléctricos que tienen un diseño plano en forma de disco. Son empleados en drones debido a su tamaño compacto, peso ligero y eficacia.

³Hélice optimizada CFD: dinámica de fluidos computacional (CFD, por sus siglas en inglés) es una técnica de simulación utilizada para optimizar su rendimiento aerodinámico. Al aplicar CFD al diseño de las hélices de un dron, se pueden simular diferentes geometrías y configuraciones de hélices para determinar cuál proporciona el mejor rendimiento en términos de eficiencia, empuje, resistencia y otros factores.

⁴Protección IP43: La clasificación de protección IP43 indica el nivel de protección contra la entrada de sólidos y líquidos según la norma IP (Ingress Protection). IP43 significa que el dron está protegido contra objetos sólidos de tamaño moderado (I4) y contra salpicaduras de agua (P3), aunque no es completamente resistente al polvo ni al agua.

3.2 Descripción del sensor hiperespectral

La serie Enhanced ImSpector V10E (Figura 8) ofrece un rendimiento mejorado y está diseñada para aplicaciones que requieren alta resolución espacial o espectral. Cuenta con controles avanzados de distorsión espectral y se adapta a detectores de mayor tamaño con más píxeles y más pequeños.

Tabla 2. Especificaciones técnicas del ImSpector V10E

Descripción	valor
Resolución espectral	2.8 nm
Tamaño de la imagen	spectral 6.15mm, spatial 14.2mm
Longitud de onda	400 - 1000 nm

Dispersión	97.5 nm / mm
Apertura numérica	F/2.4 ¹
Ancho de la rendija	30 μ m
Longitud de la rendija	14.2 mm
Montura de lente y cámara	Standard C-mount adapter
Profundidad de bits	8 bit
Dimensiones	(W) 60 x (H) 60 x 175 mm
Peso	1100 g

¹La notación "F/2.4" define la cantidad de luz que puede ser recogida y enfocada por el sistema óptico del espectrómetro. El término "F" hace referencia a la distancia focal del sistema óptico del espectrómetro, mientras que "2.4" representa la relación entre dicha distancia focal y el diámetro de la apertura de la lente de entrada.



Figura 8. Vista del espectrómetro ImSpector V10E.

3.2 Descripción de la cámara

En la Tabla 3 se muestran las especificaciones de la cámara.

Tabla 3. Especificaciones técnicas de la cámara CMOS Kiralux de 2.3 MP (Thorlabs).

Descripción	Valor
Modelo	CS235MU
Resolución	2.3 Megapixels (1920 x 1200)
Sensor	Monochrome
Modo de Exposición	Global Shutter
Interfaz y Cable Incluido	USB 3.0
Disparador de Entrada/Salida	Yes
Área de Imagen (Horizontal x Vertical)	11.251 mm x 7.032 mm
Tamaño de Píxel	5.86 μ m, Square
Formato Óptico	1/1.2"
Velocidad Máxima de Fotogramas	39.7 fps
Resolución del Convertidor	12 Bits
Analógico-Digital (ADC)	
Tipo de Obturador del Sensor	Global Shutter
Eficiencia Cuántica Máxima	78%
Ruido de Lectura	<7 e ⁻ RMS
Velocidad del Reloj del Píxel	99 MHz
Agrupamiento de Píxeles Vertical y Horizontal	1 x 1 to 16 x 16

Región de Interés (ROI)	92 x 4 Pixels to 1920 x 1200 Pixels, Rectangular
Montura de Lente	C-Mount
Características de Montaje	Two 1/4"-20 Taps for Post Mounting, 30 mm
Interfaz	Cage Compatible USB 3.0
Consumo de Energía	3.25 W @ 39.7 fps (Full Sensor ROI)
Temperatura Ambiente de Operación	50 to 104 °F (10 °C to 40 °C) (NonCondensing)
Temperatura de Almacenamiento	32 to 131 °F (0 to 55 °C)



Figura 9. Vista de la cámara CMOS Kiralux CS235MU.

3.3 Unidad de procesamiento y almacenamiento

Se recomienda utilizar una tarjeta inteligente Jetson Orin Nano 8 GB (NVIDIA) con un disco duro SSD de 1TB para manejar las tareas de almacenamiento de imágenes hiperespectrales antes de su posterior procesamiento. La unidad Jetson Orin Nano está habilitada para llevar a cabo el procesamiento en tiempo real.

El Jetson Orin Nano 8GB (Figura 9) es una potente computadora de placa única diseñada para vehículos autónomos y aplicaciones robóticas. Tiene 8 GB de memoria y una arquitectura GPU Turing, lo que lo hace adecuado para una amplia gama de aplicaciones, incluidas visión por computadora, inteligencia artificial y aprendizaje automático. Se trata de un dispositivo pequeño y ligero que mide sólo 70 x 45 mm y pesa menos de 500g, lo que facilita su uso y transporte. Además, cuenta con opciones avanzadas de conectividad, bajo consumo de energía y capacidad para operar en diversos entornos de temperatura, lo que lo convierte en una excelente opción para aplicaciones agrícolas.

Su consumo de energía está clasificado en un máximo de 15 W. Este dispositivo no tiene conectividad de pantalla, ya que no está diseñado para tener monitores conectados a él. Más bien, está destinado para su uso en computadoras portátiles y utilizará la salida del dispositivo móvil anfitrión. El Jetson Orin Nano de 8 GB está conectado al resto del sistema utilizando una interfaz PCI-Express 4.0 x4. La tarjeta mide 70 mm de longitud, 45 mm de ancho y cuenta con una solución de enfriamiento integrada. Su precio en el lanzamiento fue de 299 dólares estadounidenses.

Tabla 4. Especificaciones técnicas de la tarjeta Jetson Orin Nano 8GB

Descripción	valor
AI Performance	40 TOPS (Tera Operations per Second)
GPU	1024-core NVIDIA Ampere architecture GPU with 32 Tensor Cores
GPU Max Frequency	625MHz

CPU	6-core Arm® Cortex®-A78AE v8.2 64-bit CPU 1.5MB L2 + 4MB L3
CPU Max Frequency	1.5 GHz
Memory	8GB 128-bit LPDDR5 68 GB/s
Storage	(Supports external NVMe)
Video Encode	1080p30 supported by 1-2 CPU cores
Video Decode	1x 4K60 (H.265) 2x 4K30 (H.265) 5x 1080p60 (H.265) 11x 1080p30 (H.265)
CSI Camera	Up to 4 cameras (8 via virtual channels) 8 lanes MIPI CSI-2 D-PHY 2.1 (up to 20Gbps)
PCIe	1 x4 + 3 x1 (PCIe Gen3, Root Port, & Endpoint)
USB	3x USB 3.2 Gen2 (10 Gbps) 3x USB 2.0
Networking*	1x GbE
Display	1x 4K30 multi-mode DP 1.2 (+MST)/eDP 1.4/HDMI 1.4
Other I/O	3x UART, 2x SPI, 2x I2S, 4x I2C, 1x CAN, DMIC & DSPK, PWM, GPIOs
Power	7W – 15W
Mechanical	69.6mm x 45mm 260-pin SO-DIMM connector



Figura 9. Vista de la Unidad Jetson Orin Nano.

3.4 Análisis de los datos recopilados durante las pruebas experimentales

Utilizando el sistema hiperespectral de laboratorio se recopiló un conjunto de imágenes hiperespectrales compuesto por un total de 104 imágenes (16 no infectadas, 16 pre-sintomáticas, 54 de gravedad 1 y 18 de gravedad 2)[23]. Estas imágenes fueron sometidas a procesos de calibración y preprocesamiento, generando una matriz de dimensiones 104 filas por 520 columnas. Cada fila representa la firma espectral de una hoja, mientras que las columnas corresponden a las 520 longitudes de onda en las que se realizó la evaluación de la reflectancia. Para el entrenamiento del modelo PLS-PLR, se utilizó un coeficiente de regularización Ridge de $\lambda=0.1$. Este modelo exhibió un ajuste a los datos sobresaliente con los resultados de las métricas de bondad de ajuste diferencia de devianza, R^2 de CoxSnell, R^2 de Nagekerke, R^2 de MacFadden que se presentan en la Tabla 5.

Tabla 5. Medidas de bondad de ajuste del modelo PLS-PLR.

Diff-Deviance	R ² CoxSnell	R ² Nagelkerke	R ² MacFadden
88.488	0.573	0.994	0.991

El modelo fue sometido a una evaluación de su desempeño mediante una prueba de validación utilizando el método de validación cruzada leave-one-out (LOOCV). Como resultado de este proceso, se logró clasificar correctamente 102 hojas como no infectadas o infectadas, obteniendo así una destacada precisión general de clasificación del 98%. Es importante destacar que todas las hojas infectadas en diferentes etapas de la enfermedad fueron clasificadas con exactitud, mientras que solo 2 hojas no infectadas fueron erróneamente clasificadas. El valor predictivo positivo alcanzó un 98%, y la sensibilidad, o recall, se situó en un 100%, lo que subraya la eficacia y fiabilidad del modelo en la detección precisa de la enfermedad en las hojas. La figura 10 muestra los valores de probabilidad de infección de cada hoja.

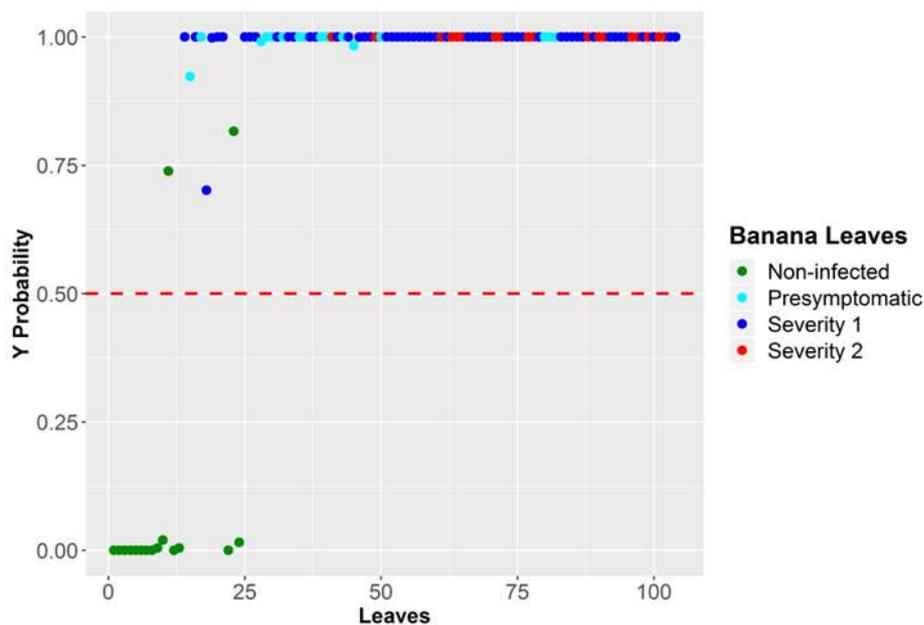


Figura 10. Probabilidad estimada por PLS-PLR con validación cruzada.

La comparación de los resultados del rendimiento de los modelos PLS-PLR, NPLS-DA, SVM y MLP reveló su elevada capacidad predictiva. Los resultados de las métricas de rendimiento evaluadas durante el entrenamiento de los modelos se presentan en la Tabla 6 [55].

Tabla 6. Métricas de predicción en fase de entrenamiento.

ENTRENAMIENTO				
Modelos	Exactitud	Precisión	Sensibilidad	F1
PLS-PLR	0.98	0.98	1	0.99
NPLS-DA	0.9	1	0.88	0.94
SVM lineal	1	1	1	1
SVM polinómico	1	1	1	1

MLP 1 capa oculta	1	1	1	1
MLP 2 capas ocultas	1	1	1	1

Los modelos PLS-PLR, SVM y MLP clasificaron correctamente todos los datos de entrenamiento, mientras que el modelo NPLS-DA no logró la separación de las clases.

En las pruebas de validación, todos los modelos arrojaron resultados similares, aunque el modelo PLS-PLR mostró una mayor precisión. El modelo NPLS-DA obtuvo las calificaciones más bajas según se muestra en la Tabla 7.

Tabla 7. Métricas de predicción en fase de validación.

VALIDACIÓN				
Modelos	Exactitud	Precisión	Sensibilidad	F1
PLS-PLR	0.94	0.94	0.94	0.94
NPLS-DA	0.91	0.88	0.94	0.91
SVM lineal	0.94	0.89	1	0.94
SVM polinómico	0.94	0.89	1	0.94
MLP 1 capa oculta	0.94	0.89	1	0.94
MLP 2 capas ocultas	0.94	0.89	1	0.94

El índice AUC fue de 0.94 para los modelos PLS-PLR, SVM y MLP, mientras que el modelo NPLS-DA obtuvo un valor de 0.91. Estos resultados indican una capacidad de discriminación muy buena en todos los modelos evaluados.

4 Discusión

La agricultura de precisión representa un factor clave en la revolución agrícola. Entre los beneficios que ofrece se encuentran la ayuda para definir las propiedades y características del suelo que permitan una productividad óptima, ayuda al uso eficiente de los recursos, reducir los costos y mitigar el impacto medioambiental. El uso de tecnologías avanzadas permite la aplicación focalizada de los productos fitosanitarios, controlar el funcionamiento de los equipos en tiempo real, hacer estimaciones de rendimientos y la identificación enfermedades de las plantas que se basan en métodos no destructivos en etapas iniciales permitiendo la gestión oportuna para evitar la propagación de la enfermedad y minimizar el efecto de los fungicidas en el medio ambiente.

El avance en la miniaturización de los sensores hiperespectrales permite su integración en vehículos aéreos no tripulados (UAVs), lo que promete revolucionar la detección de problemas agrícolas, incluso para pequeños agricultores. Los drones, equipados con múltiples motores, pueden volar con agilidad, mantenerse estables en un punto y realizar maniobras rápidas, lo que los hace ideales para diversas tareas en el campo.

Los sensores hiperespectrales registran la energía reflejada por una fuente de luz y generan firmas espectrales únicas de las hojas de banano, que pueden utilizarse para detectar la Sigatoka negra y otras enfermedades. La calidad de estas señales espectrales está influenciada por diversos factores, como el sistema del sensor (lentes, espectrógrafo y detector de área), la escala de medición (hoja, planta o campo) y el análisis e interpretación de los datos. Dado que la recolección y el

procesamiento de imágenes en estos sistemas pueden sufrir una pérdida significativa de información debido a la obstrucción de la luz por el dosel vegetal, los sensores de imagen de corto alcance suelen estar más cerca del suelo y pueden llevar a cabo inspecciones agrícolas estratégicas. Estos sensores hiperespectrales compactos (de 1 a 2 kg) contienen cientos de bandas estrechas en el rango del infrarrojo cercano y pueden ser desplegados rápidamente en diferentes vehículos, tanto tripulados como no tripulados.

El sistema aéreo de imágenes propuesto fusiona tecnologías de imágenes hiperespectrales con avanzadas técnicas de análisis de datos para predecir enfermedades vegetales con alta precisión, basándose en los cambios en la reflectancia provocados por la presencia de patógenos [27]. Estudios de laboratorio han demostrado que los síntomas de la enfermedad pueden aumentar la reflectancia espectral en el rango visible (400–700 nm) y disminuirla en el infrarrojo cercano (700–1100 nm) [56]. Estos cambios en la reflectancia, asociados con alteraciones en la estructura de la hoja y la composición química del tejido, se observan durante la progresión de la patogénesis, desde el tejido clorótico al necrótico [57]. Plantas presintomáticas que no muestran clorosis ni necrosis pueden ser clasificadas correctamente por el sistema, lo que sugiere a pesar de la ausencia de síntomas visibles, ocurren cambios en las hojas de estas plantas infectadas.

La detección de enfermedades en los cultivos de banano mediante sistemas aéreos de imágenes puede ser complementada eficazmente con un sistema de aplicación de fertilizantes montado en drones. La aplicación de fungicidas constituye una parte fundamental de las estrategias de control implementadas en las etapas tempranas de las enfermedades. La aplicación selectiva y precisa de estos fungicidas permite controlar el daño ambiental, mejorar la salud de los cultivos y reducir los costos de producción. Estas aplicaciones, comúnmente realizadas mediante pulverizadores terrestres y equipos de aplicación aérea, pueden ser llevadas a cabo de manera efectiva utilizando vehículos aéreos no tripulados (UAVs) operados de forma remota. Estos drones pueden ser controlados con contacto visual directo del operador con la aeronave o de forma autónoma a lo largo de trayectorias preprogramadas utilizando tecnología GPS.

Investigaciones futuras deben enfocarse en la implementación del sistema hiperespectral montado en drones para mejorar la detección de diferentes niveles de gravedad de enfermedades en el campo agrícola, considerando otros factores que puedan provocar cambios espectrales. Este estudio tiene el potencial de mejorar el potencial de los drones en la evaluación de enfermedades en plantas para promover una agricultura sostenible, minimizando las pérdidas de rendimiento, reduciendo la aplicación de tratamientos químicos y respaldando estrategias de agricultura informadas y oportunas.

5 Conclusión

Los sistemas de imágenes hiperespectrales ofrecen un enfoque no destructivo y no invasivo para analizar enfermedades en plantas. Los progresos tecnológicos posibilitan contar con computadoras de mayor capacidad de almacenamiento de datos y más rápidas, detectores de mayor resolución y técnicas avanzadas para el análisis de imágenes hiperespectrales, lo que permite detectar enfermedades en las plantas incluso en etapas tempranas. La detección temprana de enfermedades infecciosas desempeña un papel crucial tanto en las estrategias de tratamiento como de prevención.

El objetivo principal de este estudio es proponer un sistema basado en un UAV equipado con cámaras hiperespectrales para la detección temprana de la Sigatoka negra en plantaciones de banano. Se establecen las especificaciones técnicas y configuración de los dispositivos empleados para generar imágenes con la alta resolución espectral necesaria para identificar las plantas infectadas con Sigatoka negra en los campos de banano. Esta propuesta tiene como propósito

fomentar el interés en el uso de drones en la agricultura para la detección de enfermedades en las plantas, respaldado por los resultados experimentales obtenidos en el laboratorio.

Los desafíos principales que enfrentan los vehículos aéreos no tripulados (UAV), específicamente los drones, en la agricultura de precisión abarcan la carga útil, el costo del UAV, la duración del vuelo, el análisis de datos, las condiciones ambientales y los requisitos operativos. En la actualidad, los fabricantes de tecnología ofrecen soluciones compactas con sensores integrados que abordan estos problemas en la utilización de los drones. Los sensores montados en los drones generan grandes volúmenes de datos que requieren ser almacenados, procesados y analizados de manera adecuada mediante software especializado, un desafío que ha sido mitigado con los avances tecnológicos. Asimismo, las condiciones climáticas como las precipitaciones pluviales, las nubes y la niebla constituyen otro factor limitante para las operaciones de los drones, afectando su movilidad y capacidad de percepción.

Contribución de autores: Este trabajo se llevó a cabo en colaboración entre todos los autores: conceptualización, J.U. e A.T.; metodología, J.U. e A.T.; software, J.U.; validación, J.U.; análisis formal, J.U., X.A. A.T.; investigación, J.U., X.A. e A.T.; recursos, A.T.; curaduría de datos, J.U.; redacción-revisión y edición, J.U., X.A. e A.T.; visualización, J.U., X.A.; supervisión, J.U. e A.T.; administración de proyectos, J.U.

Financiamiento: Los autores financiaron a integridad el estudio.

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

Referencias

- [1] A. Kumari et al., "Scope of Banana By-Products: A Potent Human Resource", *Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci.*, vol. 11, núm. 9, pp. 104–112, sep. 2022, doi: 10.20546/ijcmas.2022.1109.012.
- [2] Food and Agriculture Organization of the United Nations, "FAOSTAT", Crops and livestock products. Consultado: el 1 de marzo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/TCL>
- [3] A. Cervantes-Álava, A. Sánchez-Urdaneta, C. Colmenares, y J. Quevedo-Guerrero, "Evaluation of fungicides used in the management of black Sigatoka in banana cultivation", *Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad del Zulia*, vol. 40, núm. 2, Art. núm. 2, may 2023.
- [4] A. Rebollar-Alviter, M. Nita, A. Rebollar-Alviter, y M. Nita, "Optimizing Fungicide Applications for Plant Disease Management: Case Studies on Strawberry and Grape", en *Fungicides - Beneficial and Harmful Aspects*, IntechOpen, 2011. doi: 10.5772/26740.
- [5] D. Luna-Moreno et al., "Early Detection of the Fungal Banana Black Sigatoka Pathogen *Pseudocercospora fijiensis* by an SPR Immunosensor Method", *Sensors*, vol. 19, núm. 3, Art. núm. 3, ene. 2019, doi: 10.3390/s19030465.
- [6] A. Abbas et al., "Drones in Plant Disease Assessment, Efficient Monitoring, and Detection: A Way Forward to Smart Agriculture", *Agronomy*, vol. 13, núm. 6, Art. núm. 6, jun. 2023, doi: 10.3390/agronomy13061524.
- [7] F. Martinelli et al., "Advanced methods of plant disease detection. A review", *Agron. Sustain. Dev.*, vol. 35, núm. 1, pp. 1–25, ene. 2015, doi: 10.1007/s13593-014-0246-1.

- [8] J. Li, "Design and Analysis of Hyperspectral Remote Sensing Satellite System", en *Satellite Remote Sensing Technologies*, J. Li, Ed., en Space Science and Technologies. , Singapore: Springer, 2021, pp. 175–226. doi: 10.1007/978-981-15-4871-0_5.
- [9] C. H. Bock, G. H. Poole, P. E. Parker, y T. R. Gottwald, "Plant Disease Severity Estimated Visually, by Digital Photography and Image Analysis, and by Hyperspectral Imaging", *Critical Reviews in Plant Sciences*, vol. 29, núm. 2, pp. 59–107, mar. 2010, doi: 10.1080/07352681003617285.
- [10] R. Siche, R. Vejarano, V. Aredo, L. Velasquez, E. Saldaña, y R. Quevedo, "Evaluation of Food Quality and Safety with Hyperspectral Imaging (HSI)", *Food Eng Rev*, vol. 8, núm. 3, pp. 306–322, sep. 2016, doi: 10.1007/s12393-015-9137-8.
- [11] A.-K. Mahlein, "Detection, identification, and quantification of fungal diseases of sugar beet leaves using imaging and non-imaging hyperspectral techniques", Thesis, Universitäts- und Landesbibliothek Bonn, 2011. Consultado: el 19 de marzo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://bonndoc.ulb.uni-bonn.de/xmlui/handle/20.500.11811/4713>
- [12] D. Ashourloo, M. R. Mobasheri, y A. Huete, "Developing Two Spectral Disease Indices for Detection of Wheat Leaf Rust (Puccinia triticina)", *Remote Sensing*, vol. 6, núm. 6, Art. núm. 6, jun. 2014, doi: 10.3390/rs6064723.
- [13] J. Abdulridha, Y. Ampatzidis, S. C. Kakarla, y P. Roberts, "Detection of target spot and bacterial spot diseases in tomato using UAV-based and benchtop-based hyperspectral imaging techniques", *Precision Agric*, vol. 21, núm. 5, pp. 955–978, oct. 2020, doi: 10.1007/s11119-019-09703-4.
- [14] M. A. Lara et al., "Aplicación de imagen hiperespectral para observar el efecto de la salinidad en hojas de lechuga.", en *Actas del VII Congreso Ibérico de Agroingeniería y Ciencias Hortícolas / VII Congreso Ibérico de Agroingeniería y Ciencias Hortícolas. | 26/08/2013 - 29/08/2013 | Madrid*, Madrid: E.T.S.I. Agrónomos (UPM), 2013. Consultado: el 7 de febrero de 2024. [En línea]. Disponible en: <http://www.sechaging-madrid2013.org/>
- [15] J. Zhang et al., "Diagnosing the symptoms of sheath blight disease on rice stalk with an in-situ hyperspectral imaging technique", *Biosystems Engineering*, vol. 209, pp. 94–105, sep. 2021, doi: 10.1016/j.biosystemseng.2021.06.020.
- [16] R.-Q. Zhou et al., "Early Detection of Magnaporthe oryzae-Infected Barley Leaves and Lesion Visualization Based on Hyperspectral Imaging", *Frontiers in Plant Science*, vol. 9, 2019, Consultado: el 7 de febrero de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.frontiersin.org/journals/plant-science/articles/10.3389/fpls.2018.01962>
- [17] Q. Gu et al., "Early detection of tomato spotted wilt virus infection in tobacco using the hyperspectral imaging technique and machine learning algorithms", *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 167, p. 105066, dic. 2019, doi: 10.1016/j.compag.2019.105066.
- [18] J. Gui, J. Fei, Z. Wu, X. Fu, y A. Diakite, "Grading method of soybean mosaic disease based on hyperspectral imaging technology", *Information Processing in Agriculture*, vol. 8, núm. 3, pp. 380–385, sep. 2021, doi: 10.1016/j.inpa.2020.10.006.
- [19] A. F. Cheshkova, "A review of hyperspectral image analysis techniques for plant disease detection and identification", *Vavilovskii Zhurnal Genet Seleksii*, vol. 26, núm. 2, pp. 202–213, mar. 2022, doi: 10.18699/VJGB-22-25.
- [20] W. Liao, D. Ochoa, L. Gao, B. Zhang, y W. Philips, "Morphological Analysis for Banana Disease Detection in Close Range Hyperspectral Remote Sensing Images", en *IGARSS 2019 - 2019*

- IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium*, jul. 2019, pp. 3697–3700. doi: 10.1109/IGARSS.2019.8899087.
- [21]H. Bendini et al., “Spectral characterization of banana leaves (*Musa spp.*) for detection and differentiation of black Sigatoka and yellow sigatoka”, presentado en XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, João Pessoa, Brazil., abr. 2015.
- [22]V. G. Krishnan, J. Deepa, P. V. Rao, V. Divya, y S. Kaviarasan, “An automated segmentation and classification model for banana leaf disease detection”, *J App Biol Biotech*, vol. 10, núm. 1, pp. 213–220, ene. 2022, doi: 10.7324/JABB.2021.100126.
- [23]J. Ugarte Fajardo et al., “Early detection of black Sigatoka in banana leaves using hyperspectral images”, *Appl Plant Sci*, vol. 8, núm. 8, p. e11383, ago. 2020, doi: 10.1002/aps3.11383.
- [24]L. Priya. S y R. Subhashini, “Different Disease Detection of Paddy Crops using Drones - A Survey”, en *2023 4th International Conference on Smart Electronics and Communication (ICOSEC)*, sep. 2023, pp. 01–07. doi: 10.1109/ICOSEC58147.2023.10275809.
- [25]I. Herrmann, E. Bdolach, Y. Montekyo, S. Rachmilevitch, P. A. Townsend, y A. Karnieli, “Assessment of maize yield and phenology by drone-mounted superspectral camera”, *Precision Agric*, vol. 21, núm. 1, pp. 51–76, feb. 2020, doi: 10.1007/s11119-019-09659-5.
- [26]F. Furukawa, K. Maruyama, Y. K. Saito, y M. Kaneko, “Corn Height Estimation Using UAV for Yield Prediction and Crop Monitoring”, en *Unmanned Aerial Vehicle: Applications in Agriculture and Environment*, R. Avtar y T. Watanabe, Eds., Cham: Springer International Publishing, 2020, pp. 51–69. doi: 10.1007/978-3-030-27157-2_5.
- [27]K. Natarajan, R. Karthikeyan, y S. Rajalingam, “Importance of Drone Technology in Agriculture”, en *Drone Technology*, John Wiley & Sons, Ltd, 2023, pp. 351–374. doi: 10.1002/9781394168002.ch14.
- [28]S. C. Hassler y F. Baysal-Gurel, “Unmanned Aircraft System (UAS) Technology and Applications in Agriculture”, *Agronomy*, vol. 9, núm. 10, Art. núm. 10, oct. 2019, doi: 10.3390/agronomy9100618.
- [29]J. Kurihara, T. Ishida, y Y. Takahashi, “Unmanned Aerial Vehicle (UAV)-Based Hyperspectral Imaging System for Precision Agriculture and Forest Management”, en *Unmanned Aerial Vehicle: Applications in Agriculture and Environment*, R. Avtar y T. Watanabe, Eds., Cham: Springer International Publishing, 2020, pp. 25–38. doi: 10.1007/978-3-030-27157-2_3.
- [30]P. J. Zarco-Tejada, M. L. Guillén-Climet, R. Hernández-Clemente, A. Catalina, M. R. González, y P. Martín, “Estimating leaf carotenoid content in vineyards using high resolution hyperspectral imagery acquired from an unmanned aerial vehicle (UAV)”, *Agricultural and Forest Meteorology*, vol. 171–172, pp. 281–294, abr. 2013, doi: 10.1016/j.agrformet.2012.12.013.
- [31]K. K.-K. Kang, M. Hoekstra, M. Foroutan, A. M. Chegoonian, K. Zolfaghari, y C. R. Duguay, “Operating Procedures and Calibration of a Hyperspectral Sensor Onboard a Remotely Piloted Aircraft System For Water and Agriculture Monitoring”, en *IGARSS 2019 - 2019 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium*, jul. 2019, pp. 9200–9203. doi: 10.1109/IGARSS.2019.8900128.
- [32]E. Dyring, “The Principles of Remote Sensing”, *Ambio*, vol. 2, núm. 3, pp. 57–69, 1973.
- [33]A. Roman-Gonzalez y N. I. Vargas-Cuentas, “Análisis de imágenes hiperespectrales”, *Revista Ingeniería & Desarrollo*, vol. Año 9, núm. N° 35, pp. 14–17, sep. 2013.

- [34]D. Landgrebe, "Hyperspectral image data analysis", *IEEE Signal Processing Magazine*, vol. 19, núm. 1, pp. 17–28, ene. 2002, doi: 10.1109/79.974718.
- [35]A. Plaza et al., "Advanced processing of hyperspectral images", en *2006 IEEE International Symposium on Geoscience and Remote Sensing*, jul. 2006, pp. 1974–1978. doi: 10.1109/IGARSS.2006.511.
- [36]G. ElMasry y D.-W. Sun, "CHAPTER 1 – Principles of Hyperspectral Imaging Technology", en *Hyperspectral Imaging for Food Quality Analysis and Control*, D.-W. Sun, Ed., San Diego: Academic Press, 2010, pp. 3–43. doi: 10.1016/B978-0-12-374753-2.10001-2.
- [37]J. Frey, "Evaluating close range remote sensing techniques for the retention of biodiversity-related forest structures", Doctoral thesis, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, 2019. doi: 10.6094/UNIFR/151315.
- [38]T. Adão et al., "Hyperspectral Imaging: A Review on UAV-Based Sensors, Data Processing and Applications for Agriculture and Forestry", *Remote Sensing*, vol. 9, núm. 11, Art. núm. 11, nov. 2017, doi: 10.3390/rs9111110.
- [39]F. Yamazaki y W. Liu, "REMOTE SENSING TECHNOLOGIES FOR POST-EARTHQUAKE DAMAGE ASSESSMENT: A CASE STUDY ON THE 2016 KUMAMOTO EARTHQUAKE", 2016.
- [40]R. Kaur, G. Kaur, K. Singh, y B. Singh, "Plant Growth and Development Under Suboptimal Light Conditions", en *Phyto-Microbiome in Stress Regulation*, M. Kumar, V. Kumar, y R. Prasad, Eds., en *Environmental and Microbial Biotechnology*, Singapore: Springer, 2020, pp. 205–217. doi: 10.1007/978-981-15-2576-6_10.
- [41]L. Fajardo Reina, "Firmas Espectrales", presentado en IGAC-CIAF – Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales 2018, Colombia, dic. 2018. doi: 10.13140/RG.2.2.23337.52326.
- [42]P. Mishra, M. S. M. Asaari, A. Herrero-Langreo, S. Lohumi, B. Diezma, y P. Scheunders, "Close range hyperspectral imaging of plants: A review", *Biosystems Engineering*, vol. 164, pp. 49–67, dic. 2017, doi: 10.1016/j.biosystemseng.2017.09.009.
- [43]J. Ma, D.-W. Sun, H. Pu, J.-H. Cheng, y Q. Wei, "Advanced Techniques for Hyperspectral Imaging in the Food Industry: Principles and Recent Applications", *Annual Review of Food Science and Technology*, vol. 10, núm. 1, pp. 197–220, 2019, doi: 10.1146/annurev-food-032818-121155.
- [44]J. A. Richards, *Remote Sensing Digital Image Analysis: An Introduction*. Springer Science & Business Media, 2012.
- [45]V. V. Shipko et al., "Development of a Hyperspectral System with Controlled Spectral, Spatial, and Radiometric Resolution", *L&E*, núm. 05–2022, pp. 31–39, oct. 2022, doi: 10.33383/2022-036.
- [46]C. G. Gomez, L. F. Rocco, y S. Masuelli, "Spectral and Radiometric calibration of a SWIR hyperspectral camera to acquiring spectral signatures", en *2022 IEEE Biennial Congress of Argentina (ARGENCON)*, sep. 2022, pp. 1–8. doi: 10.1109/ARGENCON55245.2022.9940030.
- [47]A.-K. Mahlein, E. Alisaac, A. Al Masri, J. Behmann, H.-W. Dehne, y E.-C. Oerke, "Comparison and Combination of Thermal, Fluorescence, and Hyperspectral Imaging for Monitoring Fusarium Head Blight of Wheat on Spikelet Scale", *Sensors*, vol. 19, núm. 10, Art. núm. 10, ene. 2019, doi: 10.3390/s19102281.

- [48]L. Huang *et al.*, “Combining Random Forest and XGBoost Methods in Detecting Early and Mid-Term Winter Wheat Stripe Rust Using Canopy Level Hyperspectral Measurements”, *Agriculture*, vol. 12, núm. 1, Art. núm. 1, ene. 2022, doi: 10.3390/agriculture12010074.
- [49]A. Abd-Elrahman, R. Pande-Chhetri, y G. Vallad, “Design and Development of a Multi-Purpose Low-Cost Hyperspectral Imaging System”, *Remote Sensing*, vol. 3, núm. 3, Art. núm. 3, mar. 2011, doi: 10.3390/rs3030570.
- [50]L. Huang, T. Li, C. Ding, J. Zhao, D. Zhang, y G. Yang, “Diagnosis of the Severity of Fusarium Head Blight of Wheat Ears on the Basis of Image and Spectral Feature Fusion”, *Sensors*, vol. 20, núm. 10, Art. núm. 10, ene. 2020, doi: 10.3390/s20102887.
- [51]A. T. Espinoza-Fraire, A. E. D. López, R. P. P. Morado, y J. A. S. Esqueda, “3 - Equations of motion of a fixed-wing UAV”, en *Design of Control Laws and State Observers for Fixed-Wing UAVs*, A. T. Espinoza-Fraire, A. E. D. López, R. P. P. Morado, y J. A. S. Esqueda, Eds., Elsevier, 2023, pp. 19–33. doi: 10.1016/B978-0-32-395405-1.00012-1.
- [52]P. K. Garg, “Characterisation of Fixed-Wing Versus Multirotors UAVs/Drones”, *Journal of Geomatics*, vol. 16, núm. 2, Art. núm. 2, oct. 2022, doi: 10.58825/jog.2022.16.2.44.
- [53]E. Pino V., “Los drones una herramienta para una agricultura eficiente: un futuro de alta tecnología”, *Idesia (Arica)*, vol. 37, núm. 1, pp. 75–84, mar. 2019, doi: 10.4067/S0718-34292019005000402.
- [54]D. Ochoa *et al.*, “Hyperspectral imaging system for disease scanning on banana plants”, en *Sensing for Agriculture and Food Quality and Safety VIII*, SPIE, may 2016, pp. 85–90. doi: 10.1117/12.2224242.
- [55]J. Ugarte Fajardo, M. Maridueña-Zavala, J. Cevallos-Cevallos, y D. Ochoa Donoso, “Effective Methods Based on Distinct Learning Principles for the Analysis of Hyperspectral Images to Detect Black Sigatoka Disease”, *Plants*, vol. 11, núm. 19, Art. núm. 19, ene. 2022, doi: 10.3390/plants11192581.
- [56]T. Ayala-Silva y C. A. Beyl, “Changes in spectral reflectance of wheat leaves in response to specific macronutrient deficiency”, *Advances in Space Research*, vol. 35, núm. 2, pp. 305–317, ene. 2005, doi: 10.1016/j.asr.2004.09.008.
- [57]A.-K. Mahlein, “Plant Disease Detection by Imaging Sensors – Parallels and Specific Demands for Precision Agriculture and Plant Phenotyping”, *Plant Disease*, vol. 100, núm. 2, pp. 241–251, feb. 2016, doi: 10.1094/PDIS-03-15-0340-FE.



© 2024 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 de la formación y educación en cuidados paliativos para profesionales de la salud.

Cristian Paul Fonseca Esparza ^{1*}  

¹ Universidad Iberoamericana del Ecuador, Facultad de ciencias médicas.

 Correspondencia: paulfonseca1995@outlook.es  + 593 995560178

DOI/URL: <https://doi.org/10.53313/gwj71112>

Resumen: El presente estudio aborda la importancia y el impacto de la formación en cuidados paliativos entre los profesionales de la salud, destacando la necesidad de integrar y mejorar esta educación desde las etapas iniciales de la formación médica hasta la práctica profesional continua. A través de una revisión sistemática de la literatura, basada en la metodología PICO, se evaluaron diversos estudios internacionales para comprender cómo la formación en cuidados paliativos afecta la percepción, el conocimiento y las habilidades clínicas de los profesionales de la salud en el cuidado de pacientes con enfermedades terminales. Los resultados indican que la formación en cuidados paliativos no solo mejora los conocimientos específicos y las competencias clínicas de los profesionales, sino que también transforma su percepción sobre la atención holística, la comunicación efectiva y la empatía hacia los pacientes y sus familias. Sin embargo, se identificaron desafíos significativos, incluyendo la falta de consistencia en la formación con respecto a pregrado, la necesidad de educación continua especializada y la importancia de abordar áreas específicas de incertidumbre y falta de confianza entre los profesionales. En conclusión, el estudio subraya la importancia crítica de una formación en cuidados paliativos coherente, integral y continuada, que no solo se enfoque en aspectos técnicos, sino también en el desarrollo de habilidades de comunicación y empatía. La expansión del reconocimiento de los cuidados paliativos más allá del ámbito oncológico demanda una educación adaptada a un espectro más amplio de enfermedades, garantizando así una atención de calidad y dignidad al final de la vida.

Palabras claves: Formación en cuidados paliativos, competencias profesionales, educación médica, atención holística.

Impact of palliative care training and education for health care professionals.

Abstract: The present study addresses the importance and impact of palliative care training among health professionals, highlighting the need to integrate and improve this education from the initial stages of medical training to continuing professional practice. Through a systematic review of the literature, based on the PICO methodology, several international studies were evaluated to understand how palliative care training affects the perception, knowledge and



Cita: Fonseca Esparza, C. P. (2024). Impacto de la formación y educación en cuidados paliativos para profesionales de la salud. *Green World Journal*, 7(1), 112.

<https://doi.org/10.53313/gwj71112>

Received: 23/January /2024

Accepted: 20/March /2024

Published: 28/March /2024

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.



© 2024 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>

clinical skills of health professionals in the care of terminally ill patients. The results indicate that palliative care training not only improves professionals' specific knowledge and clinical skills, but also transforms their perception of holistic care, effective communication, and empathy toward patients and their families. However, significant challenges were identified, including the lack of consistency in training at the undergraduate level, the need for specialized continuing education, and the importance of addressing specific areas of uncertainty and lack of trust among professionals. In conclusion, the study underscores the critical importance of consistent, comprehensive and continuous palliative care education that focuses not only on technical aspects, but also on the development of communication and empathy skills. Expanding the recognition of palliative care beyond the oncologic setting demands education tailored to a broader spectrum of illnesses, thus ensuring quality care and dignity at the end of life.

, **Keywords:** Palliative care training, professional competencies, medical education, holistic care.

1. Introducción

Los cuidados paliativos son un enfoque sanitario especializado que se centra en mejorar la calidad de vida de las personas que se enfrentan a enfermedades potencialmente mortales y sus familias. Arraigados en los principios fundamentales de la compasión, la empatía y la atención holística centrada en el paciente, los cuidados paliativos pretenden aliviar el sufrimiento, tratar los síntomas físicos y psicológicos y mejorar el bienestar general de los pacientes que se enfrentan a los retos de enfermedades avanzadas, progresivas o terminales (1). Aunque tradicionalmente se asocian a los cuidados al final de la vida, los cuidados paliativos se reconocen cada vez más como un componente esencial de la asistencia sanitaria que puede proporcionarse junto con los tratamientos curativos o de prolongación de la vida, independientemente de la fase en que se encuentre la enfermedad (2).

De acuerdo con Moreno–Milan et al. (3), la eficacia de los cuidados paliativos para mejorar la calidad de vida de las personas con enfermedades terminales depende en gran medida de los conocimientos y habilidades de los profesionales sanitarios. Por consiguiente, los programas de educación y formación se han convertido en un componente esencial de la integración de los cuidados paliativos en la asistencia sanitaria general. Los profesionales de la salud, incluidos médicos, enfermeras, trabajadores sociales y otros, reconocen cada vez más la importancia de la formación especializada en cuidados paliativos para proporcionar una atención integral y compasiva a sus pacientes (4).

Estos programas dotan a los profesionales sanitarios de las competencias necesarias en el tratamiento del dolor, el control de los síntomas, la comunicación, la toma de decisiones éticas y el apoyo psicosocial, lo que les permite ofrecer cuidados paliativos de alta calidad en diversos entornos clínicos (5). Además, a medida que los cuidados paliativos siguen evolucionando, también lo hacen las estrategias educativas, incorporando enfoques innovadores como la formación con simulación, la educación interprofesional y la telemedicina para llegar a un público más amplio de profesionales sanitarios y garantizar la aplicación coherente de los principios de los cuidados paliativos a lo largo de todo el proceso asistencial (6). Este énfasis en la educación y la formación subraya el compromiso

de la comunidad sanitaria de mejorar la experiencia de los cuidados paliativos para los pacientes y sus familias, promoviendo al mismo tiempo una cultura de competencia y compasión entre los profesionales sanitarios.

En este sentido, la formación y la educación en cuidados paliativos tienen un profundo impacto en los profesionales sanitarios, ya que no solo mejoran sus competencias clínicas, sino que también fomentan un cambio profundo en su enfoque de la atención al paciente. Van de Geer et al., (7) menciona que al dotar a los profesionales sanitarios de conocimientos y habilidades especializados, la formación en cuidados paliativos les permite gestionar mejor los síntomas complejos, abordar las necesidades psicosociales y espirituales de los pacientes y sus familias, y entablar una comunicación eficaz en relación con las decisiones sobre los cuidados al final de la vida. Más allá de la competencia técnica, esta formación infunde en los profesionales sanitarios un mayor sentido de la empatía, la compasión y la atención al paciente, lo que mejora la satisfacción de los pacientes y los resultados. Además, la formación en cuidados paliativos fomenta la colaboración interdisciplinar, rompiendo los compartimentos estancos dentro de los equipos sanitarios y promoviendo un enfoque holístico de la asistencia centrado en el paciente (8).

Es por ello que los cuidados paliativos son fundamentales en la atención integral de pacientes con enfermedades terminales. Una formación sólida y continua en este campo puede mejorar la calidad de vida de los pacientes y la atención que reciben.

Con el aumento de la esperanza de vida y la prevalencia de enfermedades crónicas, la demanda de cuidados paliativos está en aumento. La formación adecuada se vuelve esencial para que los profesionales de la salud aborden de manera efectiva la complejidad de estas situaciones.

La educación en cuidados paliativos puede influir directamente en la calidad de atención que reciben los pacientes. Profesionales capacitados están mejor equipados para manejar aspectos claves como el manejo del dolor, el apoyo emocional y la comunicación efectiva con los pacientes y sus familias.

Los profesionales de la salud que reciben formación en cuidados paliativos pueden experimentar una reducción en el estrés y la carga emocional asociada con el manejo de casos delicados, lo que potencialmente puede mejorar su bienestar y desempeño laboral.

Evidencia de la eficacia: Existe una necesidad de recopilar y analizar la evidencia existente para respaldar la importancia de la formación en cuidados paliativos. Esto puede ayudar a justificar y promover la inclusión de estos programas en la educación continua de los profesionales de la salud.

La formación en cuidados paliativos no solo afecta la calidad técnica de la atención, sino también la relación entre el profesional de la salud, el paciente y sus familiares, promoviendo una comunicación más empática y efectiva.

2. Materiales y métodos

La metodología utilizada para investigar el impacto de la formación y educación en cuidados paliativos para profesionales de la salud siguió un enfoque sistemático y riguroso. En primer lugar, se llevó a cabo una búsqueda exhaustiva de la literatura científica más relevante, utilizando una variedad de bases de datos y términos clave relacionados con el tema de interés. Para la literatura de carácter científico, se realizaron búsquedas en bases de datos y fuentes primarias como Google Scholar, ProQuest, Scielo, Elsevier, Lilacs y PubMed entre otros buscadores.

Para esta revisión bibliográfica se realizó la siguiente pregunta PICO:

P: ¿Cómo afecta la formación en cuidados paliativos a los profesionales de la salud que atienden a pacientes en fase terminal?

I: ¿Cuál es el impacto de la educación y formación específica en cuidados paliativos para los profesionales de la salud?

C: ¿Cómo se diferencian o comparan los resultados entre profesionales que han recibido formación en cuidados paliativos y aquellos que no la han recibido?

O: ¿Cuál es el efecto de esta formación en la calidad de atención, el bienestar del paciente terminal y la percepción de los profesionales de la salud sobre su preparación para brindar cuidados paliativos?

Esta búsqueda inicialmente se limitó a publicaciones de los últimos seis años, asegurando así la inclusión de investigaciones recientes y pertinentes para el análisis. Sin embargo, debido a la limitación específica del tema se incluyeron estudios con más antigüedad tal como se puede observar en la tabla de resultados.

Una vez recopilados los artículos pertinentes, se aplicaron criterios de inclusión y exclusión para seleccionar aquellos que cumplieran con los objetivos de la investigación. Se privilegiaron los estudios de carácter cuantitativo, publicados en revistas científicas, así como los estudios clínicos que abordaran directamente la relación entre la formación en cuidados paliativos y el desempeño de los profesionales de la salud en el cuidado de pacientes terminales.

Tabla 1. Criterios de inclusión y exclusión

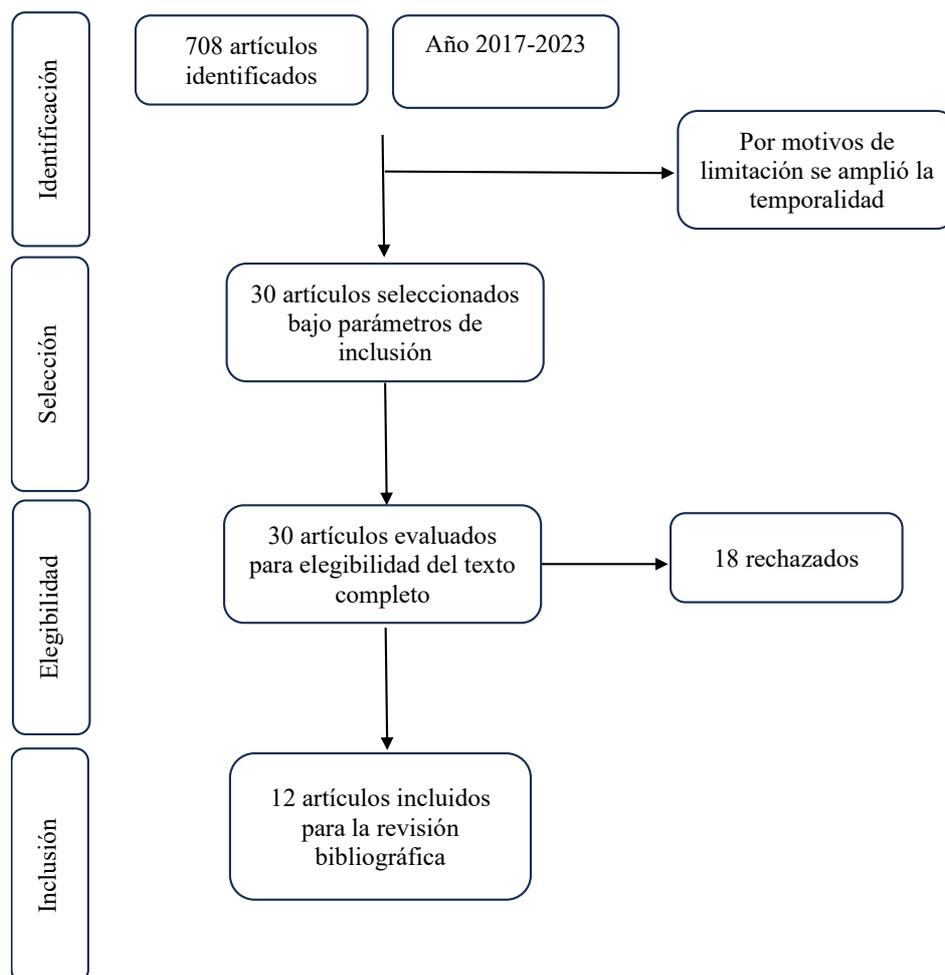
	Criterios de inclusión	Criterios de exclusión
Población	Profesionales de la salud que atienden a pacientes en fase terminal	Profesionales de la salud que no trabajan con pacientes terminales
Metodología de investigación	Estudios de carácter cuantitativos	Otros tipos de estudios (revisiones bibliográficas, comentarios, etc.)

Idiomas	Idiomas: Español, inglés	Otros idiomas
Tipo de publicación	Artículos académicos publicados en revistas científicas, estudios clínicos	Literatura gris (tesis, memorias, cartas, etc.)

3 Resultados

Se realizó una selección preliminar de trabajos académicos, siguiendo los parámetros establecidos de inclusión y exclusión, obteniendo inicialmente 708 documentos entre 2017 y 2023. Se excluyeron los textos que no concordaban con las temáticas clave, población objetivo o conclusiones pertinentes a este estudio, así como los que estaban repetidos. Este proceso de filtrado dejó 30 documentos para un escrutinio más exhaustivo, de los cuales finalmente se seleccionaron 12 como fundamentales por su relevancia directa con la finalidad de esta investigación (consulte la figura 1). Sin embargo, debido a la limitación específica del tema, fue necesario ampliar la temporalidad de manera abierta.

Figura 1. Diagrama prisma de resultados



Los 12 trabajos investigativos elegidos están alineados con las metas del estudio, y satisfacen rigurosamente los criterios establecidos, incluyendo la integridad metodológica y el rigor científico, elementos esenciales para el avance de esta investigación (véase la tabla 2)

Tabla 2. Bibliografía seleccionada

Nombre artículo de estudio	País	Lugar de publicación y año	N (muestra)	Objetivo del estudio	Resultado fundamental
Palliative care training addressed to hospital healthcare professionals by palliative care specialists: a mixed-method evaluation	Italia	BMC Palliative Care, 2019 (9)		Evaluar el impacto de la formación en los alumnos de un hospital utilizando los modelos de Kirkpatrick y Moore.	El principal resultado del estudio fue que la formación en cuidados paliativos impartida a los profesionales sanitarios de los hospitales por especialistas en cuidados paliativos aumentó significativamente sus conocimientos sobre cuidados paliativos y provocó un cambio en su percepción de la cronicidad y la incurabilidad. El resultado fue el desarrollo de un nuevo concepto de cuidados paliativos centrado en las necesidades holísticas, así como la apreciación de la cooperación y la colaboración entre los distintos profesionales sanitarios para mejorar los resultados.
The Changing Nature of Palliative Care: Implications for Allied Health Professionals' Educational and Training Needs	Australia	Healthcare, 2019 (10)	217 respuestas a encuesta	El estudio pretendía identificar las lagunas en sus conocimientos, evaluar sus necesidades de desarrollo profesional y comprender cómo afectan los cambios en los cuidados	El principal resultado del estudio fue que la mayoría de los profesionales sanitarios aliados se sentían poco o parcialmente preparados para trabajar con clientes de cuidados paliativos, lo que indicaba la necesidad de una mayor educación y formación. El estudio también puso de manifiesto que el acceso al desarrollo profesional de posgrado era limitado debido a factores como la disponibilidad de plazas y financiación.

			paliativos a sus requisitos educativos y de formación.	
Effects of spiritual care training for palliative care professionals	Palliative Medicine, 2005 (11)	63 participantes	El objetivo del estudio era evaluar los efectos de la formación en atención espiritual para profesionales de cuidados paliativos.	El principal resultado del estudio fue que la formación en cuidados espirituales produjo mejoras significativas y sostenidas en diversos aspectos, como la compasión auto percibida por los moribundos, la compasión por uno mismo, la actitud hacia la familia y los compañeros, la satisfacción con el trabajo, la reducción del estrés laboral y el bienestar espiritual.
Exploring education and training needs among the palliative care workforce	Inglaterra BMJ Supportive & Palliative Care, 2013 (12)	Fase 1: 8 grupos focales y entrevistas a 58 profesionales de la salud Fase 2: Encuesta en 2 hospitales (171 enfermeras y 81 médicos)	El objetivo principal del estudio era explorar e identificar las necesidades de educación y formación de los profesionales sanitarios que trabajan en cuidados paliativos.	El principal resultado del estudio fue que muchos profesionales sanitarios de cuidados paliativos consideraban que necesitaban formación adicional, sobre todo para abordar el pronóstico y los objetivos de los cuidados con los pacientes y sus familias. Esto puso de relieve la importancia de la educación y la formación para mejorar la calidad de los cuidados paliativos.
Palliative care: training needs, developments, difficulties and perspectives	Palliative Medicine, 1991 (13)	3600 cuestionarios enviados. 594 respuestas	El objetivo del estudio era evaluar las necesidades de formación, la evolución, las dificultades y las perspectivas en cuidados paliativos.	La mayoría de los encuestados, incluidos enfermeros y médicos, deseaban recibir formación adicional en áreas como el tratamiento del dolor, la comunicación y el apoyo al paciente y la familia. Este fue el principal hallazgo del estudio. El estudio también ayudó a paliar los retos a los que se enfrentan los cuidados paliativos debido a la falta de conocimientos, la reticencia de

				los profesionales médicos y una formación inadecuada.
Health care professionals' perceptions towards lifelong learning in palliative care for general practitioners: a focus group study	Bélgica	BMC Family Practice, 2014 (14)	29 participantes divididos en 5 grupos focales	El objetivo principal del estudio es explorar las percepciones de los profesionales sanitarios, incluidos los médicos generalistas (MG), sobre el aprendizaje permanente en cuidados paliativos. La principal conclusión del estudio es que la preparación de los médicos generalistas (MG) para la práctica de los cuidados paliativos no puede lograrse únicamente mediante la formación de pregrado y la formación médica continuada (FMC). Según el estudio, el trabajo conjunto con enfermeras especializadas en cuidados paliativos a domicilio puede facilitar el aprendizaje en el lugar de trabajo y se considera un sustituto beneficioso para mejorar la competencia de los médicos generalistas (MG) en este ámbito.
Supporting in an existential crisis: A mixed-methods evaluation of a training model in palliative care		Palliative & Supportive Care, 2018 (15)	34 participantes	El objetivo principal del estudio era averiguar si un modelo de formación en cuidados paliativos podía mejorar la concienciación, la comprensión y la disposición de los miembros del personal a ofrecer ayuda a los pacientes que atraviesan una crisis existencial. El principal resultado del estudio fue que el modelo de formación aumentó significativamente la competencia percibida por los participantes a la hora de proporcionar apoyo durante una crisis existencial. Esto sugiere que el modelo de formación es útil para el personal que trabaja en cuidados paliativos clínicos.
Educación en cuidado paliativo para pregrado de		Medicina Paliativa, 2009 (16)		Determinar la percepción de los En el ejercicio de la práctica clínica, 95% de los estudiantes consideran que han adquirido herramientas

<p>medicina: resultados de una encuesta acerca de la percepción de los conocimientos adquiridos</p>	<p>conocimientos adquiridos por los alumnos que han superado el curso de cuidados paliativos</p>	<p>útiles. En el curso de cuidado paliativo, los estudiantes experimentan un incremento en el conocimiento para manejo de síntomas, habilidades de comunicación, dilemas éticos relacionados con la toma de decisiones y herramientas de investigación.</p>			
<p>Palliative care training in undergraduate medical, nursing and allied health: a survey</p>	<p>Reino Unido BMJ Supportive & Palliative Care, 2022 (17)</p>	<p>Un total de 73 cursos de licenciatura de los 198 que respondieron a la solicitud de información.</p>	<p>Determinar el estado actual de la formación en cuidados paliativos a nivel de pregrado en múltiples profesiones sanitarias, específicamente en el reconocimiento y la comunicación de la muerte.</p>	<p>El principal resultado del estudio fue la falta de coherencia en la formación en cuidados paliativos en los distintos cursos de licenciatura y profesiones. Aunque en algunos cursos se impartía formación sobre el reconocimiento y la comunicación de la muerte, muchos expresaron su frustración por la falta de recursos, financiación y tiempo para incluir una formación más completa. El estudio puso de manifiesto la necesidad de seguir investigando para abordar estos obstáculos y mejorar la coherencia de la formación en cuidados paliativos en los estudios universitarios.</p>	
<p>Educational opportunities in palliative care: what do general practitioners want?</p>	<p>Locaciones múltiples</p>	<p>Palliative Medicine, 2001 (18)</p>	<p>640 médicos generalistas (MG) que respondieron a los cuestionarios postales de un total de 1061 MG.</p>	<p>Explorar las preferencias educativas actuales de los médicos generalistas (MG) de distintas zonas geográficas en relación con los cuidados paliativos.</p>	<p>La mitad de los médicos de cabecera expresaron su deseo de recibir formación sobre el control de los síntomas en pacientes que no padecen cáncer. Además, se observó que, en comparación con sus homólogos de zonas urbanas y rurales, los médicos de cabecera de zonas urbanas tenían una mayor preferencia por la formación en áreas específicas como la prescripción de opiáceos, el control</p>

					de las náuseas y los vómitos y el uso de un conductor de jeringuillas. El estudio también puso de relieve que una mayor preferencia educativa y la dificultad para acceder a la información se asociaban a una menor confianza en el control de los síntomas.
Out-of-hours palliative care: what are the educational needs and preferences of general practitioners?	Reino Unido	BMJ Supportive & Palliative Care, 2014 (19)	1005 médicos de cabecera	Explorar las necesidades y preferencias educativas de los médicos generalistas (MG) en cuidados paliativos fuera del horario laboral, con el fin de fundamentar recomendaciones para futuros programas educativos.	Existe una falta de confianza entre los médicos de cabecera que trabajan fuera del horario laboral en competencias clave en cuidados paliativos, como la evaluación de urgencias en cuidados paliativos y el control de síntomas en pacientes sin cáncer. El estudio también descubrió que las preferencias educativas estaban estrechamente relacionadas con la confianza, siendo los temas relacionados con el control de los síntomas los más solicitados.

Fuente: Elaboración propia

4 Discusión

La comparativa de estudios internacionales sobre la formación en cuidados paliativos, revela puntos críticos y convergencias notables en el ámbito de la educación y capacitación de profesionales de la salud. Uno de los hallazgos recurrentes en diversas geografías, como Italia y Australia, es el impacto significativo que la educación en cuidados paliativos tiene en el aumento del conocimiento y en la transformación de percepciones sobre la atención al final de la vida. Un estudio realizado en Italia en 2019 por Artioli et al., (9) por ejemplo, ilustra cómo la capacitación específica en este campo no solo mejora la comprensión clínica entre los profesionales de la salud, sino que también fomenta una visión más holística y colaborativa de la atención al paciente.

De manera complementaria al argumento anterior, Rapin y Weber (13) destacan la necesidad prevalente de formación adicional entre los profesionales de la salud, señalando áreas específicas como el manejo del dolor, la comunicación efectiva y el soporte emocional a pacientes y familias. Este hallazgo subraya la importancia de una base sólida en cuidados paliativos que ha sido reconocida desde hace décadas.

Además, los estudios subrayan una preocupación común respecto a las lagunas existentes en la preparación de los profesionales para enfrentar los desafíos inherentes a los cuidados paliativos. El estudio de Morgan et al. (10) evidencia esta situación al destacar la percepción de insuficiencia en la formación recibida, lo que resalta la urgencia de ampliar y profundizar en las oportunidades de desarrollo profesional en este ámbito.

La formación en aspectos específicos de la atención, como la espiritualidad y la gestión del estrés laboral, también ha demostrado ser crucial. Investigaciones publicadas en *Palliative Medicine* en 2005, como la de Wasner et al., (11), señalan que programas educativos enfocados en la atención espiritual pueden tener efectos benéficos significativos sobre el bienestar emocional y profesional de los cuidadores, evidenciando la necesidad de integrar estas dimensiones en los currículos de formación. En este sentido, se demuestra cómo un modelo de formación específico mejora significativamente la competencia de los profesionales de la salud para asistir a pacientes en crisis existenciales. El estudio de Sand et al., (15) resalta la importancia de adaptar la formación a las necesidades específicas del cuidado paliativo, más allá de los conocimientos generales.

Por otro lado, en el contexto del Reino Unido, se identifica una necesidad palpable de formación adicional en áreas críticas como el manejo del pronóstico y la comunicación efectiva de los objetivos de cuidado, según el estudio de Ingelton et al. (12). Este hallazgo pone de relieve la importancia de una capacitación especializada que equite a los profesionales con las habilidades necesarias para abordar temas complejos y sensibles con pacientes y familias.

Asimismo, el estudio realizado en 2009 por León et al. (16) revela una percepción positiva entre los estudiantes de medicina respecto a su formación en cuidados paliativos, considerándola una herramienta útil para su futura práctica profesional. Este hallazgo subraya la importancia de integrar la educación en cuidados paliativos desde las etapas iniciales de la formación médica. Sin embargo, este enfoque positivo contrasta con las críticas señaladas en un estudio de White et al. (17), el cual destaca una notable falta de consistencia en la formación en cuidados paliativos a nivel de pregrado. Este último estudio indica una necesidad urgente de estandarizar y mejorar la calidad de la educación en este ámbito, sugiriendo un desafío significativo para las instituciones educativas en cuanto a la implementación de un currículo de cuidados paliativos coherente y efectivo.

Finalmente, Shipman et al. (18) enfatizan la creciente demanda por parte de los médicos generalistas de formación específica en el control de síntomas para pacientes no oncológicos, reflejando una notable expansión en el reconocimiento de los cuidados paliativos más allá de su tradicional enfoque oncológico. Esta tendencia subraya una evolución en la percepción y aplicación de los cuidados paliativos, adaptándose a un espectro más amplio de condiciones y enfermedades. En consonancia con esta ampliación del campo de aplicación, un estudio de Magee y Koffman (19) destaca la existencia de

una significativa falta de confianza entre los médicos generalistas respecto a sus habilidades claves, particularmente fuera del horario laboral. Este hallazgo resalta la importancia crítica de implementar programas educativos diseñados específicamente para fortalecer la confianza y competencia en áreas identificadas de incertidumbre, asegurando que los profesionales estén adecuadamente preparados para brindar cuidados paliativos de alta calidad en todos los contextos.

En conjunto, estos estudios conforman una base de evidencias robusta que aboga por un enfoque más integrado y exhaustivo en la formación en cuidados paliativos. La convergencia de hallazgos sugiere una necesidad imperante de abordar tanto las deficiencias en la capacitación existente como las barreras estructurales que impiden una educación integral, con el objetivo final de mejorar la calidad de la atención brindada a pacientes en etapas terminales de enfermedad y sus familias.

5 Conclusión

La revisión de la literatura y el análisis de diversos estudios internacionales sobre la formación en cuidados paliativos han revelado varios aspectos clave que subrayan la importancia crítica de esta área en la educación médica y en la práctica clínica. Primero, es evidente que existe una necesidad generalizada y persistente de mejorar y estandarizar la formación en cuidados paliativos a todos los niveles de la educación médica. La integración de estos programas desde el pregrado hasta la formación continua de profesionales ya establecidos es esencial para garantizar que los cuidadores estén equipados con las habilidades, conocimientos y competencias necesarias para brindar una atención compasiva y de alta calidad.

La expansión del reconocimiento de los cuidados paliativos más allá del ámbito oncológico hacia pacientes con enfermedades crónicas y no oncológicas refleja un cambio significativo en la percepción de la medicina paliativa como un componente integral de la atención sanitaria. Esto subraya la necesidad de adaptar la formación para cubrir un espectro más amplio de condiciones, asegurando que todos los pacientes que requieren cuidados paliativos puedan beneficiarse de una atención informada y sensible.

Además, los desafíos identificados en cuanto a la confianza de los médicos generalistas en sus habilidades paliativas, especialmente fuera del horario laboral, resaltan la importancia de programas educativos y de desarrollo profesional que aborden estas áreas de incertidumbre. La formación en cuidados paliativos debe ser vista como un proceso continuo que evoluciona con las necesidades de los pacientes y el entorno de atención sanitaria.

Por último, la educación en cuidados paliativos no solo debe centrarse en la adquisición de conocimientos técnicos, sino también en el desarrollo de habilidades comunicativas,

empatía y una comprensión profunda de las necesidades holísticas de los pacientes y sus familias. Esto implica una necesidad de enfocar la formación hacia el desarrollo de profesionales de la salud que sean competentes no solo en el manejo clínico, sino también en el apoyo emocional y espiritual de aquellos a su cuidado.

En conclusión, la formación en cuidados paliativos representa una faceta fundamental de la medicina moderna, esencial para mejorar la calidad de la atención al final de la vida. La necesidad de mejorar y estandarizar esta formación a nivel global es clara, y debe ser abordada con urgencia para garantizar que todos los pacientes reciban la atención compasiva y holística que merecen en sus momentos más vulnerables. La evolución de los programas educativos en cuidados paliativos será un reflejo de nuestro compromiso colectivo con una atención sanitaria que valora la dignidad, el respeto y la compasión por encima de todo.

Contribución de autores: Este trabajo lo realizo totalmente el investigador Paul Fonseca

Financiamiento: Los autores financiaron a integridad el estudio.

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

Referencias

- [1] Abel J, Kellehear A, Karapliagou A. Palliative care - the new essentials. 2018 [citado 17 de enero de 2024]; Disponible en: <https://bradscholars.brad.ac.uk/handle/10454/15625>
- [2] Mercadante S, Gregoretti C, Cortegiani A. Palliative care in intensive care units: why, where, what, who, when, how. *BMC Anesthesiology*. 16 de agosto de 2018;18(1):106.
- [3] Moreno-Milan B, Cano-Vindel A, Lopez-Dóriga P, Medrano LA, Breitbart W. Meaning of work and personal protective factors among palliative care professionals. *Palliative & Supportive Care*. agosto de 2019;17(4):381-7.
- [4] Maffoni M, Argentero P, Giorgi I, Hynes J, Giardini A. Healthcare professionals' moral distress in adult palliative care: a systematic review. *BMJ Supportive & Palliative Care*. 1 de septiembre de 2019;9(3):245-54.
- [5] Kellehear A. Health promotion and palliative care. En: *Palliative Care*. CRC Press; 2008.
- [6] Wallerstedt B, Benzein E, Schildmeijer K, Sandgren A. What is palliative care? Perceptions of healthcare professionals. *Scandinavian Journal of Caring Sciences*. 2019;33(1):77-84.
- [7] van de Geer J, Veeger N, Groot M, Zock H, Leget C, Prins J, et al. Multidisciplinary Training on Spiritual Care for Patients in Palliative Care Trajectories Improves the Attitudes and Competencies of Hospital Medical Staff: Results of a Quasi-Experimental Study. *Am J Hosp Palliat Care*. 1 de febrero de 2018;35(2):218-28.
- [8] Dehghani F, Barkhordari-Sharifabad M, Sedaghati-kasbakhhi M, Fallahzadeh H. Effect of palliative care training on perceived self-efficacy of the nurses. *BMC Palliat Care*. 4 de mayo de 2020;19(1):63.
- [9] Artioli G, Bedini G, Bertocchi E, Ghirotto L, Cavuto S, Costantini M, et al. Palliative care training addressed to hospital healthcare professionals by palliative care specialists: a mixed-method evaluation. *BMC Palliative Care*. 26 de octubre de 2019;18(1):88.

- [10] Morgan DD, Rawlings D, Moores CJ, Button L, Tieman JJ. The Changing Nature of Palliative Care: Implications for Allied Health Professionals' Educational and Training Needs. *Healthcare*. diciembre de 2019;7(4):112.
- [11] Wasner M, Longaker C, Fegg MJ, Borasio GD. Effects of spiritual care training for palliative care professionals. *Palliat Med*. 1 de marzo de 2005;19(2):99-104.
- [12] Ingleton C, Gardiner C, Seymour JE, Richards N, Gott M. Exploring education and training needs among the palliative care workforce. *BMJ Supportive & Palliative Care*. 1 de junio de 2013;3(2):207-12.
- [13] Rapin CH, Weber A. Palliative care: training needs, developments, difficulties and perspectives. *Palliat Med*. 1 de julio de 1991;5(3):222-32.
- [14] Pype P, Symons L, Wens J, Van den Eynden B, Stes A, Deveugele M. Health care professionals' perceptions towards lifelong learning in palliative care for general practitioners: a focus group study. *BMC Family Practice*. 19 de febrero de 2014;15(1):36.
- [15] Sand L, Olsson M, Strang P. Supporting in an existential crisis: A mixed-methods evaluation of a training model in palliative care. *Palliative & Supportive Care*. agosto de 2018;16(4):470-8.
- [16] León MX, Flórez Rojas SP, Torres M, Castilla Luna M, Trujillo Gómez CC. Educación en cuidado paliativo para pregrado de medicina: resultados de una encuesta acerca de la percepción de los conocimientos adquiridos. *Med paliat*. 2009;28-33.
- [17] White N, Oostendorp LJ, Minton O, Yardley S, Stone P. Palliative care training in undergraduate medical, nursing and allied health: a survey. *BMJ Support Palliat Care*. octubre de 2022;12(e4):e489-92.
- [18] Shipman C, Addington-Hall J, Barclay S, Briggs J, Cox I, Daniels L, et al. Educational opportunities in palliative care: what do general practitioners want? *Palliat Med*. 1 de abril de 2001;15(3):191-6.
- [19] Magee C, Koffman J. OUT-OF-HOURS PALLIATIVE CARE: WHAT ARE THE EDUCATIONAL NEEDS AND PREFERENCES OF GENERAL PRACTITIONERS? *BMJ Support Palliat Care*. marzo de 2014;4(Suppl 1):A30.2-A30.



© 2024 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 de la implementación de wallipines como aporte a los servicios ecosistémicos de abastecimiento y culturales en comunidades alto andinas del cantón Guamote

María Soledad Núñez Moreno^{1*}   Fernando Ricardo Márquez Sañay¹  Freddy Marco Armijos Arcos¹
 Natali Lisete Figueroa Jara¹ 

¹ Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Riobamba, Ecuador

 Correspondencia: soledad.nunez@epoch.edu.ec  + 593 996 158 120

DOI/URL: <https://doi.org/10.53313/gwj71113>

Resumen: El principal artículo tuvo como objetivo evaluar los servicios ecosistémicos de abastecimiento y culturales en las comunidades altoandinas del cantón Guamote a partir de la implementación de Wallipines a través de una investigación de tipo cualitativa y cuantitativa, ya que se describió cualidades de las variables de estudio, y cuantitativa porque se interpretó los datos obtenidos mediante la utilización de los instrumentos de investigación. Dentro de los principales hallazgos se encontró que se valora la incidencia que provee los servicios ecosistémicos culturales hacia de la implementación de Wallipines ya que ayudará a mejorar la agricultura tradicional, combinado con innovadoras técnicas de cultivos, como consecuencia de esto se obtienen beneficios como ecoturismo ya que estos espacios pueden servir como huertos familiares, huesos ecológicos, agricultura a gran escala que darían una inspiración hacia los demás grupos comunales, esto ayudaría a mejorar la soberanía alimentaria y económica de los comunidades alto andinas del Cantón Guamote. Se recomienda, a partir de la presente investigación que, para establecer escenarios favorables de investigación de manera automática, es recomendable agregar información adicional sensible de tipo socioeconómico, como la evolución de la población, los patrones de movilidad y actividad agrícola.

Palabras claves: Agricultura, Servicios de Abastecimiento, Wallipines.

Evaluation of the implementation of wallipines as a contribution to supply and cultural ecosystem services in high Andean communities of the Guamote canton.

Abstract: The main objective of this article was to evaluate the supply and cultural ecosystem services in the high Andean communities of the Guamote canton from the implementation of



Cita: Moreno, M. S. N., Sañay, F. R. M., Arcos, F. M. A., & Jara¹, N. L. F. (2024). Evaluación de la implementación de wallipines como aporte a los servicios ecosistémicos de abastecimiento y culturales en comunidades alto andinas del cantón Guamote. *Green World Journal*, 7(1), 113. <https://doi.org/10.53313/gwj71113>

Received: 23/January /2024

Accepted: 25/March /2024

Published: 02/April /2024

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.



© 2024 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).

Wallipines through a qualitative and quantitative research, because it described the qualities of the study variables, and quantitative because it interpreted the data obtained through the use of research instruments. Among the main findings, it was found that the impact provided by the cultural ecosystem services provided by the implementation of Wallipines is valued because it will help improve traditional agriculture, combined with innovative farming techniques, as a result of this, benefits such as ecotourism are obtained since these spaces can serve as family gardens, ecological bones, large-scale agriculture that would give an inspiration to other community groups, this would help improve food and economic sovereignty of the high Andean communities of the Guamote Canton. It is recommended, based on this research, that in order to establish favorable research scenarios automatically, it is advisable to add additional sensitive socioeconomic information, such as the evolution of the population, mobility patterns and agricultural activity.

Keywords: Agriculture, Procurement Services, Wallipines.

1. Introducción

A nivel global, el tema central de la seguridad alimentaria surge como un mecanismo de defensa de las comunidades frente a los impactos ecosistémicos sobre la producción, la calidad de los alimentos y el medio ambiente tienen las políticas neoliberales aplicadas a la alimentación y agricultura; las cuales han afectado a la población, en especial a indígenas, campesinos y agricultores con problemas de desnutrición y pobreza [1]. El inconveniente de la seguridad alimentaria se caracteriza por la desigualdad en el control de recursos productivos (tierra y agua) y con sectores étnicamente excluidos, las políticas estipuladas no están creadas para superar los problemas de pobreza [2].

[3] “En el Ecuador el problema de falta de seguridad alimentaria está lejos de ser resuelto. Aún hay muchas comunidades que cuentan con pedazos de tierra tan pequeños, que no les alcanza a producir para suplir sus propias necesidades alimenticias; en otras hay escasez de agua y en las que hay, la necesidad económica de las familias es grave, que usan sus pequeñas parcelas con riego para producir para el mercado”

En el cantón Guamote, los problemas que enfrentan hoy en relación con la producción agrícola, es el acceso al agua de riego, lo que se refleja negativamente en el estado de la seguridad alimentaria en las comunidades. Cuando las condiciones climáticas han sido desfavorables las cosechas fallan y en las familias predomina la falta de alimentos [3]. A esto se suma el factor climático adverso (heladas) durante los meses de marzo, agosto y diciembre que acaba con los cultivos en su totalidad. Las lluvias abundantes también dificultan la producción agrícola y por ende afectan al cumplimiento de la seguridad alimentaria [3].

Con la implementación de Wallipines se pretende generar el máximo aprovechamiento de los recursos que brinda la propia naturaleza en cuanto a la producción de alimentos, mejoramiento de los factores ambientales, ya que es el mayor causante de la desnutrición y baja economía especialmente en comunidades alto andinas, al ser sitios con climas y pluviosidades extremas y una falta de conocimiento de nuevas técnicas de siembra. El objetivo de esta investigación es evaluar los servicios ecosistémicos de abastecimiento y culturales en las comunidades altoandinas del cantón Guamote a partir de la implementación de Wallipines

2. Materiales y métodos

La presente investigación es de tipo cualitativo y cuantitativa, ya que se describió cualidades de las variables de estudio, y cuantitativa porque se interpretó los datos obtenidos mediante la utilización de los instrumentos de investigación, el objetivo del estudio fue la evaluación de la implementación de wallipines y su incidencia como aporte a los servicios ecosistémicos de abastecimiento y culturales, se recurrió a un diseño no experimental que se aplicará de manera transversal

(exploratorio o descriptivo), considerando que el tema de investigación tiene un sustento teórico poco indagado, se procedió a realizar una investigación de tipo descriptiva para conocer más acerca del fenómeno de estudio.

Dentro de los pasos metodológicos se trabajará en tres fases:

Como primer punto metodológico se tiene las socializaciones a las comunidades del cantón Guamote, sobre la implementación de wallipines y su aporte a los servicios ecosistémicos de abastecimiento y culturales. En donde se enfatizó en responder preguntas como; ¿Qué es un wallipin?, ¿En dónde se puede implementar?, ¿Cuáles son las condiciones para dicha implementación?, ¿Cuál es la diferencia de un invernadero convencional y un wallipin?, ¿Qué beneficios conlleva el implementar un wallipin en comunidades con amenazas climáticas frecuentes?, entre otros, y además responder a inquietudes expuestas por los ciudadanos que hicieron parte de estas reuniones.

Posterior a ello, dentro de la segunda fase se realizó un cuestionario a la ciudadanía presente, el cual ayudó para un posterior análisis de resultados, mismo que estuvo basado en temas como la geopolítica, variables referentes a los servicios ecosistémicos y culturales.

Para finalizar, en la tercera fase se desarrolló la entrevista con los líderes y/o presidentes de las comunidades, junto a las preguntas que se exponen a continuación se obtuvo información verídica, partiendo desde la realidad que se vive dentro del territorio, además, se incluyó revisión bibliográfica con el fin de complementar información técnica relacionada con el tema propuesto.

Parámetros que se incluyó en las entrevistas a los líderes y/o presidentes de las comunidades:

- ✓ Información personal
- ✓ Situación actual en la que viven los pobladores, especialmente los agricultores
- ✓ Aspectos que se debería tomar en cuenta en caso de que se quiera realizar la implementación de wallipines
- ✓ Entidades gubernamentales que deberían brindar apoyo en este tipo de proyectos
- ✓ Recomendaciones para tomar en cuenta para un resultado satisfactorio en caso de que exista dicha implementación

2.1. Investigación descriptiva

El recurrir a este tipo de investigación permitió describir los servicios ecosistémicos de abastecimiento y culturales de las diferentes comunidades de las parroquias pertenecientes al cantón Guamote, considerando que según [4] indican que la investigación descriptiva permite describir características de conjuntos homogéneos de fenómenos lo cual permite sistematizar la importación sistematizada.

2.2. Bibliográfica o información documentada

Este tipo de información permitió recolectar información a través de la revisión bibliográfica, artículos científicos, trabajos de investigación referidos a las variables de servicios ecosistémicos de abastecimiento y culturales, con la finalidad de obtener información inequívoca, el trabajo de investigación formó parte de “un procedimiento científico y un proceso sistemático de indagación, recolección, organización, análisis e interpretación de los datos obtenidos en el proceso de investigación” [5].

2.3. Diseño de investigación

Consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno con el fin de establecer su estructura o comportamiento [6]. A través de este método de investigación se realizó un análisis de los principales problemas que influyen en la seguridad alimentaria, tales como inexistencia de conocimiento en el aprovechamiento de servicios ecosistémicos, nuevas técnicas de cultivo y la deficiente calidad de vida.

2.4. Diseño transversal

Como expresan los autores [7] un diseño transversal, "clasificado como un estudio observacional individual que por lo general tiene dos propósitos: descriptivo y analítico, donde el investigador no hace ninguna intervención, hace una medición de una o más variables". La recolección y análisis de datos e información de la investigación se llevaron a cabo en un periodo de tiempo específico.

2.5. Diseño no experimental

Según el autor [8] define: El diseño no experimental es el que se realiza sin manipular en forma deliberada ninguna variable. Se utilizó el diseño no experimental ya que las variables no se manipulan intencionalmente, sino que solo se observa y se analiza el fenómeno tal y como es en su contexto natural.

2.6. Alcance de la investigación

La investigación del proyecto se desarrollará en la provincia de Chimborazo, comunidades altoandinas, cantón Guamote.

2.7. Población

Es el conjunto de personas u objetos de los que se desea conocer algo en una investigación. "El universo o población puede estar constituido por personas, animales, registros médicos, los nacimientos, las muestras de laboratorio, los accidentes viales entre otros" [9].

La población de estudio en esta investigación fue 272 habitantes, sin distinción alguna, se tomó en consideración específicamente a las personas dedicadas a la agricultura, que en gran parte es la mayoría de habitantes.

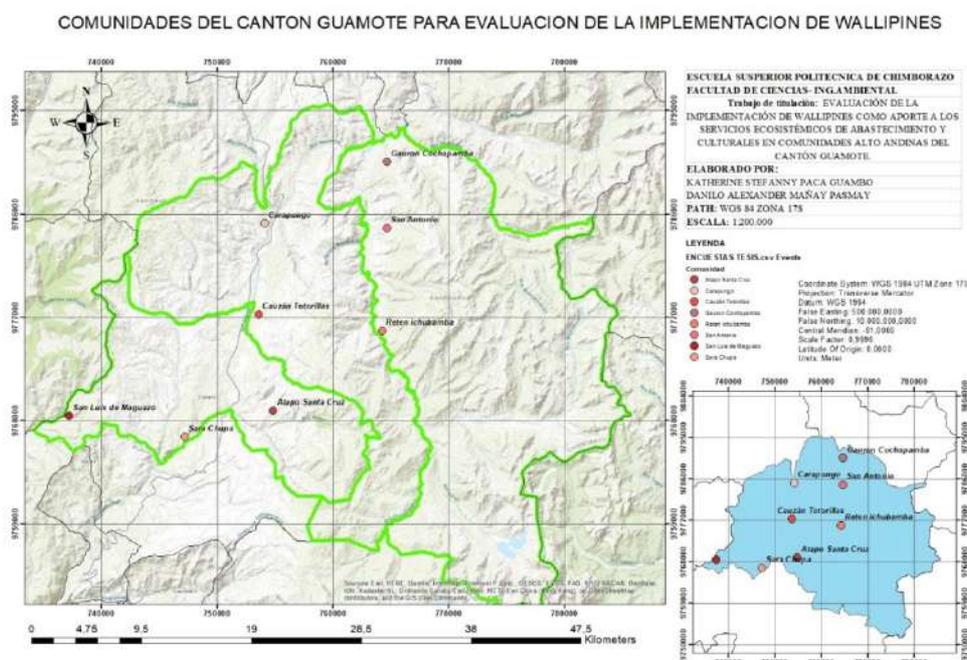


Figura 1. Comunidades del cantón Guamote

Se delimitó las comunidades altoandinas que participaron en las socializaciones, entrevistas y encuestas, del proyecto de la implementación, mismas comunidades que se describen a continuación:

Tabla 1. Comunidades altoandinas

Comunidad	Parroquia	Elevación
Carapungo	La Matriz	3100 msnm
Chauzán Totorillas	La Matriz	3500 msnm
San Antonio	Cebadas	3087 msnm
Gauron Cochapamba	Cebadas	3366 msnm
Reten ichubamba	Cebadas	3203msnm
Sara Chupa	Palmira	3200 msnm
Atapo Santa Cruz	Palmira	3500 msnm
San Luis de Maguazo	Palmira	3050 msnm

2.8. Muestra

En la variable que corresponde los servicios ecosistémicos se tomó como referencia al número de familias que se obtiene al sacar muestreo probabilístico aleatorio simple de la población que se dedica a la agricultura perteneciente a las comunidades altoandinas

Para el cálculo de la muestra se debe conocer los habitantes de cada comunidad que se va a estudiar la cual nos da un total de 925 habitantes, se utilizó la formula estadística [10].

$$n = \frac{z^2 * P * Q * N}{(N - 1)E^2 + Z^2 * P * Q}$$

Siendo:

n: número de encuestas que se aplicó

N: tamaño de la muestra

Z: nivel de confianza, se utilizó el 95% (1,96) o de 90% (1,65)

Donde los valores fijados por los investigadores:

Z: nivel de confianza 95%=1,96

P: Probabilidad de error: 0,5

Q: Probabilidad de éxito: 0,5

N: Población: 925 hab.

E: Error muestral: 0,05

$$n = \frac{1,95^2 * 0,5 * 0,5 * 925}{(925 - 1)0,05^2 + 1,95^2 * 0,5 * 0,5}$$

N= 272 encuestas

La distribución de la muestra se realizó mediante el número de familias, y las encuestas que se realizó respectivamente se reflejan en la siguiente tabla:

Tabla 2. Distribución de la muestra

Comunidad	Parroquia	Elevación	pob.	%	encuestas
Carapungo	La Matriz	3100 msnm	154	17	45
Chauzán Totorillas	La Matriz	3500 msnm	232	25	68

San Antonio	Cebadas	3087 msnm	70	8	21
Gauron Cochapamba	Cebadas	3.366 msnm	60	6	18
Reten ichubamba	Cebadas	3.203msnm	66	7	19
Sara Chupa	Palmira	3200 msnm	51	6	15
Atapo Santa Cruz	Palmira	3500 msnm	224	24	66
San Luis de Maguazo	Palmira	3050 msnm	68	7	20
		Total	925	100	272

2.9. Técnica de recolección de datos

2.9.1. Socialización

Este método permitió dar a conocer a la población de las comunidades de estudio, sobre la implementación Wallipines, ¿En qué consiste?, ¿Cuáles son los beneficios?, ¿Qué características tiene un wallipin?, ¿Cuál es la diferencia con un invernadero convencional?, entre otros.

Este trabajo con grupo focales es una técnica de la metodología cualitativa, fue utilizada para seleccionar a grupos de personas de las comunidades, líderes de la parroquia de Palmira, Cebadas y La Matriz para deliberar la importancia de la implementación de Wallipines como aporte a los servicios ecosistémicos de abastecimiento, culturales y fomentar nuevas técnicas de cultivos que busca mejorar la seguridad alimentaria y la calidad de vida de las personas.

2.9.2. Entrevista

Este método se enfocó en personas que están inmersas en grupos políticos, como dirigentes, presidentes/líderes de las comunidades, para poder conocer el punto de vista, la realidad actual, a través de una persona que es portavoz del pueblo y conoce cada una de las necesidades referentes a la seguridad alimentaria.

Para la entrevista se partió de un cuestionario diseñado en los siguientes lineamientos de estudio:

2.9.3. Encuesta

Se aplicó un formulario y con el resultado de los mismos, se pudo evidenciar la situación actual de la población en puntos específicos relacionados con: aspectos generales, composición familiar, servicios básicos del hogar, agricultura, manejo de cultivos, seguridad alimentaria, cada una de ellas expresada individualmente por el encuestado, datos que posterior a ello se tabuló y se estableció un resultado para su respectivo análisis.

A continuación, se detalla los puntos estratégicos evaluados en las encuestadas aplicadas:

- Geopolítica: donde se conoció aspectos generales centrados en el poder político en relación con el espacio geográfico, en particular, con los recursos naturales y el territorio.
- Servicios ecosistémicos de abastecimiento: preguntas centradas en la agricultura, el manejo de cultivo, amenazas naturales y/o climáticas, entre otros.
- Servicios ecosistémicos culturales: se partió desde el concepto de seguridad alimentaria, el cual según [11] menciona que “es el derecho de los pueblos de obtener alimentos sanos y culturalmente apropiados, producidos mediante métodos ecológicos y sustentables, así como el derecho de definir sus propios sistemas alimentarios y agrícolas”, así pues, se presentó preguntas dirigidas a un diagnóstico de seguridad alimentaria.

3 Resultados

3.1. Principal aporte evidenciado en la investigación

En la siguiente sección se plasmó el análisis de las entrevistas a los líderes y/o presidentes, y las encuestas a los pobladores, se analizó los resultados de cada pregunta formulada y se explicó los hallazgos positivos y negativos más relevantes.

3.2. Análisis de la entrevista

Se abordaron temas como la situación actual referidas a la seguridad alimentaria de personas vulnerables en comunidades alto andinas, aspectos importantes que se deben tomar en cuenta en caso de que exista la implementación de wallpines en su zona, entidades gubernamentales que deberían brindar apoyo a este tipo de proyectos. A continuación, se presenta el análisis de los aspectos más importantes que se ha podido determinar.

A. Saludo y presentación, ¿Cuál es el cargo que lleva actualmente en su comunidad?

Parroquia Palmira

E1: Buenos días es de mucho agrado contar con su presencia estimados estudiantes universitarios, deseándoles también éxitos en sus labores estudiantiles y personales, mi nombre es Francisco Chimbolema, actualmente llevo el cargo de presidente del GADPR de Palmira administración 2023–2027, representante legal y judicial de la institución.

E2: Buenos días jóvenes estudiantes de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, me es grato tener su visita aquí en nuestra noble parroquia, mi nombre es Rodrigo Paca, llevo el cargo de técnico de planificación del GADPR de Palmira, una de mis funciones en la institución se basa en formular estudios de factibilidad y pre factibilidad, proyectos de pre inversión en materia social, productiva, y ambiental a nivel de perfiles y estudios definitivos, además de la supervisión de la ejecución de obras y proyectos, entre otros, todo esto en beneficio institucional y parroquial.

Parroquia Cebadas

E3: agradecimiento, de parte del Sr. Lorenzo Cocha, soy parte de la directiva de la comunidad, de la parroquia de cebadas, toda mi vida me he dedicado y vivo de la agricultura, mis padres me enseñaron a trabajar las tierras y hasta el día de hoy no he dejado atrás eso.

La matriz

E4: Buenos días, muchas gracias por su visita, mi nombre es Manuel Tenezaca, el cargo que llevo en mi comunidad totorillas es de presidente, es bueno saber que estudiantes universitarios toman en cuenta a nuestra comunidad indígena para realizar sus trabajos, proyectos, y otros.

E5: Muy buenos días mis estimados jóvenes, es un placer tener su visita aquí, mi nombre es Juan Caranqui y llevo el cargo de presidente del barrio Carapungo, perteneciente a la cabecera cantonal, como portavoz de las personas a las que represento les hago saber que estamos prestos y dispuestos a escuchar su exposición y cuál es su propuesta el día de hoy.

B. ¿Cuál es la situación actual en la que viven los pobladores, especialmente los agricultores, ya que, al ser comunidades con presencia de amenazas naturales y/o climáticas están expuestos a grandes pérdidas de cultivo, alimentación, y otros?

E1: Se realizan programas de prevención para estar preparados para los fenómenos que existen en la localidad, además se toman medidas técnicas que ayuden a los agricultores a preservar sus cultivos cuando existe vulnerabilidad antes fenómenos naturales, mismos que traen consecuencias negativas, en el peor de los casos se pierden los cultivos en su totalidad, existen aprendizajes con talleres sobre prácticas nutricionales para equilibrar una alimentación correcta con producción de la zona.

E2: Palmira, al ser una de las parroquias que encabeza las comunidades con zonas altas y con esto presencia constante de heladas, sequias, vientos huracanados, fenómenos que afectan específicamente a los agricultores y sus productos, es por esto que es necesario tomar medidas que cauteleen el bienestar de la población, como técnico de la parroquia estoy en constante función a mis labores y a los proyectos que se pretenden implementar para tener un control antes la presencia de estas amenazas, proyectos que deberían estar enfocados y visionados a corto, mediano y largo plazo, con el fin de una mejora continua, o ya sean nuevas técnicas para controlar mencionados fenómenos.

E3: Los pobladores de la comunidad requieren ayuda para no seguir con este grave problema que es la perdida de cultivos por causa de estos fenómenos, ya que, de esto depende la economía, alimentación, de varias familias, ha venido ocasionando inconvenientes durante varios años y ya es hora de hacerle frente y no dejarnos caer, con la ayuda técnica de profesionales, esperamos encontrar una pronta solución.

E4: Los agricultores a lo largo del tiempo han aprendido a vivir con las amenazas de nuestra pacha mama, ellos saben en qué meses se debe realizar una siembra para obtener una buena cosecha, pero eso no quiere decir que esto sea bueno o favorable, simplemente se ha buscado alternativas por los mismos pobladores para este gran problema.

E5: En las comunidades no existe una ayuda por parte de entidades públicas para tratar de buscar soluciones ante estos fenómenos, se ha tomado medidas como comunidad solamente, pero gracias a Dios ha existido colaboración por parte de los comuneros, sin embargo, es necesario el apoyo técnico por parte del GAD cantonal.

C. ¿Qué aspectos cree que se debería tomar en cuenta en caso de que se quiera realizar la implementación de Wallipines?

E1: La disponibilidad económica, conocimiento técnico para esta implementación, medidas y características ambientales que se requieran, adquisición de materiales, entre otros. Se espera que, por encima de cualquier cosa, el proyecto tenga un buen resultado, y siendo así, se resolverían varios de los problemas que ha ocasionado las pérdidas de nuestros cultivos por estos fenómenos naturales.

E2: Tomar muy en cuenta que son suelos de textura franco-arenosa, con bajo contenido de materia orgánica y deficiente retención de humedad, si existe una alternativa para implementar el proyecto de Wallipines, sin que las características del suelo de la parroquia sean un impedimento, sería un gran aporte.

E3: Sería bueno conocer más a profundidad sobre el proyecto que se quiere llevar a cabo, que exista otras socializaciones del proyecto para estar seguros y confiados, pero sobre todo esto, tomar en cuenta que gran parte de los comuneros se encuentran en una situación económica mediana-baja, y si este proyecto tiene una alta inversión no se va a poder seguir con aquello.

E4: Es necesario crear un plan estratégico para poner en marcha el proyecto, ya que la gente no tiene conocimiento y muchas de las veces no logran entender muy bien la parte técnica, pero para eso estamos nosotros como representantes, comunicar y hacer llegar el mensaje de manera clara y precisa, por un bien común.

E5: No estaría mal realizar otra socialización del proyecto que ustedes han traído el día de hoy, es muy interesante este tipo de invernadero, pero en muchas ocasiones los comuneros por falta de conocimiento no acceden o no cooperan, una vez que se tenga completamente clara la idea, se toman decisiones sean individuales o comunales.

D. ¿Qué entidades gubernamentales deberían brindar apoyo en este tipo de proyectos?

E1: Esperamos tener el apoyo del GAD cantonal, crear una mancomunidad y llegar a un mejor resultado, ver los cambios que se ha buscado en los últimos años, ya que los recursos parroquiales son limitados y para abordar el proyecto se necesitarán más recursos

E2: Más allá de entidades gubernamentales, sería necesario contar con el apoyo de la institución que propone el proyecto mencionado, lo que necesitamos para un punto de partida es el conocimiento técnico para de acuerdo con ello, como GADPR tomar decisiones.

E3: Para este tipo de proyectos se necesita el apoyo de organizaciones de agricultura y de establecimientos de educación superior que apoyen con un asesoramiento y seguimiento y así esperamos llegar a tener un excelente resultado.

E4: El GADM del cantón Guamote debe involucrarse en ayudar técnicamente a los agricultores con charlas, socializaciones sobre un adecuado manejo de cultivos, y como llevar a cabo nuevas técnicas, como por ejemplo las que ustedes han expuesto el día de hoy.

E5: Pienso que como comunidad en conjunto hemos trabajado muy bien, pero no estaría mal recibir apoyo del GAD cantonal, en cualquier ámbito que se requiera para llevar a cabo nuevas maneras de querer combatir estas amenazas naturales.

E. Acorde a la realidad del territorio, ¿qué recomendaciones se debería tomar en cuenta para un resultado satisfactorio, en caso de que exista dicha implementación?

E1: Mi recomendación sería hacer un análisis profundo de la parte técnica, los expertos y entendidos en la materia podrán hacer dicho análisis y posterior a esto creemos que existirá un resultado satisfactorio.

E2: Lo primordial, realizar estudios relacionados al recurso agua, suelo, aire, y aspectos generales de la forma de vida de los campesinos, al conocer la realidad actual nace la necesidad y finalmente una buena implementación de proyecto.

E3: Tener en cuenta que no siempre se esperan resultados favorecedores, pero sin desvalorizar siempre se deben tomar en cuenta las intenciones con las que instituciones de educación superior buscan brindar apoyo.

E4: Aprovechar lo máximo de recursos, por lo que se debe obtener conocimientos más profundos del tema para estar preparados para cualquier inconveniente.

E5: Que el equipo técnico posea conocimientos acerca del aporte que nos daría el proyecto y como nos ayudaría a mejorar y aprovechar de mejor manera nuestros recursos.

F. Cierre (sugerencias, acotaciones, y agradecimiento)

E1: El proyecto me parece interesante, al ver en estos últimos tiempos que los fenómenos naturales han atacado más a la parroquia, se busca salidas urgentes a estos problemas, ya que a partir de nuestros agricultores nacen: fuentes de trabajo, buena alimentación en niños, jóvenes, adultos, economía familiar, etc. Y el hecho de que se quiera implementar una idea sostenible para una buena cosecha de productos, y nuevos productos, es trascendental y se espera que exista un buen resultado por el bienestar de nuestra parroquia. Gracias

E2: es un tema interesante que se puede ejecutar, busca un bien común y es algo por lo que se trabajó en el diario vivir, agradezco a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo y a sus estudiantes tesistas, que hoy en día pueden hacer realidad la búsqueda de tan esperada solución. Gracias

E3: es importante seguir avanzando con la implementación de wallipines hasta la ejecución por el beneficio de las comunidades, para poder surgir, tener una economía y alimentación digna. Gracia

E4: Se espera un apoyo también por parte de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, por los profesionales que lo conforman, y no dejar caer el proyecto en la nada. Gracias

E5: Muchas gracias por su visita, y esperamos un seguimiento del proyecto por el bienestar de la población y demás.

3.3. Análisis de la encuesta

3.3.1. Aspectos generales

A continuación, se presenta el análisis de los aspectos más importantes que se ha podido determinar dentro del análisis de los resultados.

3.3.2. Composición familiar

3.3.2.1. Edad, Número de Integrantes, Sexo, Nivel de instrucción, Actividad económica

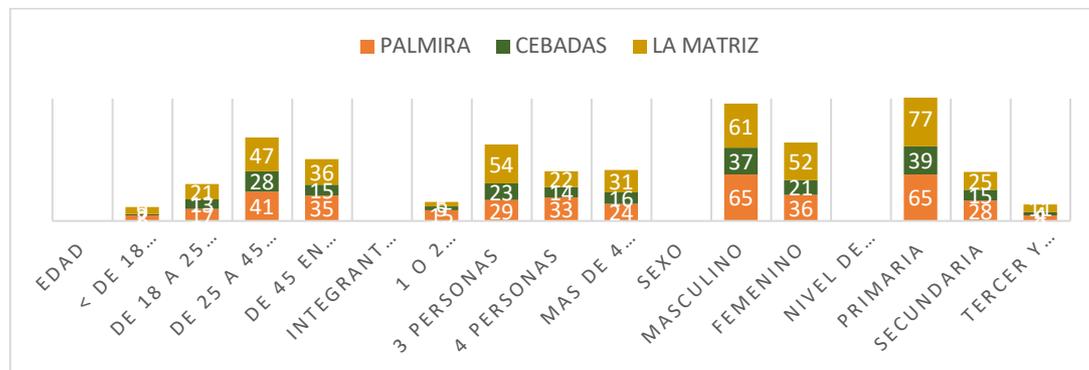


Figura 1. Edad, Número de Integrantes, Sexo, Nivel de instrucción, Actividad económica (Mañay&Paca, 2023)

Fuente: Encuestas comunitarias, 2023

Análisis: Para el análisis del apartado de composición familiar se obtuvo que, la edad de las personas encuestadas va desde el rango entre 25 a 45 años (43%), personas mayores a 45 años (31%), personas entre 18 a 24 años (19%) y menores a 18 años (7%); los integrantes familiares fueron: rangos de 3 personas (39%), más de 4 personas (26%), de 4 personas (25%), entre 1 a 2 personas (10%); en cuanto al sexo de las personas encuestadas dio como resultado un (60%) masculino, y un (40%) femenino; el nivel de instrucción primaria con un (66%), secundaria (25%), y tercer y cuarto nivel (9%)

Para la actividad económica resulta que todos se dedican a la agricultura, ya sea como principal fuente de ingresos o no, sin embargo, existen también actividades como albañilería y empleos en la ciudad.

3.3.2.2. Servicios básicos del hogar

Tipo de vivienda

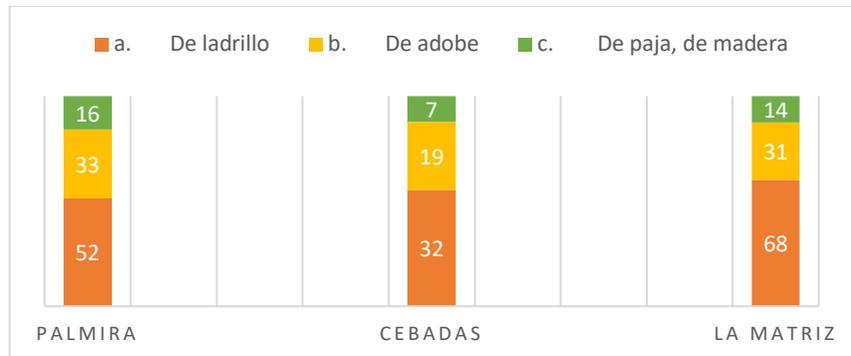


Figura 2. Tipo de vivienda (Mañay&Paca, 2023)

Fuente: Encuestas comunitarias, 2023

Análisis: en la parroquia Palmira se evidenció un (51%) de viviendas de ladrillo, de adobe (33%), de paja o de madera (16%); Cebadas se mostró viviendas de ladrillo en un (55%), de adobe (33%), de paja o de madera (12%), La Matriz obtuvo un (51%) de viviendas de ladrillo, un (33%) de adobe, y de paja o de madera (16%).

¿Con qué Servicio de Agua dispone?

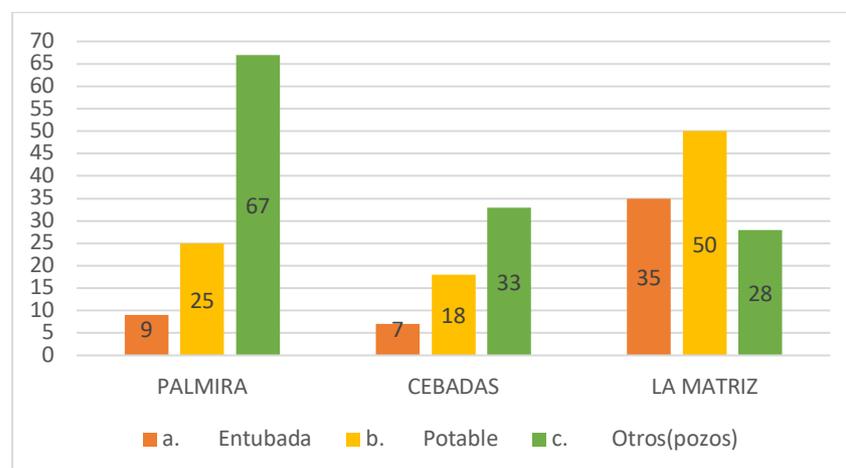


Figura 3. Servicio de agua (Mañay&Paca, 2023)

Fuente: Encuestas comunitarias, 2023

Análisis: se confirmó que el servicio de agua que dispone la parroquia Palmira es entubado en un (9%), potable (25%), otros (pozos sépticos y aire libre) (66%), la parroquia Cebadas con agua entubada (12%), potable (31%), otros (pozos sépticos) (57%), La Matriz resultó con agua entubada (31%), potable (44%), otros (pozos sépticos y aire libre) (25%).

¿Qué medio de comunicación utiliza?

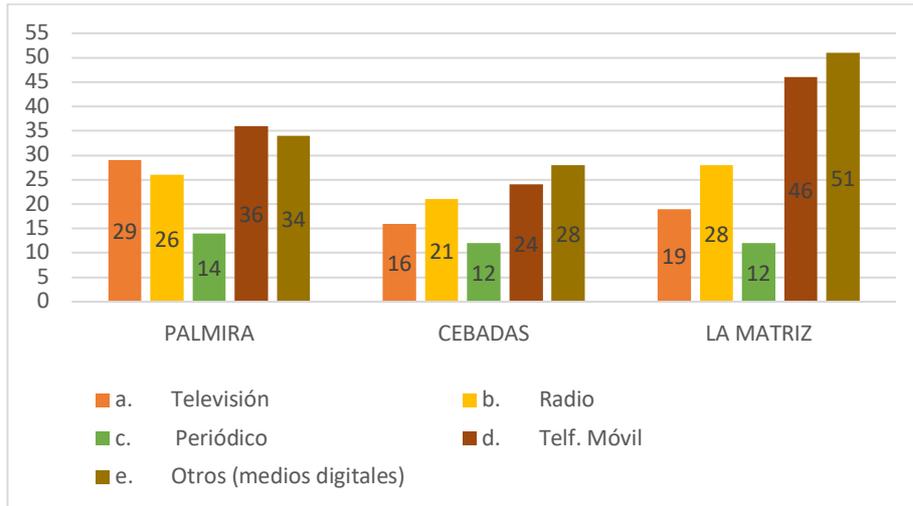


Figura 4. Medio de comunicación (Mañay&Paca, 2023)

Fuente: Encuestas comunitarias, 2023

Análisis: el medio de comunicación más utilizada en la parroquia Palmira fue: el teléfono móvil (26%), otros (medios digitales) (24%), televisión (21%), radio (19%), el periódico (10%), en la parroquia Cebadas se evidenció: otros (medios digitales) (28%), teléfono móvil (24%), radio (21%), televisión (15%), periódico (12%); La Matriz contó con: teléfono móvil (29%), otros (medios digitales) (32%), radio (18%), televisión (13%), periódico (8%).

¿Qué entidad brinda apoyo para la producción agrícola?

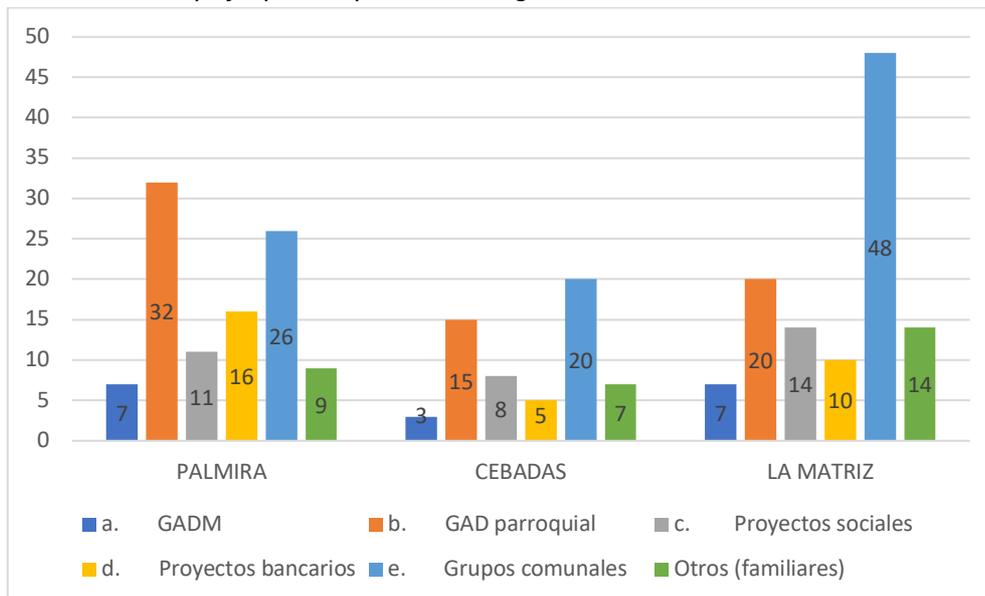


Figura 5. Entidades (Mañay&Paca, 2023)

Fuente: Encuestas comunitarias, 2023

Análisis: las entidades que brindan apoyo en la producción agrícola se obtuvo que: en la parroquia Palmira apoyan las siguientes entidades: GAD parroquial (31%), grupos comunales (26%), proyectos bancarios (16%), proyectos sociales (11%), otros (familiares) (9%), GADM (7%); en la parroquia Cebadas se contó que el apoyo por parte de los grupos comunales es de (35%), GAD parroquial (25%), Proyectos sociales (14%), otros (familiares) (12%), proyectos Bancarios (9%), GADM (5%); La Matriz obtuvo que: grupos comunales (43%), GAD parroquial (18%), otros (familiares) (13%), proyectos sociales (12%), proyectos bancarios (8%), GADM (6%).

3.3.2.3. Manejo de cultivos

¿Qué método de siembra utiliza?

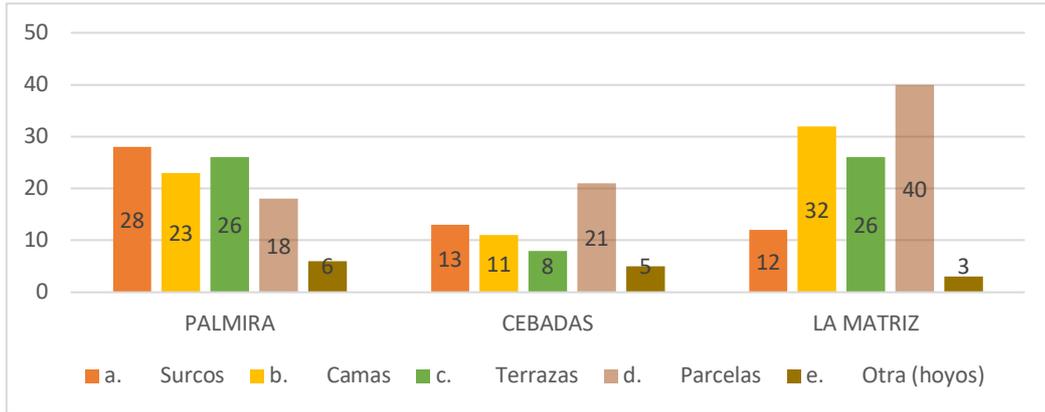


Figura 6. Método de siembra (Mañay&Paca, 2023)

Fuente: Encuestas comunitarias, 2023

Análisis: Los diferentes métodos de siembra que utilizan en la parroquia de Palmira fue: surcos (28%), camas (23%), terrazas (25%), parcelas (18%), otras(hoyos) (6%); en la parroquia Cebadas fue: surcos (22%), camas (19%), terrazas (14%), parcelas (36%), otras(hoyos)(9%); mientras que en La Matriz: surcos (11%), camas (28%), terrazas (23%), parcelas(35%), otras (hoyos) (3%).

¿Qué tipo de sistema de riego utiliza?

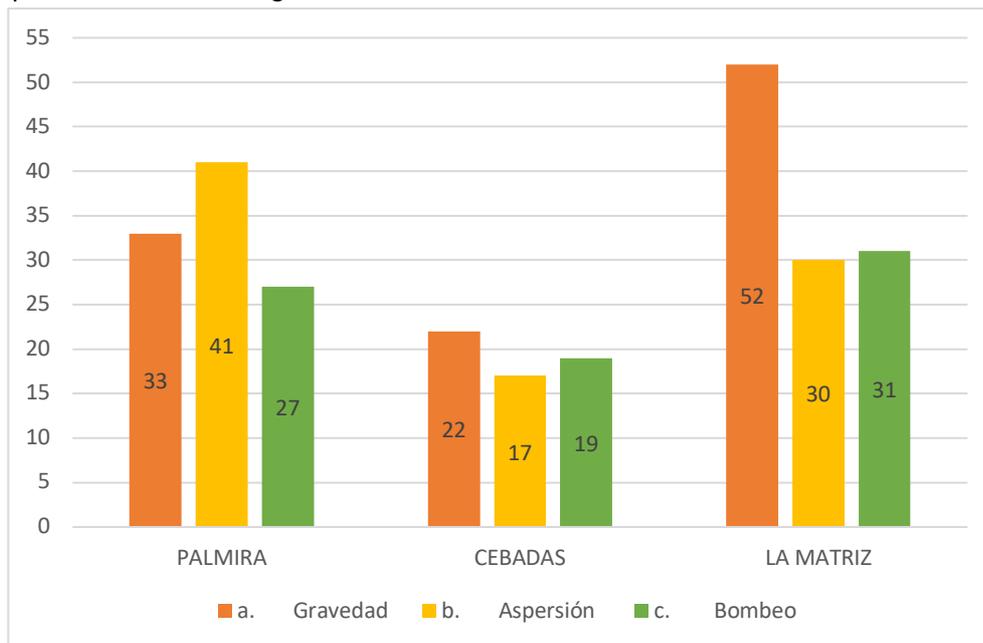


Figura 7. Sistema de riego (Mañay&Paca, 2023)

Fuente: Encuestas comunitarias, 2023

Análisis: Se obtuvo que en la parroquia Palmira el tipo de riego fue: gravedad (32%), aspersión (41%), bombeo (27%); en la parroquia de Cebadas: gravedad (38%), aspersión 29%), bombeo (33%); La matriz: gravedad (46%), aspersión (26%), bombeo (28%).

¿Qué Amenazas naturales y/o climáticas ha presenciado su comunidad?

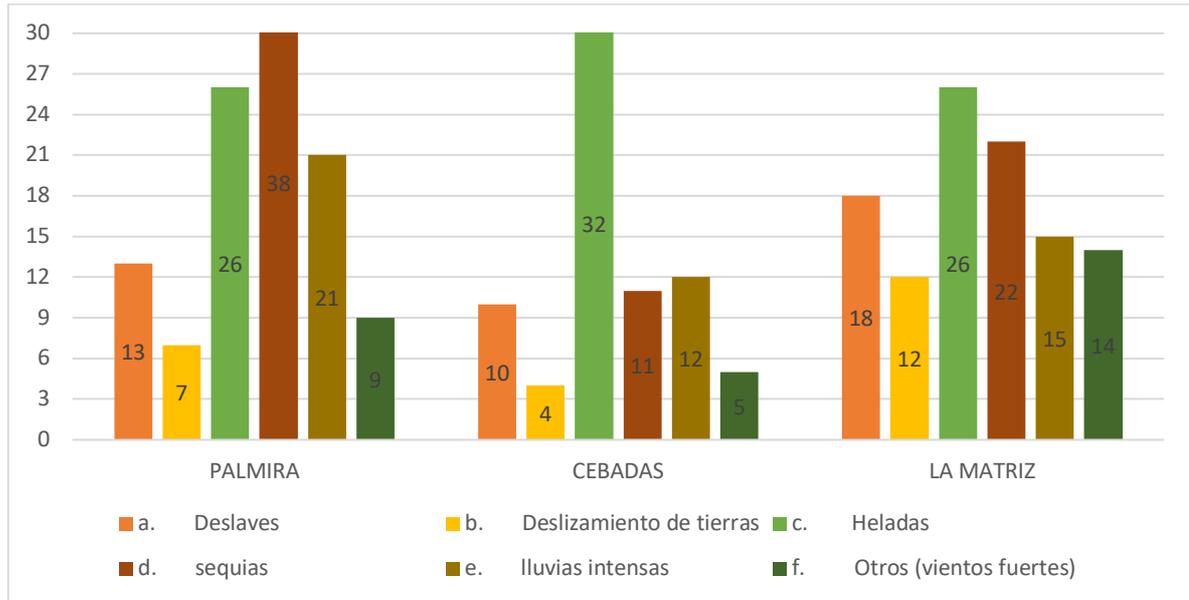


Figura 8. Amenazas naturales (Mañay&Paca, 2023)

Fuente: Encuestas comunitarias, 2023

Análisis: Las amenazas naturales y/o climáticas que sufren las zonas de estudio mediante el análisis dió a conocer que en la parroquia Palmira fueron: deslaves (11%), deslizamientos de tierra (6%), heladas (23%), sequias (33%), lluvias intensas (18%), otros (vientos fuertes)(8%); en la parroquia Cebadas fue: deslaves (14%), deslizamientos de tierra (5%), heladas (43%), sequias (15%), lluvias intensas (16%), otros(vientos fuertes)(7%); y en La matriz fue: deslaves (17%), deslizamientos de tierra (11%), heladas (24%), sequias (21%), lluvias intensas (14%), otros(vientos fuertes)(13%).

3.3.2.3 Diagnóstico seguridad alimentaria

¿Cuáles son los principales productos agrícolas que producen en su comunidad?

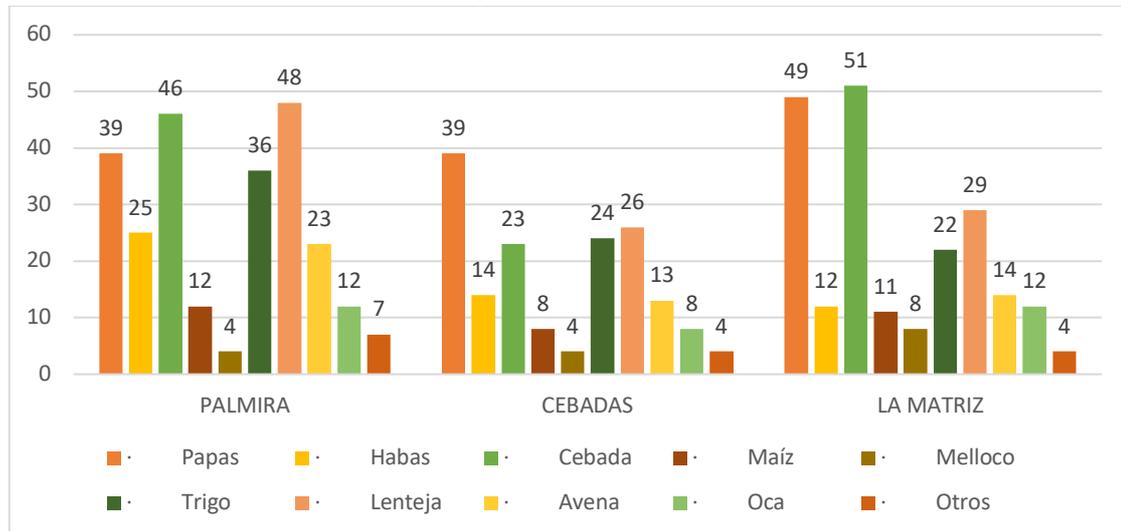


Figura 9. Productos agrícolas (Mañay&Paca, 2023)

Fuente: Encuestas comunitarias, 2023

Análisis: los principales productos que se obtienen en las zonas de estudio fueron: Palmira: papas (15%), habas (10%), cebada (18%), maíz (5%), meloco (2%), trigo (14%), lenteja (19%), avena (9%), oca (5%), otros (3%); en la parroquia Cebadas: papas (24%), habas (9%), cebada (14%), maíz (5%), meloco (2%), trigo (15%), lenteja (16%), avena (8%), oca (5%), otros (2%); y

en La matriz: papas (26%), habas (6%), cebada (24%), maíz (5%), melloco (4%), trigo (10%), lenteja (14%), avena (7%), oca (6%), otros (2%).

¿Cuál es el principal ingreso económico para toda su familia?

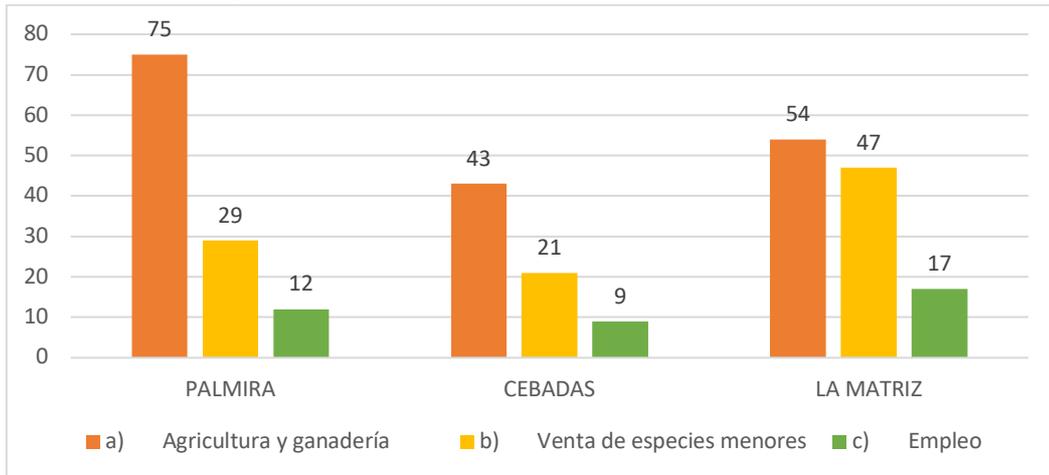


Figura 10. Principal ingreso por familia (Mañay&Paca, 2023)

Fuente: Encuestas comunitarias, 2023

Análisis: los ingresos económicos son importantes para poder subsistir por lo que, los resultados fueron: Palmira: agricultura y ganadería (65%), venta de especies menores (25%), empleo (10%), en la parroquia Cebadas: agricultura y ganadería (59%), venta de especies menores (29%), empleo (12%); en la matriz: agricultura y ganadería (46%), venta de especies menores (40%), empleo (14%).

¿Actualmente de donde obtiene los alimentos para su hogar?

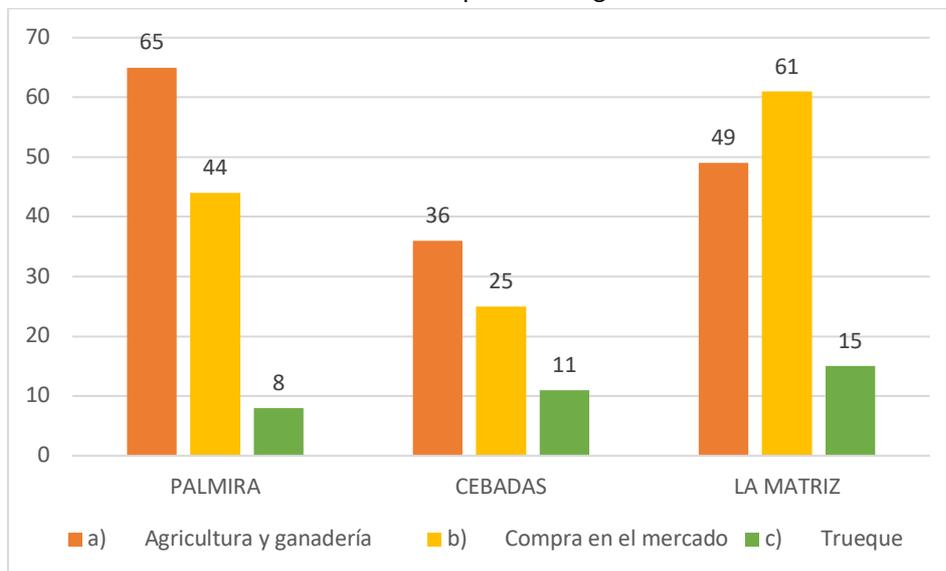


Figura 11. Fuente de alimentos (Mañay&Paca, 2023)

Fuente: Encuestas comunitarias, 2023

Análisis: En la parroquia de Palmira como: agricultura y ganadería (55%), compra en el mercado (38%), trueque (7%), en la parroquia Cebadas: agricultura y ganadería (50%), compra en el mercado (35%), trueque (15%); La Matriz: agricultura y ganadería (39%), compra en el mercado (49%), trueque (12%).

¿Su familia mantiene las 3 comidas al día?

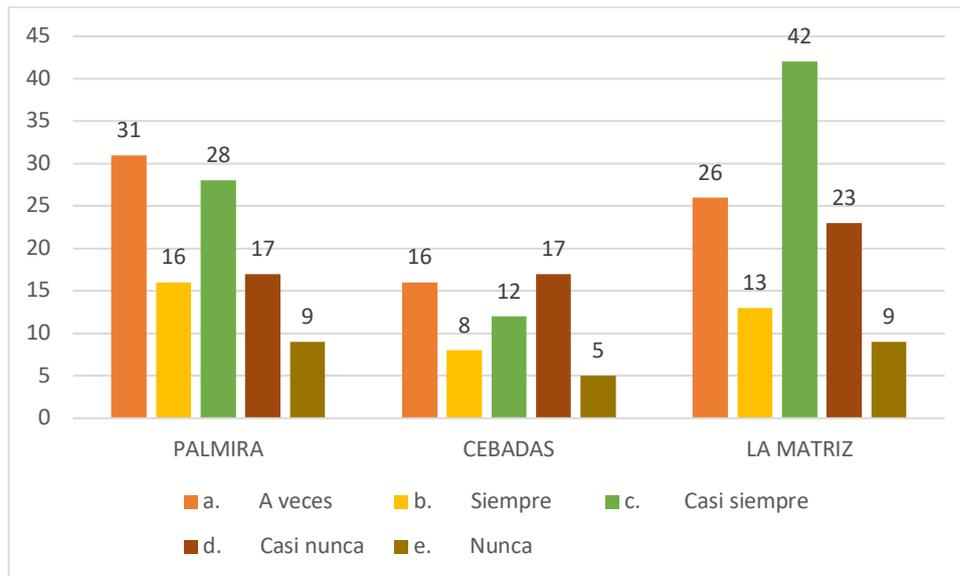


Figura 12. Cantidad de comidas al día (Mañay&Paca, 2023)

Fuente: Encuestas comunitarias, 2023

Análisis: la seguridad alimentaria es importante para el desarrollo de cada parroquia, contemplamos los siguientes resultados: en la parroquia de Palmira: a veces (31%), siempre (16%), casi siempre (28%), casi nunca (17%), nunca (9%); en Cebadas: a veces (28%), siempre (14%), casi siempre (21%), casi nunca (29%), nunca (9%); en la matriz: a veces (23%), siempre (12%), casi siempre (37%), casi nunca (20%), nunca (8%).

4 Discusión

Los resultados obtenidos son un precedente para futuras investigaciones, ya que, es necesario indagar a profundidad diferentes aspectos que están inmersos en los wallipines, su implementación, características y más, esta investigación estuvo enfocada, en los servicios ecosistémicos y seguridad alimentaria, sin embargo, temas importantes y relacionados como, los pasos para su construcción, inversiones económicas, entre otros, no pueden pasar por alto para generar temas de nuevas investigaciones.

Este es un extracto de título en la carrera de Gestión para el Desarrollo Local Sostenible [12].

(...) “cuando las condiciones climáticas han sido desfavorables las cosechas fallan y en las familias predomina la desestabilidad de alimentos. Los pobladores tienen alimentos al momento de la cosecha, pero luego hay escasez de los mismos. A esto se suma el factor climático adverso (heladas) durante los meses de marzo, agosto y diciembre que acaba con los cultivos en su totalidad. Las lluvias abundantes también dificultan la producción agrícola”.

Tomando en consideración el extracto anteriormente expuesto, misma investigación realizada en una comunidad perteneciente al cantón Guamote, y corroborando con el análisis de resultados de las encuestas realizadas en la presente investigación, se deduce que, las heladas es la amenaza climática que más destaca en las tres parroquias, mismas que han afectado en su mayor porcentaje con un daño parcial de cultivo dentro de las parroquia de Palmira y Cebadas, mientras que en la matriz el mismo ha afectado con una destrucción total de cultivos, y de acuerdo a los resultados los trabajos de agricultura son considerados un principal ingreso económico familiar y la fuente de obtención de alimentos, al no tener producción variadas de hortalizas y frutas debido a estos concurrentes eventos climáticos, estos ocasionan carencias nutricionales en vitaminas, minerales y proteínas a los pobladores, mismo que trae como resultado una baja calidad de vida, es por eso

que, la implementación de wallipines en comunidades con dichas amenazas es una alternativa compatible con los recursos que poseen las comunidades estudiadas de las diferentes parroquias del cantón Guamote.

Según el autor [13] en el ensayo titulado: "Soberanía alimentaria como concepto político : La soberanía alimentaria es un bien público global en la medida en que su carencia lleva un mal global: la mala alimentación y el hambre, ambas resultado de una economía desenfrenada que ha fagocitado la política, se han apropiado de la soberanía, y han enrarecido la democracia".

Mencionando también que, de acuerdo a la Ley Orgánica Del Régimen De La Soberanía Alimentaria De Ecuador, en el Art. 13. "Las personas y colectividades tienen derecho al acceso seguro y permanente a alimentos sanos, suficientes y nutritivos; preferentemente producidos a nivel local y en correspondencia con sus diversas identidades y tradiciones culturales."

Entonces, el ejercicio del derecho de los pueblos indígenas a la alimentación y la soberanía alimentaria depende fundamentalmente de su acceso a los recursos naturales y del control sobre ellos en sus tierras y en los territorios que ocupan o utilizan. Los alimentos y la adquisición y el consumo de alimentos suelen ser una parte de la cultura tan importante como la organización social, económica y política.

[14] menciona que: "en la Granja "Ecológica Ventilla", se dedica a la producción ecológica de hortalizas, una de las cuales es la Lechuga suiza, en wallipines. De esta manera se viene a obtener productos ecológicos de buena calidad mejorando la agricultura intensiva orgánica, promoviendo un mejor uso de los recursos naturales como el abono orgánico".

La necesidad de buscar un aprovechamiento y buen uso de los recursos naturales también es parte estratégica de un plan para mejorar la calidad de vida, especialmente de los campesinos cuyo sustento en su mayoría es la agricultura; el autor [14], confirma que dentro de un wallipin se obtiene productos ecológicos de buena calidad, siempre y cuando los lineamientos sean correctamente aplicados, un dato transcendental es el uso del abono orgánico, tomando en cuenta que en las parroquias de Palmira y Cebadas el uso de esta técnica de abono es mayoritaria, obteniendo así una mayor probabilidad de que tenga buena acogida y mayor adaptación a esta nueva técnica de siembra.

El autor [15] cita "Las prácticas de agricultura climáticamente inteligente para la conservación del recurso biológico *Solanum tuberosum* con mayor potencial de aplicación en los sistemas agroalimentarios alto-andinos basados en papa de la organización estudiada son: abonos verdes, uso eficiente de fertilizantes, labranza de conservación, introducción de árboles al sistema, abonos orgánicos-biofermentos, manejo de aplicación de riego eficiente, sistema de alerta temprana para heladas, reservorios, cosecha de agua lluvia, manejo de tubérculo semilla, manejo integrado de plagas y uso de variedades tolerantes al estrés hídrico."

La presente investigación se enfocó en analizar el aprovechamiento de los recursos, y manejo de fenómenos climáticos con la implementación de wallipines ya que, el principal ingreso es la agricultura y ganadería, se verificó que las comunidades aprovechan el agua y el suelo para cultivar. Los principales sistemas de riego que existen en las parroquias son en la parroquia de Palmira un sistema por Aspersión, en Cebadas y La Matriz un sistema por gravedad, , el principal producto de abonado para los cultivos en Palmira es orgánicos y mixtas, en la Parroquia de Cebadas se utiliza con más frecuencia productos orgánicos y mixtas, mientras que en La Matriz se utiliza productos químicos y mixtos para sus siembras, seguidamente se evidencian impactos ambientales dependiendo de su localidad, en la Parroquia Palmira las heladas y lluvias intensas como los fenómenos que alteran las producciones y existen pérdidas como son la destrucción parcial de cultivos, en la parroquia Cebadas existen fenómenos de heladas y lluvias y como consecuencia la

destrucción parcial de cultivos y alteraciones en el suelo, para finalizar, en la Matriz donde se puede evidenciar diferentes afectaciones con respecto a cada temporada del año, donde las que mayor influyen son las heladas y sequías, cabe recalcar que la zona posee un tipo de suelo arenoso, el cual su mayor afectación son las sequías ya que, por falta de agua existe una pérdida total de los cultivos y con ello afecta directamente a los agricultores, su economía, ingresos, y soberanía alimentaria.

[16] menciona que. “En vivero las condiciones de humedad y temperatura fueron controladas de modo que, sustentándose en la relación de temperatura con el desarrollo inicial y supervivencia de las plantas”

En el estudio se considera los productos que se cosechan en las diferentes comunidades, en la parroquia de Palmira predomina la lenteja y la cebadas, en Cebadas tenemos con papas, lenteja, mientras que en La Matriz papas y cebada en donde en cada cosecha existen pérdidas por fenómenos no controlables, con ello los habitantes requieren de nuevas técnicas de cultivo una de ellas y recomendadas son los invernaderos subterráneos, invernaderos convencionales que ayudarían a mejorar la producción y el margen de pérdida sería menor podemos decir que implementación se necesitaría apoyo ya que existe una falta de conocimiento técnico y ayudas de entidades gubernamentales, en la Parroquia de Palmira con un (55%, 30%), en Cebadas con (42%, 42%), en la Matriz con (53%, 35%) respectivamente, si se desea innovar en técnicas de agricultura es fundamental tener acceso a conocimientos técnicos y ayudas por partes de entidades gubernamentales.

4.1. Evaluación de la implementación de wallpines en las parroquias de Palmira, Cebadas y La Matriz

En la parte alta de las parroquias Palmira, Cebadas y La Matriz se desarrollan actividades agropecuarias, que han generado procesos de erosión del suelo (debido a prácticas como el mono cultivo, uso inadecuado de agroquímicos, etc.), desaparición de especies de fauna y flora, contaminación del agua y suelo, y la reducción de paramos por el avance de la frontera agrícola. Estas prácticas representan una amenaza para la sostenibilidad socioeconómica y ambiental del cantón, debido a la degradación del recurso hídrico y del suelo, aspectos que inciden en los bajos rendimientos en los sistemas productivos rurales

Las hortalizas tienen importancia en los sectores que cuentan con riego (ajo, zanahoria, cebolla) los sectores que no disponen de riego cultivan cereales principalmente maíz y cebada. También leguminosas como arveja y haba. Aquí se identifica la zona ganadera especialmente de producción de leche. Esta es la zona hortícola por excelencia de la provincia y comprende la mayor parte de las parroquias La Matriz y Cebadas.

4.2. Palmira

En la parroquia de Palmira que se caracteriza por ser un pueblo agricultor y ganadero se realizó el análisis directamente a productores agrícolas y líderes y/o presidentes donde la población de estudio está entre los 25 a 45 años, la composición familiar está entre cuatro integrantes, por lo que para estas personas es importante tener una actividad económica y seguridad alimentaria, el género masculino predomina en este análisis, para poder obtener la información se debió ser claro y preciso ya que el nivel de instrucción fue primario

La agricultura es la actividad económica fundamental de la parroquia, en zonas altoandinas se contempla la taxonomía del suelo como arenoso, franco arenoso, limoso, con escaso contenido de material orgánico y la retención de humedad es mínima, las características de fertilidad del suelo, ya que el abonado es mixto el mismo puede alterarlo, otro factor sería la permeabilidad, densidad, para no observar amenazas como deslizamiento de tierra y falta de producción, el clima de Palmira se clasifica como frío y templado. Con un promedio de 87 mm, la mayor precipitación cae en abril. Las temperaturas son más altas desde mayo, alrededor de 11.1 °C. Julio tiene la temperatura

promedio más baja del año, estos parámetros se deben tomar en cuenta al realizar los estudios de construcción de wallipines

La producción agrícola es un pilar fundamental y se debe tomar en cuenta los servicios ecosistémicos de la zona, como son el tipo de vivienda que predomina es de ladrillo, el servicio de agua que es un recurso primordial se cuenta mayormente con pozos de agua para poder abastecer a las zonas de cultivos, al momento de la siembra tenemos impactos ambientales que en su mayoría se ven reflejados con un mínimo de tres veces en el año, que afectan directamente a los productores agrícolas donde tenemos impactos ambientales como estarían en su mayoría las heladas que es un fenómeno natural donde se presenta un descenso brusco de la temperatura, causando la muerte y pérdidas parciales y totales de las plantaciones esto se presenta entre los meses de enero, agosto, octubre, noviembre y diciembre, lluvias intensas donde las plantaciones se pierden debido al exceso de agua con esto se genera una inseguridad agrícola La mayor incidencia de corrientes de aire, se producen entre los meses de julio y agosto con direcciones sur, sur oeste y oeste. Sin duda alguna, es en la región de Palmira donde los efectos eólicos son más notables

De abastecimiento, el principal ingreso económico es la agricultura y ganadería, la misma que es la base fundamental para cubrir la soberanía alimentaria, a generar ingresos económicos con su venta de las comunidades, si contemplamos que existe una pérdida significativa de producción, se genera desabastecimiento con lo que aparecen diferentes problemas en los habitantes como la desnutrición en las comunidades, con lo que manifestaron que a veces los integrantes familiares mantienen mínimo sus tres comidas al día, estos inconvenientes se debe controlar con mecanismos de agricultura sostenible como son los invernaderos subterráneos, los cuales manifestaron que están de acuerdo en su mayoría de la implementación, con un margen mínimo de no estar de acuerdo por varios motivos, como la falta de conocimiento técnico, la disponibilidad económica y falta de apoyo de las entidades gubernamentales, esta última se debe fortalecer para poder tener un desarrollo de las comunidades, en este punto debe conseguir el apoyo, orientación por medio de proyectos educativos, grupos comunales y entidades no gubernamentales ya que el apoyo local no satisface las necesidades para el fortalecimiento y ayuda técnica para la implementación de wallipines

4.3. La Matriz

La parroquia de la matriz se caracteriza por ser productivo e innovadora, el pilar fundamental es la agricultura, esta parroquia cuenta con diferentes tipos de suelo dependiendo de los pisos altitudinales como tenemos suelos arenosos, franco arenosos, limosos, que limitan la siembra y tenemos una deficiente variedad de alimentos, existen diversos factores ambientales que dificultan la agricultura entre los cuales tenemos la erosión eólica que es uno de los efectos más dañinos, ya que el impacto de los vientos es más agresivo en zonas de mayor pendiente, Guamote al tener una gran superficie de pendientes elevadas, ocasiona mayor erosión, las pendientes aumentan los riesgos de aceleración erosiva por procesos de carácter indiferenciado, debido a la textura de sus suelos volcánicos, arcillosos, arenoso, que producen el escurrimiento, la introducción de especies exóticas ocasiona la pérdida de nutrientes del suelo, la desnutrición por pérdidas parciales y totales de los cultivos por estos impactos, el desabastecimiento de agua que utilizan diferentes sistemas de recolección a través de río, vertiente, canal o acequia del problema en cuanto a la calidad del agua que utilizan los habitantes, suponiendo un riesgo para la salud e influyendo negativamente en la calidad de vida de la población.

Al momento de la siembra existe la presencia de impactos ambientales que en su mayoría se ven reflejados más de cinco veces en el año, lo que conlleva a ser altamente frecuente daños a los cultivos, puesto que afectan directamente a los productores agrícolas estos pueden ser heladas en

una temporada del año y en otra ocasión sería la falta de abastecimiento de agua como son las sequías.

Luego del análisis se puede decir que existe una cifra significativa de pobladores, que estarían de acuerdo establecer un mecanismo de siembra como es la implementación de wallpines, con un índice bajo en desacuerdo debido a la falta de conocimientos técnicos y apoyo de las entidades gubernamentales de la zona

4.4. Cebadas

La parroquia Cebadas se caracteriza por ser una parroquia agropecuaria, dedicándose preferentemente a la crianza, producción y explotación de ganadería de leche y carne; complementándose con la producción agrícola de cultivos como papa, haba, maíz y en los últimos años se ha iniciado el cultivo a pequeña escala de la frutilla o fresa, gracias a las bondades de su clima y características de sus suelos.

Se encuentra a una altitud que va desde los 2.600 hasta 4.640 m.s.n.m, su temperatura media anual es de 13,7°C, constituyendo dos tipos de climas: Invierno húmedo frío en los meses de octubre a mayo y verano cálido, seco, ventoso de junio a septiembre; una nubosidad de 3.1 horas/día y una precipitación de 681 mm, constituye una importante reserva de agua dulce, pues las $\frac{3}{4}$ de su territorio se encuentra cubierta del ecosistema del páramo; ecosistema que por sus condiciones especiales de humedad, temperatura, vegetación es una zona de almacenamiento del recurso hídrico

Sufre de factores ambientales como las heladas que son fenómenos naturales que se presentan por un descenso brusco en la temperatura ambiental, causando la congelación del agua, especialmente la que se encuentra en forma de savia en el sistema vascular de las plantas, causando la quemadura de las hojas y por ende la muerte de las mismas; este fenómeno se presenta casi todos los años, especialmente entre los meses de enero, agosto, octubre, noviembre y diciembre, disminución de los caudales de agua de las fuentes hídricas, ubicadas en el ecosistema de páramo/vertientes naturales y contaminación de las mismas esto sucede debido al avance de la frontera agrícola (incorporación de tierras de páramo a actividades agropecuarias: cultivos/ganadería), pérdida progresiva de la fertilidad de los suelos dedicados a la producción agropecuaria las condiciones más desfavorables de la zona tenemos el cambio del clima en largos períodos como la sequía o calentamiento global del planeta, desconocimiento de políticas públicas, para la conservación y manejo de los páramos, el cual trae la pérdida progresiva de la capacidad productiva de los suelos, puesto que es escaso nivel de restitución de nutrientes al suelo (abono orgánico y fertilizantes químicos), al momento de la siembra existe monocultivos y cultivos intensivos que requieren de mayores niveles de nutrientes al suelo, la mala utilización del abono ya que en la zona se utiliza abono mixto que se mira el uso de agroquímicos: insecticidas, herbicidas, fungicidas inadecuadamente.

5 Conclusión

El estado geopolítico del cantón Guamote, está en constante cambio debido a su desarrollo demográfico tanto una expansión de territorio urbano y expansión de zonas de producción agrícola con ello la alteración por el avance de la frontera agrícola en la zona ha llevado a la incorporación de tierras de páramo a actividades agropecuarias como cultivos y ganadería. Esto ha resultado en una pérdida progresiva de la fertilidad de los suelos destinados a la producción agropecuaria. Además de esto, las condiciones adversas de la zona como el cambio climático en largos períodos como sequías o el calentamiento global del planeta agravan la situación. Existe también un desconocimiento de políticas públicas de conservación y manejo de los páramos, con ello un motivo negativo para el crecimiento industrial de las comunidades

Se concluye que los recursos como el agua, el suelo, son indispensables para la agricultura con ello en las Parroquia de cebadas , la Matriz , Palmira se analizó los factores climáticos que afectan a la agricultura y los beneficios que se obtendría, con la implementación de wallipines ya que se pretende tener cierto control con las amenazas climáticas como, las lluvias intensas, temperatura, vientos fuertes, las heladas que alteran el ecosistema de la zona, con ello se podría proveer de productos diferentes a los monocultivo que se da en la zona, esto beneficiaría con un mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes.

Se ha valorado la incidencia que provee los servicios ecosistémicos culturales hacia de la implementación de wallipines ya que ayudará a mejorar la agricultura tradicional, combinado con innovadoras técnicas de cultivos, seguidamente tendremos beneficios como ecoturismo ya que estos espacios pueden servir como huertos familiares, huertos ecológicos, agricultura a gran escala que darían una inspiración hacia los demás grupos comunales, esto ayudaría a mejorar la soberanía alimentaria y económica de los comunidades alto andinas del Cantón Guamote.

Contribución de autores: Todos los autores contribuyeron en la realización del presente artículo.

Financiamiento: Los autores financiaron a integridad el estudio.

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

Referencias

- [1] M. Palacios-Estrada, P. Massa-Sánchez, and V.-A. Martínez-Fernández, "Cambio climático y contaminación ambiental como generadores de crisis alimentaria en la América andina: Un análisis empírico para Ecuador," *Investig. operacional*, vol. 39, no. 2, 2018.
- [2] D. Carrión and S. Herrera, *Ecuador rural del siglo XXI*. 2012.
- [3] E. Bravo Velásquez, *La soberanía alimentaria contada por sus actores*. Quito, 2016.
- [4] G. P. G. Alban, A. E. V. Arguello, and N. E. C. Molina, "Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción)," *Recimundo*, vol. 4, no. 3, pp. 163–173, 2020.
- [5] J. Rizo, "Técnicas de investigación documental.[Universidad Nacional Autónoma De Nicaragua, Managua Facultad Regional Multidisciplinaria De Matagalpa Unan-Farem-Matagalpa]." Managua. Retrieved from <https://repositorio.unan.edu.ni/12168/1/100795.pdf>, 2015.
- [6] F. Arias, "Metodología de la investigación en las ciencias aplicadas al deporte: un enfoque cuantitativo," *Rev. Digit. EFDeportes*, vol. 16, no. 157, 2011.
- [7] N. Rodríguez Ávila, "Envejecimiento: Edad, salud y sociedad," *Horiz. Sanit.*, vol. 17, no. 2, pp. 87–88, 2018.
- [8] J. Machaca Rejas, "Efecto de las habilidades gerenciales en la satisfacción laboral de los trabajadores de las microempresas en la ciudad de Ayacucho, 2018," 2018.
- [9] F. H. de Canales, E. L. de Alvarado, and E. B. Pineda, "Metodología de la investigación: Manual para el desarrollo de personal de salud," in *Métodología de la investigación: Manual para el desarrollo de personal de salud*, 1994, p. 225.
- [10] H. Sampieri, C. F. Collado, and L. P. Baptista, "Metodología de La Investigación Metodología

- de La Investigación.” Mexico, McGraw-Hill, 2006.
- [11] J. M. Waldmueller and L. R. Avalos, “La soberanía alimentaria más allá de la técnica: Una aproximación global hacia su monitoreo intercultural,” *Coment. Int. Rev. del Cent. Andin. Estud. Int.*, no. 15, pp. 253–286, 2015.
- [12] M. R. Naula Yangol, “El estado de la soberanía y seguridad alimentaria en la comunidad santa cruz del cantón Guamote.” 2015.
- [13] J. R. G. Parada, “Soberanía alimentaria como concepto político,” *Devenires*, no. 25–26, pp. 71–86, 2012.
- [14] E. B. Mamani Mamani, “Efecto de la aplicación de abonos en el cultivo de lechuga suiza *Valerianella locusta* en walipinis de la localidad de Ventilla.”
- [15] A. C. ENRIQUEZ PAREDES, “Agricultura climáticamente inteligente para la conservación del recurso biológico *Solanum Tuberosum* en los sistemas agroalimentarios alto-andinos basados en papa,” *Repos. UTNIP*, pp. 1–128, 2021, [Online]. Available: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/11286/2/PG_836_TRABAJO_GRADO.pdf
- [16] M. J. Ruano Guel and E. D. Benavides Acosta, “Evaluación de tasas de germinación, supervivencia y desarrollo de cuatro especies nativas altoandinas en vivero y en un área degradada en la provincia Carchi.” 2018.



© 2024 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 post-sismo en viviendas del cantón Azogues - Ecuador

Kevin Rojas Méndez ¹  Jaime Xavier Nieto-Cárdenas ^{1,2}  Paúl Illescas-Cárdenas ¹ 

¹ Unidad Académica de Ingeniería, Industria y Construcción, Universidad Católica de Cuenca, Cuenca, Ecuador

² Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia

✉ Correspondencia: kerjasm58@est.ucacue.edu.ec  + 593 978845091

DOI/URL: <https://doi.org/10.53313/gwj71114>

Resumen: Este estudio se llevó a cabo en viviendas del cantón Azogues como respuesta al sismo ocurrido el 18 de marzo de 2023 en Ecuador. La investigación implicó el análisis de al menos 20 viviendas o edificaciones, con el propósito de realizar un análisis post-sismo de elementos tanto estructurales como no estructurales. Además, se tiene como objetivo proponer medidas para reparar y prevenir los daños identificados más comunes. Para llevar a cabo el análisis *in situ*, se empleó un formulario estandarizado para recopilar información básica, se tomaron fotografías, se realizaron mediciones de fisuras, se esquematizaron los elementos encontrados y se tabularon los datos correspondientes. Los resultados del análisis revelaron que varias viviendas presentan únicamente daños no estructurales. En cuanto a las otras viviendas, se encontraron fallos debido a una combinación de factores, entre los cuales se incluían deficiencias como: procesos constructivo y falta de mantenimiento.

Palabras claves: Estructura sísmica, Vulnerabilidad estructural, Daños post-sismo, Evaluación estructural, Construcciones en Azogues.

Post-earthquake análisis in buildings at Azogues - Ecuador

Abstract: This study was carried out in homes at Azogues in response to the earthquake that occurred on March 18, 2023, in Ecuador. The research involved the analysis of at least 20 houses or buildings, with the aim of conducting a post-earthquake analysis of both structural and non-structural elements. It was also intended to propose measures to repair and prevent the most identified damage.

To carry out the analysis *in situ*, a standardized form was used to collect basic information, photographs were taken, cracks measurements were made, the elements found were plotted and the corresponding data tabulated. The results of the analysis revealed that several houses had only non-structural damage. For the other dwellings, failures were found due to a combination of factors, including deficiencies in



Cita: Rojas Méndez, K., Nieto-Cárdenas, J. X., & Illescas-Cárdenas, P. (2024). Análisis post-sismo en viviendas del cantón Azogues – Ecuador. *Green World Journal*, 7(1), 114.

<https://doi.org/10.53313/gwj71114>

Received: 25/January /2024

Accepted: 26/March /2024

Published: 02/April /2024

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.



© 2024 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>

construction, lack of architectural plans, insufficient structural designs and lack of maintenance. These deficiencies contributed to the vulnerability of homes to seismic events.

Redactar una o dos oraciones introductorias. Problemática. objetivo. Metodología. Resultados. Breve conclusión.

Keywords: Seismic structures, Structural vulnerability, Seismic damage, Structural assessment,

1. Introducción

El sismo de Ecuador ocurrido el 18 de marzo de 2023 a las 12:12 hora local, con una magnitud de momento de M_w 6,64 y una profundidad de 63,1 km con epicentro en el extremo Nor-oriental de la Isla Puná en el Golfo de Guayaquil [1], como se muestra en la figura 1. La ocurrencia de este sismo dejó como resultado varias estructuras dañadas y al menos 15 víctimas mortales. Ese mismo día, se produjeron réplicas adicionales, entre las cuales se destaca una de M_w 4.6 [2], como se muestra en la figura 1.

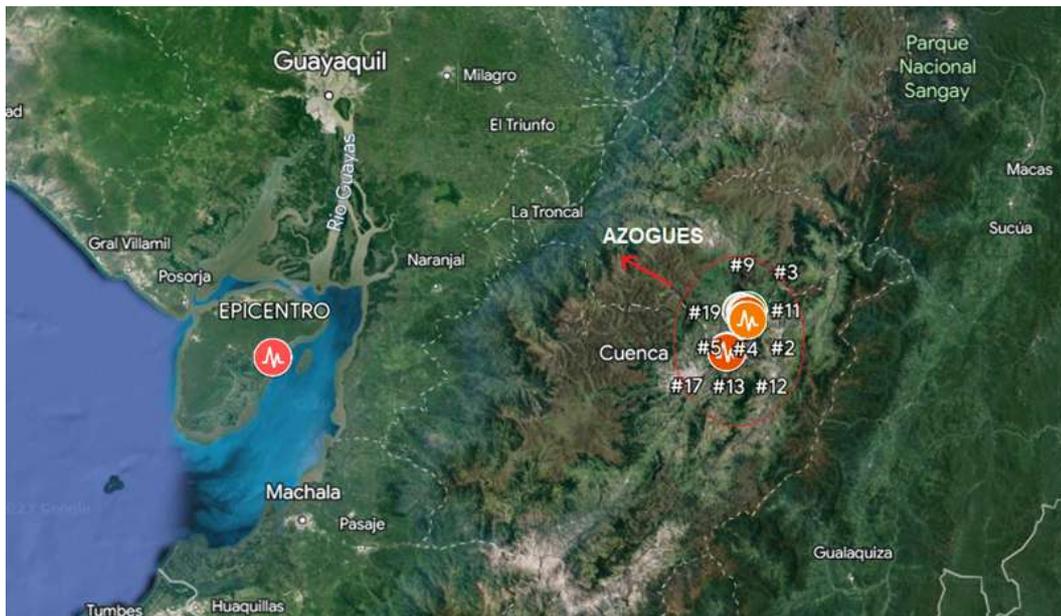


Figura 1. Mapa que muestra la ubicación epicentral del acontecimiento ocurrido el 18 de marzo, a las 12:12 (hora local) y la ubicación de la zona de estudio.

Hasta las 13:15 (TL), el Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional registró un total de 699 informes a través de la aplicación "Sintió el Sismo". El sismo se percibió en prácticamente todas las provincias del país, sin embargo, se observó una mayor cantidad de notificaciones provenientes de Guayas, Pichincha, Azuay y El Oro, destacando especialmente las ciudades de Guayaquil, Quito, Cuenca [1]. Por la magnitud del evento, se procede a evaluar al menos 20 casas en el cantón Azogues, por la preocupación de conocer daños que generó este evento en viviendas de este cantón.

En la provincia de El Oro, en particular en las localidades de Machala, Santa Rosa y Huaquillas, se registra una intensidad sísmica estimada en un rango de 5 a 6 EMS (escala macrosísmica europea), lo que sugiere la posibilidad de que las estructuras pudieron experimentar daños de grado 1 en estructuras altamente susceptibles. En la provincia de Azuay, específicamente en la ciudad de Cuenca, se observa una intensidad sísmica de aproximadamente 4 a 5 en la EMS [1].

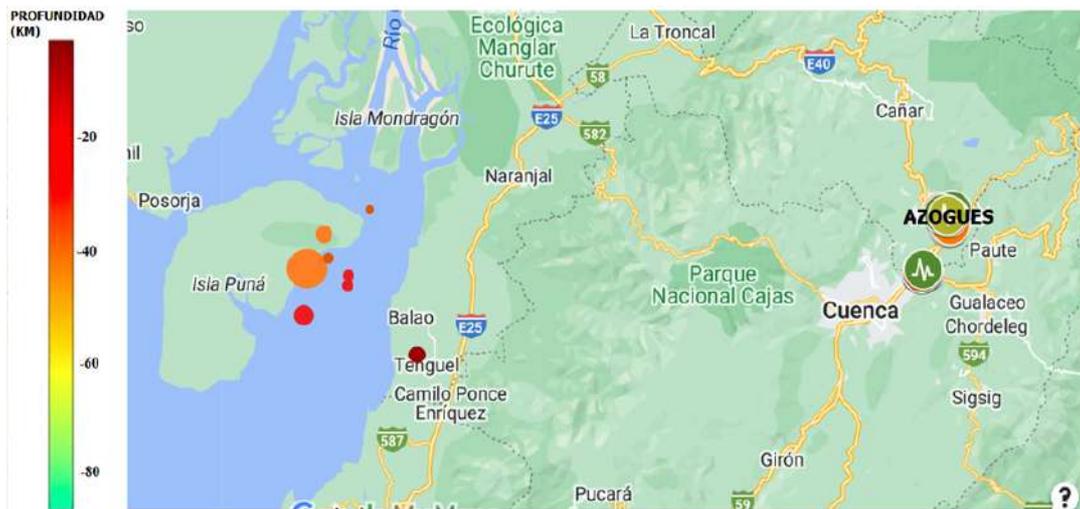


Figura 2. Mapa con ubicación de eventos localizados en la zona del Golfo luego del sismo de Mw 6.64.

La ausencia de un análisis de las fallas post-sismo en las viviendas podría conllevar repercusiones negativas a corto y largo plazo. En primer lugar, existe la posibilidad de que las residencias afectadas resulten inseguras para su ocupación, lo que a su vez podría poner en peligro la seguridad y bienestar de sus habitantes. Adicionalmente, la carencia de reparaciones apropiadas y la implementación de medidas preventivas podrían aumentar la susceptibilidad de las estructuras ante futuros eventos sísmicos, incrementando de esta manera el riesgo de sufrir daños aún más substanciales [4]. Las recomendaciones proporcionadas se sustentaron en las patologías y daños más frecuentes que se identificaron durante el proceso de inspección.

Se realizó un análisis post-sismo en algunas viviendas del cantón Azogues, con el fin de recopilar información sobre los tipos y magnitudes de daños sufridos. Esta información se utiliza como base para proponer acciones concretas que mitiguen la vulnerabilidad presente en estas viviendas. La identificación precisa de las áreas problemáticas permite el desarrollo de estrategias y recomendaciones de diseño, construcción y rehabilitación que refuercen las viviendas y mejoren su comportamiento sísmico.

La obtención de información crucial para este análisis post-sismo en las viviendas fue un proceso múltiple. En primer lugar, se llevó a cabo una búsqueda de datos a través de redes sociales, en colaboración con el GAD Municipal de Azogues, en particular con el Departamento de Gestión de Riesgos. Esta entidad proporcionó una lista de ubicaciones de viviendas afectadas, lo que enriqueció nuestra base de datos.

En segundo lugar, se inició el levantamiento de información en campo utilizando el formulario del IDIGER (Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático) de Colombia, específicamente diseñado para recopilar datos relevantes en situaciones post-sismo. Además, se realizaron detalladas sesiones de fotografía para documentar visualmente los daños observados en las viviendas [5].

En tercer lugar, se procedió a la tabulación de todos los datos recopilados, incluyendo información sobre el periodo de construcción, número de niveles, sistema estructural y la presencia de daños en elementos estructurales y no estructurales. Esto permitió una caracterización de las viviendas y la identificación de patrones de daño. Asimismo, con la ayuda de Revit se esquematizaron las viviendas que habían sufrido las mayores afectaciones, lo que proporcionó una representación visual de la gravedad de los daños.

Por último, basándonos en los datos recopilados y el análisis realizado, se proponen arreglos para abordar los daños más frecuentes encontrados, ya sean de naturaleza estructural o no estructural.

Los hallazgos obtenidos durante este análisis revelaron patrones significativos en los tipos de daños observados en las viviendas. En su mayoría, se encontraron daños no estructurales en las viviendas ubicadas en zonas céntricas del cantón Azogues. Estos daños no estructurales incluyeron grietas en paredes, techos y pisos. Así como daños en elementos no esenciales como ventanas, puertas y revestimientos. Estos resultados sugieren la necesidad de mejorar las prácticas de construcción y el mantenimiento en estas áreas urbanas para reducir la vulnerabilidad de las viviendas ante eventos sísmicos.

Al contrario, en las zonas rurales del cantón Azogues, se observaron daños estructurales más significativos en las viviendas. Estos daños afectaron elementos esenciales de la estructura, como columnas, vigas y cimientos, lo que pone en manifiesto la necesidad de ser más rigurosos en la construcción y diseño de viviendas en estas áreas. La influencia de la construcción con mano de obra calificada y la utilización de planos arquitectónicos y estructurales adecuados fue evidente en la reducción de los daños estructurales observados.

Las viviendas que siguieron prácticas de construcción más formales y utilizaron diseños arquitectónicos planificados presentaban una mayor resistencia ante los sismos, lo que resalta la importancia de contar con un profesional del sector de la construcción.

En una investigación previa llevada a cabo en Azogues por otro autor, se evaluó la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de hormigón conforme a la norma ASTM C39.

Los resultados revelaron que el 17.65% de las muestras (equivalente a 9) cumplió o superó la resistencia mínima estipulada, mientras que el 82.35% (equivalente a 42 muestras) no logró alcanzar dicha resistencia, establecida por la normativa NEC-15 en 210 kg/cm². Considerando estos resultados se obtuvo una resistencia promedio de 120 kg/cm² [6].

En resumen, los hallazgos de este análisis resaltan la necesidad de mejorar las prácticas de construcción y el mantenimiento en áreas urbanas y rurales para reducir los daños no estructurales en viviendas. Asimismo, subrayan la importancia de invertir en la formación de mano de obra calificada y la aplicación de planos arquitectónicos adecuados en áreas rurales para mitigar los daños estructurales en viviendas, mejorando así la resiliencia de las comunidades ante futuros eventos sísmicos.

2. Materiales y métodos

Para el desarrollo del presente estudio se realiza varios pasos bajo la siguiente metodología:

2.1 Levantamiento de información preliminar

Al igual que en sismos pasados, no se tiene un conteo detallado de todas las estructuras que resultaron dañadas dentro del cantón Azogues, pero gracias a las tecnologías de información, a la cooperación de instituciones gubernamentales los datos recabados han sido de mayor calidad, gran parte de las ubicaciones de las viviendas analizadas fueron proporcionadas por el departamento de Gestión de Riesgos del GAD de Azogues. Es común en el país solo generar estos registros en ciudades de la costa, donde la sismicidad es más alta.

2.2 Levantamiento de Información de Campo

Para obtener datos específicos sobre las viviendas en el cantón Azogues, se llevó a cabo un levantamiento de información in situ. Esto involucró la visita a viviendas de la zona, donde se realizó el llenado de fichas técnicas detalladas. Durante estas visitas, se recopiló información visual a través de fotografías que documentaron el estado actual de las estructuras y los daños observados.

2.3 Análisis de los Daños

La información recopilada durante las visitas de campo fue sometida a una tabulación. Se examinaron los tipos de daños presentes en las viviendas, se categorizaron según su gravedad de acuerdo con el formulario empleado y se identificaron patrones comunes. Este análisis permitió comprender las vulnerabilidades estructurales prevalentes en la zona y establecer la base para las soluciones propuestas.

2.4 Propuesta de soluciones

Con base en el análisis de los daños y la investigación de soluciones, se generaron propuestas concretas para reducir la vulnerabilidad estructural de las viviendas en el cantón Azogues. Estas propuestas abarcaron medidas para el reforzamiento estructural, diseño y construcción de futuras viviendas.

La distribución o caracterización del AIS (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica) se emplea en las soluciones o reparaciones cosméticas, las cuales tienen como objetivo mejorar la apariencia visual y pueden también beneficiar las propiedades no estructurales de los componentes, como también las reparaciones de elementos estructurales.

3. Resultados

El hallazgo principal de este estudio sobre el análisis post sísmico en viviendas es que se ha identificado una correlación significativa entre la calidad de construcción de las viviendas y su capacidad de resistencia a los terremotos. Las viviendas que cumplen con estándares de construcción, tales como diseños arquitectónicos y estructurales, y que cuentan con mano de obra calificada, tienen una mayor probabilidad de resistir los efectos sísmicos sin sufrir daños, ya sean estos de naturaleza no estructural o estructural.

3.1. Levantamiento de la información preliminar

Con ayuda de las tecnologías de la información y la colaboración del GAD Municipal de Azogues (Departamento de Gestión de Riesgos), se logró una identificación más eficiente de las edificaciones con problemas durante la fase de Levantamiento de Información Preliminar. Esto ha sido fundamental para el desarrollo de nuestro estudio y la identificación de las viviendas que requieren un análisis más detallado después del sismo de marzo.

La figura 3, que se presenta a continuación ofrece una visión general de la ubicación de las casas en nuestra investigación. Esta representación gráfica sirve como punto de partida para comprender la distribución geográfica de las viviendas en el estudio. En el lado izquierdo, se presenta una vista general, mientras que en la parte inferior y derecha se ofrece un acercamiento que muestra la dispersión de las casas en la zona de investigación.

3.2. Levantamiento de información en campo

Durante esta etapa, se procede a la obtención de datos básicos acerca de las viviendas que constituirían el objeto de estudio. Esta recopilación de información comprendió detalles, tales como

el número de niveles presentes en cada edificación, el uso específico (ya fuera una vivienda unifamiliar, multifamiliar, comercial u otra categoría), la dirección de cada inmueble, el período aproximado de construcción, las condiciones topográficas circundantes y si la construcción contó con supervisión técnica o no.

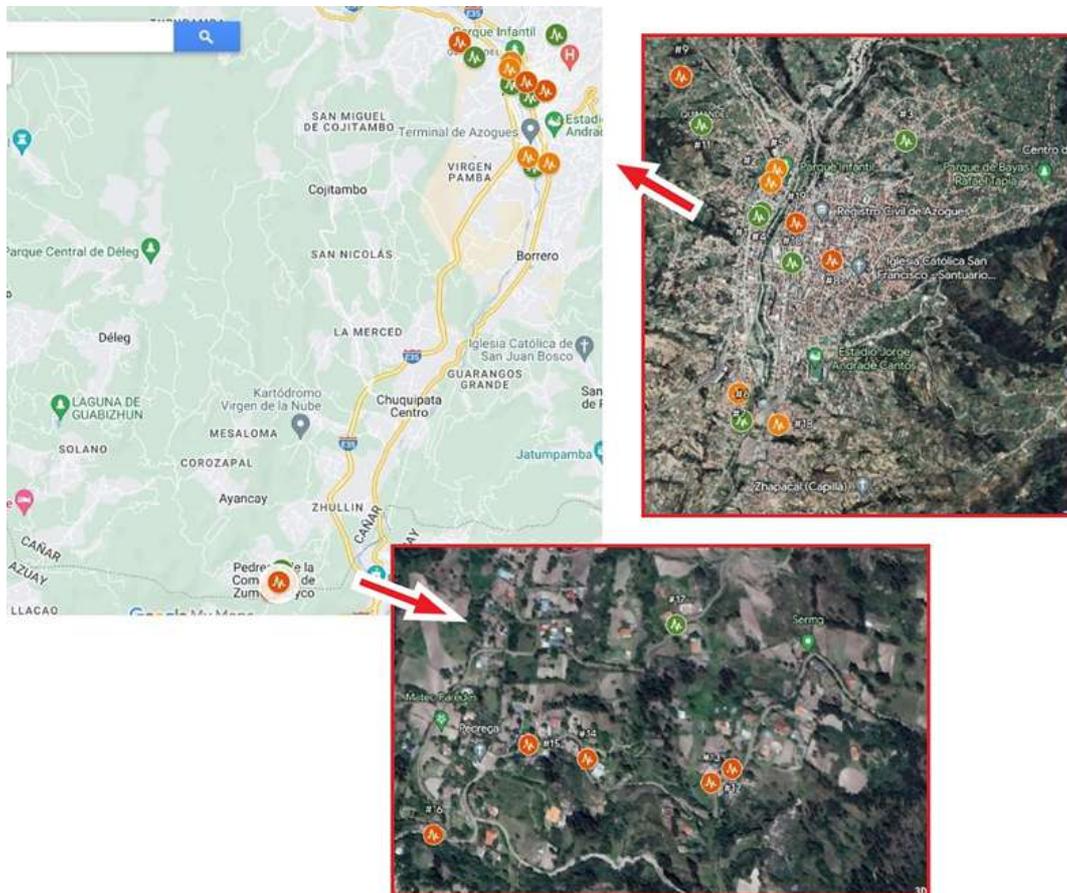


Figura 3. Una visión general se presenta a la izquierda, mientras que en la parte inferior y derecha se muestran acercamientos de las ubicaciones de las viviendas analizadas.

A continuación, se presentan las descripciones de las 20 edificaciones que fueron objeto de análisis en nuestro estudio:

Casa 1.

Observación general.

La vivienda está ubicada en la intersección de las calles Ambato y Portoviejo. Tiene uso unifamiliar con tres niveles. La estructura, construida hace aproximadamente 15 años, se compone de ladrillos y bloques. La vivienda se encuentra posicionada en una ubicación intermedia dentro de la manzana y presenta un terreno con topografía plana. Cuenta con planos arquitectónicos.

Daños observados:

Se han identificado daños no estructurales en la vivienda, como fisuras menores en las paredes y techos, así como problemas en acabados y revestimientos.

Casa 2.

Observación general.

La edificación llamada “Centro Cultural La Vieja Estación del Tren” está ubicada en la Av. 16 de abril y Alberto Ochoa. Presenta una tipología de uso institucional, cuenta con un nivel. A pesar de la ausencia de planos arquitectónicos, se puede apreciar una distribución eficiente. La estructura, construida antes de los años 60s, se compone de madera, ladrillos y bloques. La vivienda se encuentra posicionada en una ubicación libre a los dos costados dentro de la manzana y presenta un terreno con topografía plana.

Daños observados:

Se han registrado daños no estructurales en la edificación, como grietas en las superficies de paredes y cielos rasos, así como muchas fisuras en los marcos de puertas y ventanas, además de presentar deficiencias en acabados y revestimientos.

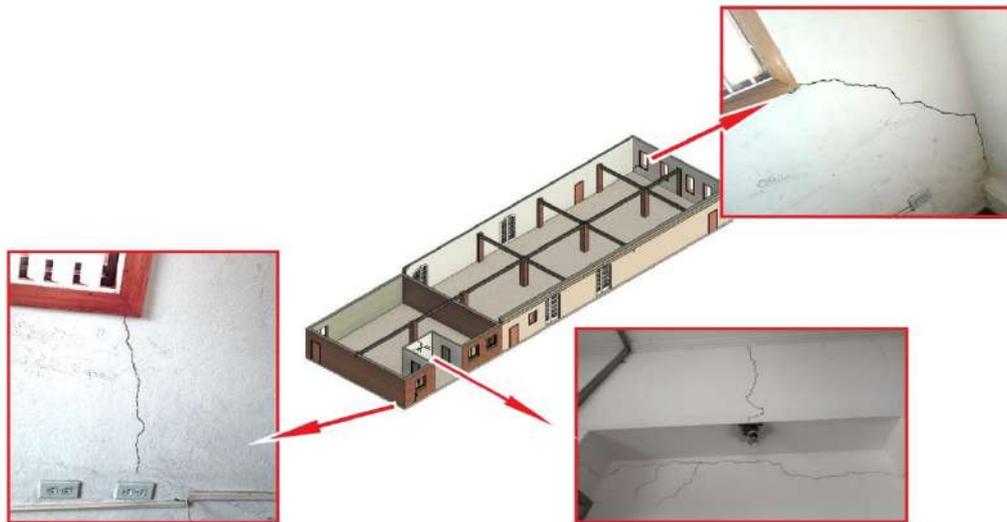


Figura 4. Casa 2. Detalle de fisuras en biblioteca municipal.

Casa.3

Observación general.

La vivienda está ubicada en la intersección de las calles Alfonso Vintimilla e Ingapirca. Presenta una tipología unifamiliar con dos niveles. La estructura, construida hace aproximadamente 26 años, se compone de ladrillos y bloques. La vivienda encuentra posicionada en una ubicación intermedia dentro de la manzana y presenta un terreno con topografía inclinada. Cuenta con planos arquitectónicos.

Daños observados:

Se han identificado daños no estructurales en la vivienda, como fisuras menores en las paredes, techos y tanque elevado, así como problemas en acabados y revestimientos.

Casa. 4

Observación general:

La vivienda está ubicada en la Av. 16 de abril y Chimborazo. Presenta una tipología unifamiliar con dos niveles. Se puede apreciar una distribución eficiente y funcional en su diseño interior. La estructura, construida hace aproximadamente 20 años, se compone de ladrillos y bloques, lo que confiere durabilidad y robustez al conjunto. La vivienda se encuentra posicionada en una ubicación intermedia dentro de la manzana y presenta un terreno con topografía plana.

Daños observados:

Se han identificado daños no estructurales en la vivienda, como fisuras menores en las paredes, techos y entepiso, así como problemas en acabados y revestimientos.

Casa. 5

Observación general.

La edificación llamada "Centro Cultural Vicente Cayamcela Coronel" está ubicada en la Av. 16 de abril y Alberto Ochoa. Presenta una tipología de uso institucional con dos niveles. La estructura, construida hace aproximadamente 25 años, se compone de una parte antigua y otra "moderna", la primera de tapial y la segunda de bloques. La vivienda se encuentra posicionada en una ubicación libre a un costado dentro de la manzana y presenta un terreno con topografía plana.

Daños observados:

Se han registrado daños no estructurales en la edificación, como grietas en este caso considerables de aproximadamente medio centímetro en las superficies de paredes y cielos rasos, así como muchas fisuras en los marcos de puertas y ventanas, además de presentar deficiencias en acabados y revestimientos.

Casa.6

Observación general.

La vivienda está ubicada en la calle C. Gregorio Cordero y S/N. Presenta una tipología unifamiliar con dos niveles. La estructura, construida hace aproximadamente 15 años, se compone de ladrillos y bloques. La vivienda se encuentra posicionada en una ubicación intermedia dentro de la manzana y presenta un terreno con topografía plana.

Daños observados:

Se han detectado daños significativos en una sección de los muros de cerramiento, en forma de fisuras diagonales que recorren toda la pared.

Casa. 7

Observación general.

La edificación llamada “Centro Cultural Rodrigo Pesantez Rodas” está ubicada en la Av. 16 de abril y Luis Ortega. De uso institucional con tres niveles. La estructura, construida antes de 1960, se compone de madera y tapial. La vivienda se encuentra posicionada en una ubicación libre a los dos costados dentro de la manzana y presenta un terreno con topografía inclinada. Ya ha sido restaurada anteriormente.

Daños observados:

Se han registrado daños no estructurales en la edificación, como fisuras en las superficies de paredes y cielos rasos, así como muchas fisuras alrededor de los marcos de puertas y ventanas, además de presentar deficiencias en acabados y revestimientos.

Se ha registrado un daño estructural en una viga de madera en nivel 3, la cual presenta una abertura en la mitad de su luz.

Casa.8

La edificación llamada “Quinta San José” está ubicada en la calle Cacique Tenemaza y J.J. de Olmedo. De propiedad gubernamental y con tres niveles, actualmente se encuentra abandonada. La estructura, construida hace aproximadamente 70 años, se compone principalmente de tapial. La vivienda se encuentra posicionada en una ubicación esquinera dentro de la manzana y presenta un terreno con topografía inclinada. Se encuentra en proceso de rehabilitación.

Daños observados:

Se han registrado daños no estructurales en la edificación, como grietas en las superficies de paredes y cielo raso, así como muchas fisuras en los marcos de puertas y ventanas, además de presentar deficiencias y desprendimientos en acabados y revestimientos.



Figura 5. Casa 8. Quinta “San José” la imagen muestra una pared de tapial antigua, evidenciando daños, algunos de los cuales se atribuyen al sismo reciente. La visita, realizada en colaboración con el departamento de gestión de riesgos del GAD Municipal de Azogues

Casa. 9

Observación general.

La vivienda está ubicada en la calle vía a Cojitambo. Tiene uso exclusivo de bodega con un nivel. La estructura, construida hace aproximadamente 15 años, se compone de estructura de madera y bloques. Ha sido construida empíricamente lo cual se evidencia en su calidad de construcción y materiales. La vivienda se encuentra posicionada en una ubicación libre en ambos lados de la manzana y presenta un terreno con topografía inclinada.

Daños observados:

Se han detectado daños significativos como fisuras en todos los lados de la bodega.

Casa. 10

Observación general.

El edificio de la “Bodega” está ubicada en la Av. 24 de mayo. Su uso predominante es comercial con cinco niveles. La estructura, construida hace aproximadamente 25 años. La vivienda se encuentra posicionada en una ubicación intermedia dentro de la manzana y presenta un terreno con topografía plana.



Figura 6. Casa 9. Detalle de fisuras en bodega.

Daños observados:

Se han identificado daños no estructurales en la edificación, como fisuras menores en acabados y revestimientos.

Casa. 11

Observación general.

La vivienda está ubicada en la vía a Cojitambo. Tiene uso residencial con dos niveles. La estructura, construida hace aproximadamente 25 años. Ha sido construida empíricamente lo cual se evidencia en su calidad de construcción. La vivienda se encuentra posicionada en una ubicación libre en ambos lados de la manzana y presenta un terreno topográfico con inclinación.

Daños observados:

Se han observado daños significativos en elementos estructurales clave de la vivienda, incluyendo muros y escaleras. Estos daños requieren una evaluación y reparación detallada para garantizar la integridad y seguridad de la estructura



Figura 7. Casa 11. Daños en muros y escaleras.

Casa. 12

Observación general.

La vivienda está ubicada en el barrio Pedregal de Zumbahuayco. Tiene uso residencial con tres niveles. La estructura, edificada hace aproximadamente 20 años. Ha sido construida empíricamente y sin planos arquitectónicos lo cual se evidencia en su calidad de construcción. La vivienda se encuentra posicionada en una ubicación libre en ambos lados de la manzana y presenta un terreno topográfico con pendiente.

Daños observados:

Se han observado daños significativos en elementos no estructurales como fisuras de entre 3 y 6 mm, encontrados en su mayoría en un solo lado de la de la casa, la planta bajase encuentra en construcción. No cuenta con paredes.

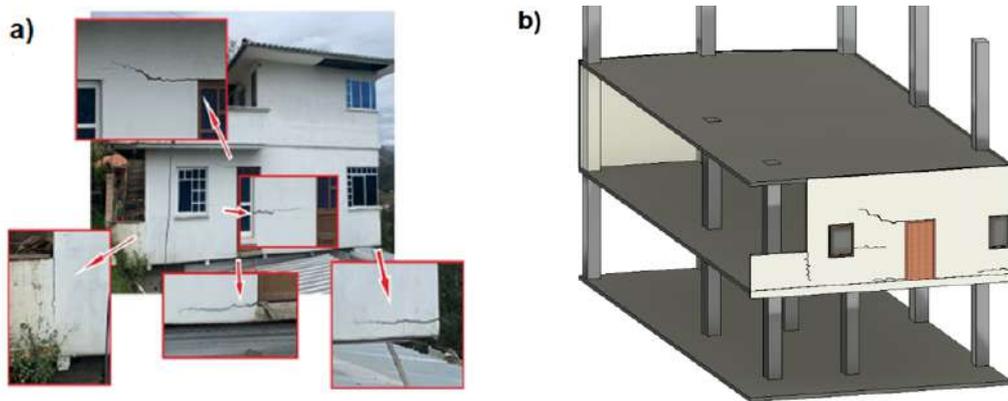


Figura 8. Casa 12. a) Detalle de fisuras en vivienda. b) esquema de la vivienda con la ubicación de fisuras

Casa. 13

Observación general.

La vivienda está ubicada en el barrio Pedregal de Zumbahuayco. Tiene uso residencial con dos niveles. La estructura, construida hace aproximadamente 10 años. Ha sido construida con supervisión técnica. La vivienda se encuentra posicionada en una ubicación libre en ambos lados de la manzana y presenta un terreno topográfico con inclinación pronunciada.

Daños observados:

Se han detectado daños significativos tanto en elementos estructurales como no estructurales de la vivienda. La losa exhibe fisuras de más de 5 mm de ancho y un muro de contención de piedra presente fisuras. mientras que se han identificado fisuras considerables en el cerramiento y las gradas. Además, los daños no estructurales se extienden a los marcos de ventanas y puertas.

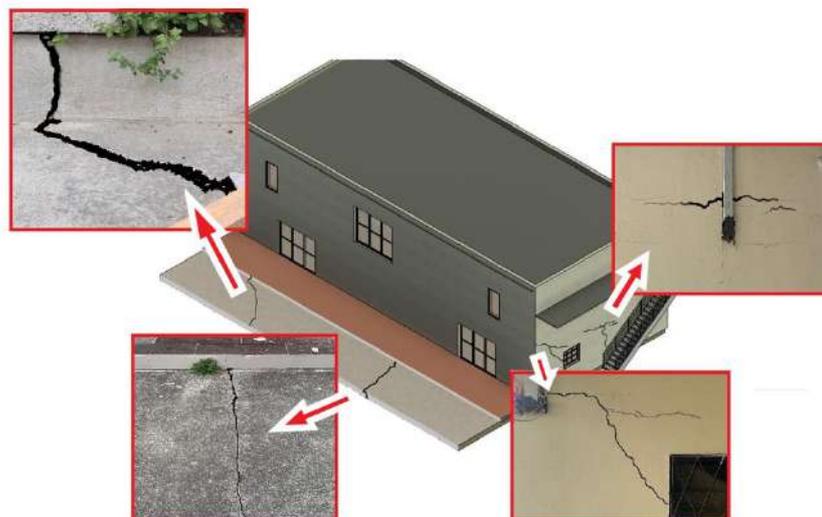


Figura 9. Casa 13. Detalle de fisuras de dos niveles.

Casa. 14

Observación general.

La vivienda está ubicada en el barrio Pedregal de Zumbahuayco. Tiene uso residencial con dos niveles. La estructura, construida hace aproximadamente 2 años. Ha sido construida con supervisión técnica. La vivienda se encuentra posicionada en una ubicación libre en ambos lados de la manzana y presenta un terreno topográfico una leve pendiente. Daños observados: se han detectado una fisura de entre 6 a 8 mm en un marco de la ventana de la casa que está en dirección a la pendiente.

Casa. 15

Observación General:

La vivienda está situada en el barrio Pedregal de Zumbahuayco. El primer nivel se destina exclusivamente a uso comercial, mientras que los dos niveles superiores están destinados a uso residencial. La estructura, erigida hace aproximadamente 20 años, ocupa una posición libre en ambos lados de la manzana y se asienta sobre un terreno de topografía plana.



Figura 10. Casa 14. Detalle de fisuras en vivienda nueva.

Daños Observados:

Se han constatado daños no estructurales en el edificio, tales como grietas que atraviesan las superficies de paredes y cielos rasos. Asimismo, se han identificado numerosas fisuras en los marcos de puertas y ventanas. Además, se han observado fisuras en los cerramientos de piedra y en las paredes de ladrillo. En la parte trasera de la vivienda, se ha registrado una fisura considerable que se extiende entre la losa y el primer nivel.

Casa. 16

Observación General:

La vivienda está situada en el barrio Pedregal de Zumbahuayco. Está destinados a uso residencial. La estructura, erigida hace aproximadamente 10 años, ocupa una posición libre en ambos lados de la manzana y se asienta sobre un terreno de topografía inclinada. No cuenta con supervisión técnica y planos arquitectónicos por lo que se observa las deficiencias constructivas.

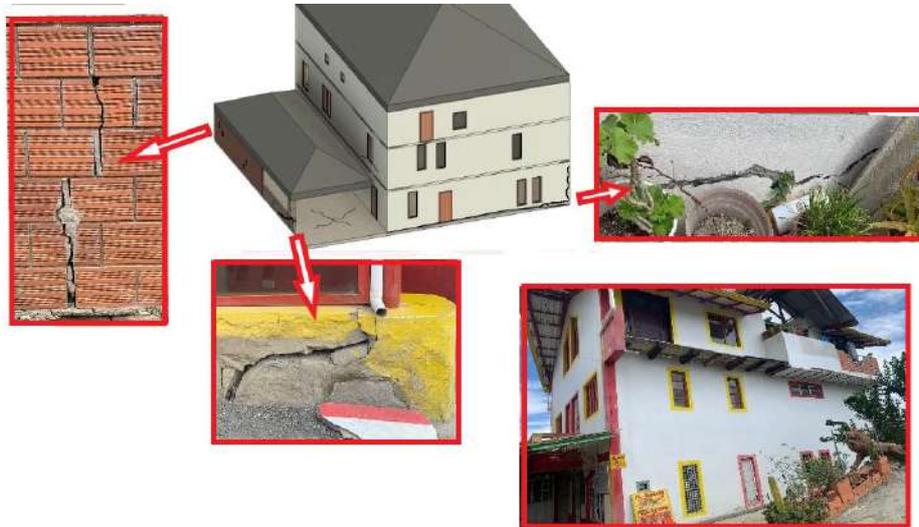


Figura 11. Casa 15. Detalle de fisuras en vivienda esquematizada.



Figura 12. Casa 16. Detalle de fisuras en vivienda esquematizada.

Daños Observados:

Se han constatado daños no estructurales en el edificio, tales como grietas que atraviesan las superficies de paredes y cielos rasos. Asimismo, se han identificado numerosas fisuras en los marcos de puertas y ventanas. Además, se ha observado una inclinación de la vivienda con dirección a la pendiente.

Casa. 17

Observación general:

La vivienda está ubicada en Zumbahuayco. Presenta un uso unifamiliar con dos niveles. Se puede apreciar una distribución eficiente y funcional en su diseño interior. La estructura, construida hace aproximadamente 15 años, se compone de ladrillos y bloques de concreto. La vivienda se encuentra posicionada en una ubicación libre a los lados dentro de la manzana y presenta un terreno con topografía inclinada. Construida con supervisión técnica y planos.

Daños observados:

Se han identificado daños no estructurales en la vivienda, como fisuras menores en las paredes, techos, así como problemas en acabados y mampostería.

Casa.18

Observación general:

La edificación llamada "AZOHAT" está ubicada en la calle García Moreno y Charles Darwin. De propiedad gubernamental, primeramente, concebida como una pequeña escuela de un nivel, actualmente se la usa una organización pública. La estructura, construida hace aproximadamente 20 años. La calidad de construcción es de calidad media – baja. No se pueden contar con los planos arquitectónicos. La edificación se encuentra posicionada en una ubicación esquinera dentro de la manzana y presenta un terreno con topografía poco inclinada. Se encuentra en proceso de rehabilitación.

Daños observados:

Se han registrado daños no estructurales en la edificación, como grietas en las superficies de paredes, cielos rasos y el piso, así como muchas fisuras en los marcos de puertas y ventanas, además de presentar deficiencias y desprendimientos en acabados y revestimientos. Posiblemente también sufra efectos de columna corta en uno de sus lados.



Figure 13. Casa 17. Detalle de fisuras en vivienda esquematizada.

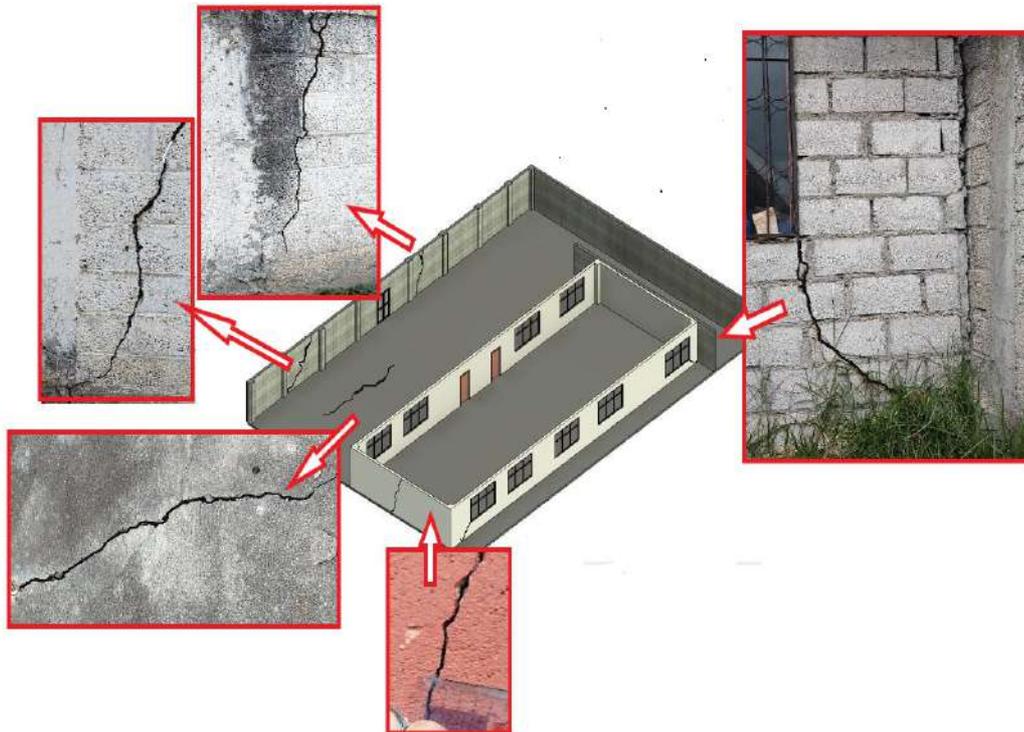


Figura 14. Casa 18. Detalle de fisuras en escuela esquematizada.

Casa. 19

Observación general:

La edificación del Distrito de Educación está ubicada en la calle Fray Vicente Solano y Av. 24 de mayo. La estructura, construida hace aproximadamente 70 años. La edificación cuenta de una parte moderna de hormigón y otra antigua de tapial, unidas entre sí. No se puede contar con los planos arquitectónicos. La edificación se encuentra posicionada en una ubicación esquinera dentro de la manzana y presenta un terreno con topografía inclinada

Daños observados:

Se han registrado daños en la parte antigua de la edificación, como inclinación de su pared frontal hacia la calle, así como desprendimiento de los recubrimientos de tapial.

Casa. 20

Observación general:

La vivienda de uso residencial está ubicada en Santa Martha de Javier Loyola. La estructura, construida hace aproximadamente 20 años. La edificación construida de bloques de cemento y sin planos arquitectónicos, también presenta mucha humedad. Se encuentra ubicado en un terreno con una leve inclinación, libre de casas en ambos lados.

Daños observados:

Se han registrado daños importantes en paredes interiores, muros exteriores y gradas de concreto.

3.3. Análisis de datos

La Tabla 1 proporciona una síntesis de las viviendas analizadas en nuestro estudio. En ella, se presenta información sobre la descripción general de las estructuras, su estado actual y los problemas específicos identificados. Los detalles incluyen el número de niveles, el uso de la edificación, planos arquitectónicos, año de construcción y si hubo fallas estructurales y no estructurales.

Desde una perspectiva centrada en el análisis de las estructuras, la figura 16 revela que el sector de viviendas residenciales fue el más afectado, representando el 60% del total de estructuras evaluadas. Este sector destaca por exhibir una cantidad significativamente mayor de estructuras con grietas considerables en sus acabados y elementos no estructurales, en comparación con otros tipos de usos estructurales investigados en este estudio.



Figura 15. a) Falla a tracción originada por ausencia de columna confinante en la esquina de los muros, b) La falta de una columna de amarre ha generado una falla por tracción diagonal en la fachada, resultando en grietas severas y un significativo desplazamiento de las piezas rotas de esa pared, c) Colapso de parte del entepiso y el muro del nivel de suelo, d) Desprendimiento total de una columna que sostiene una puerta metálica, se evidencio ausencia de anclajes.

Tabla 1. Resumen de condiciones generales de las viviendas y edificaciones.

Uso, descripción y estado de la edificación											
#C	PC	SE	UP	NST	Cps	Dsvc	GTC	FC	DENE	DEE	P.A
1	4	11	Residencial	3	NO	NO	NO	NO	SI	NO	SI
2	1	41/42	Institucional	1	NO	NO	NO	NO	SI	NO	NSPD
3	3	42	Residencial	2	NO	NO	NO	NO	SI	NO	SI
4	4	13	Residencial	2	NO	NO	NO	NO	SI	NO	SI
5	2	13/52	Educacional	2	NO	NO	NO	SI	SI	SI	NSPD
6	4	13	Residencial	2	NO	NO	NO	NSPD	SI	NO	SI
7	1	52	Institucional	3	NO	NO	NO	NO	SI	SI	NO
8	1	52	Institucional	3	NO	NO	NO	NO	SI	NO	NO
9	2	42	Bodegas	1	NO	SI	NO	NSPD	SI	SI	SI
10	3	11	Comercial	5	NO	NO	NO	NO	SI	NO	SI
11	3	13	Residencial	2	NO	SI	NSPD	NSPD	SI	SI	NO
12	4	13	Residencial	3	NO	NO	SI	NSPD	SI	NO	NO
13	5	13	Residencial	2	NO	Leve	SI	NSPD	SI	SI	SI
14	5	13	Residencial	2	NO	Leve	NO	NO	SI	NO	SI
15	4	13	Residencial	3	NO	NO	NO	NSPD	SI	NSPD	NSPD
16	5	13	Residencial	3	NO	SI	NO	NSPD	SI	NSPD	NO
17	4	13	Residencial	2	NO	NO	NO	NO	SI	NO	SI
18	4	13	Comercial	1	NO	SI	NO	NSPD	SI	SI	NO
19	1	11/.52	Institucional	3	NO	SI	NO	NSPD	SI	SI	NSPD
20	2	11	Residencial	2	NO	SI	NO	SI	SI	SI	SI

Nomenclatura	
#C :	Número de casa
PC:	Periodo de construcción
SE:	Sistema Estructural
UP:	Uso predominante
NST:	Niveles sobre el terreno
Cps:	Colapso
Dsvc:	Desviación
GTC:	Grietas en el terreno circudante
FC:	Falla de la cimentación
DENE:	Daño en elementos no estructurales
DEE:	Daño en elementos estructurales
NSPD:	No se pudo determinar
DP:	Daño probable
PA:	Planos arquitectonicos

Sistema Estructural (SE)	
11	Pórtico de concreto
12	Muros estructurales
13	Sistemas duales
21	Mamposteria confinada
22	Mamposteria reforzada
31	Pórticos arriostrados
32	Pórtico no arriostrados
41	Pórticos y paneles de madera
42	Pórticos en madera y paneles en otros materiales
51	Muros de bahereque
52	Muros de tapia o adobe
Periodo de construcción (PC)	
1	Antes de 1960
2	1960 a 1985
3	1986 a 1999
4	2000 a 2011
5	A partir de 2012

Además, es evidente que un porcentaje considerable de las viviendas dañadas carece de un diseño profesional adecuado, lo que las hace especialmente susceptibles a las fuerzas sísmicas.

Para llevar a cabo el análisis de los datos basado en el tipo estructural, se procedió a realizar una clasificación, que se presenta en la Tabla 1 (SE). La figura 17, por su parte, ilustra la distribución de los daños según las categorías de tipo estructural. Se observa un número considerable de daños en estructuras de sistemas duales (compuestos por pórticos y muros); sin embargo, es importante destacar que la mayoría de estos daños no fueron de gravedad. Por otro lado, se evidencia que las

viviendas que sufrieron los mayores niveles de afectación fueron aquellas construidas de manera empírica y sin planos arquitectónicos. A partir de los datos, se puede observar que las estructuras hechas a base de tecnologías antiguas como bahareque y tapial son vulnerables ante fuerzas sísmicas, ya que por el mismo hecho del tiempo de construcción y falta de mantenimiento son más vulnerables ante sismos.

En la figura 18, se muestra la distribución de la base de datos en función del número de pisos de las estructuras. Es importante destacar que las estructuras de dos y tres niveles representaron el 80% de las afectaciones registradas. Sin embargo, esta prevalencia no se debe necesariamente a que estas estructuras sean más vulnerables, sino más bien a su mayor presencia en el área estudiada. Es relevante señalar que, aunque la mayoría de los daños ocurrieron en estructuras de dos niveles, en su mayoría no alcanzaron un nivel de gravedad significativo. Además, se observa que, dentro de las estructuras dañadas de dos y tres niveles, existe un alto número de ellas que carecen de un diseño ingenieril adecuado o pertenecen a edificaciones antiguas. Estos factores contribuyen en parte a la explicación de los daños observados en estas categorías estructurales.

Figura 16. Número de estructuras dañadas de acuerdo con el uso de la estructura y al estado de daño presentado.

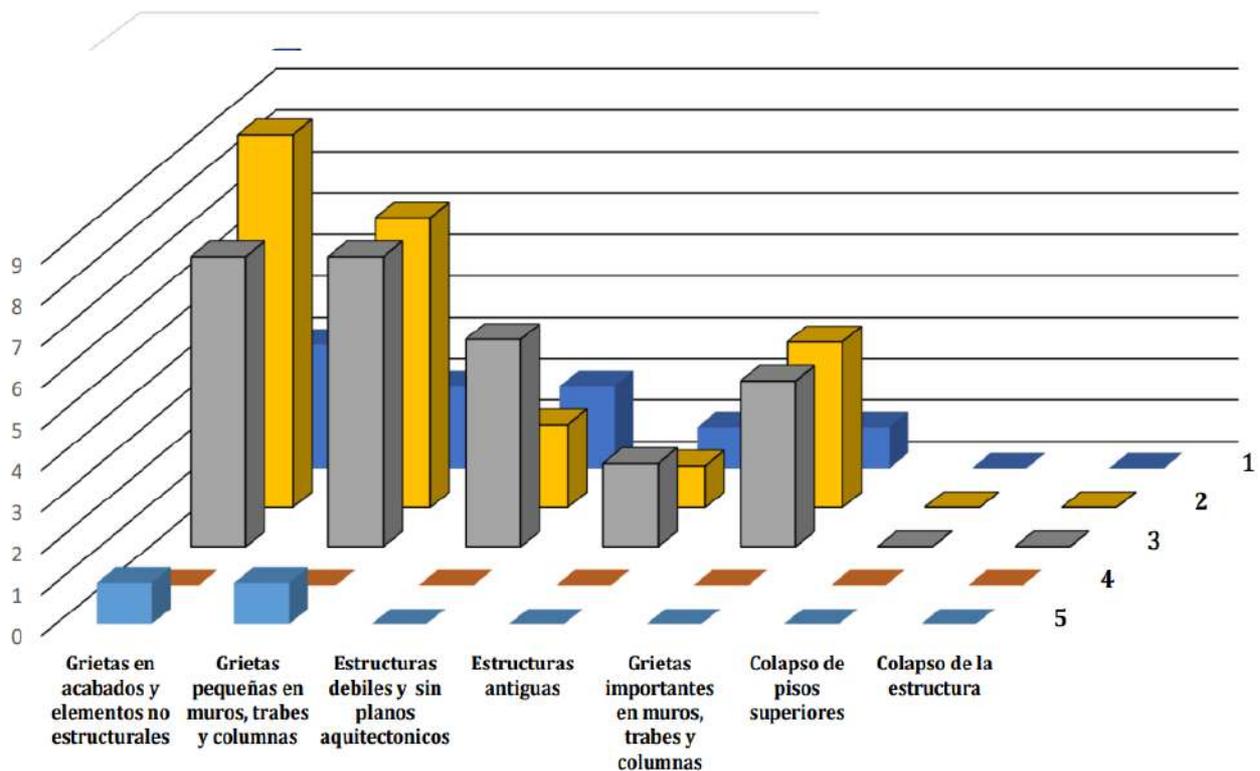


Figura 17. Distribución de daños por tipo estructural y estado de daño.

Fuente: Elaboración propia.

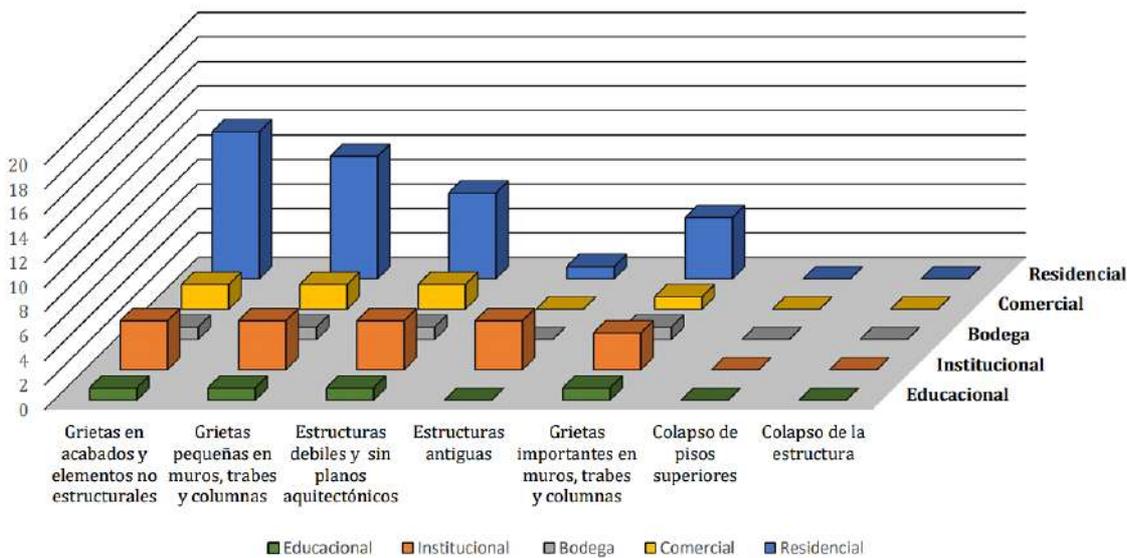


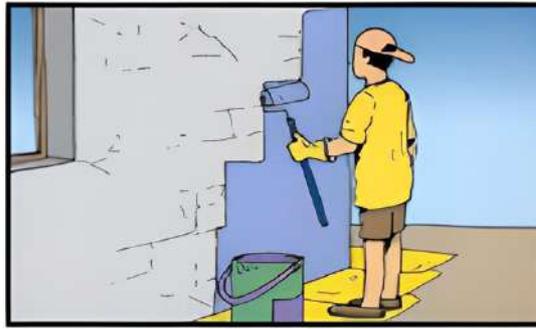
Figura 18. Distribución de estructuras dañadas por número de niveles y tipo de daño.

4. Propuesta de soluciones

La propuesta para los resultados de este estudio se centra en la evaluación de los daños observados en las viviendas analizadas, los cuales se han dividido en tres categorías principales: daños leves cosméticos, daños no estructurales y daños estructurales. Estas categorías han surgido como un medio eficaz para comprender la extensión y la naturaleza de los problemas encontrados en las edificaciones y para proporcionar una base sólida para la formulación de recomendaciones y soluciones pertinentes [5].

Daños Cosméticos (acabados) o no estructurales: Los daños leves cosméticos, como fisuras superficiales en las paredes o desprendimiento de revestimientos, son comunes en muchas de las viviendas evaluadas. Estos daños, aunque pueden no representar una amenaza inmediata para la integridad estructural, pueden tener un impacto significativo en la calidad de vida de los residentes y en el valor de la propiedad. Los daños no estructurales incluyen problemas eléctricos o sanitarios, grietas en superficies no portantes y daños en ventanas y puertas.

Para la casa número 1, 3, 4 y 17 el uso de la técnica llamada "Pañete" que se refiere a la aplicación de una capa de material de reparación en la superficie de elementos como concreto, mortero o unidades de mampostería. Esta técnica busca encubrir las grietas que puedan haberse desarrollado en la superficie de las estructuras como resultado del evento sísmico. El propósito fundamental de este recubrimiento es doble: en primer lugar, mejorar la estética del muro dañado, en segundo lugar, proporcionar una barrera adicional efectiva para prevenir la infiltración de agua en el interior de la pared [7].



Fuente: AIS. [5]

Figura 19. Pared intervenida con una capa de material de reparación.

Los revestimientos superficiales pueden desempeñar un papel eficaz en la prevención de la infiltración de agua a través de las grietas presentes en muros exteriores. Sin embargo, es importante destacar que estos materiales resultan apropiados únicamente en el caso de grietas inactivas. Las grietas inducidas por eventos sísmicos, por lo general, son consideradas inactivas, lo que significa que su amplitud no varía con el tiempo [7]. En nuestro medio, contamos con productos disponibles que brindan soluciones para los daños observados [8,9].



Fuente: AIS. [5]

Figura 20. Forma de aplicación de la mezcla de concreto o mortero con fibras de reparación.

Si las fisuras se originaron debido a la contracción, cambios de temperatura u otras razones, este enfoque no resultará eficaz. Por lo tanto, es crucial asegurarse de que la grieta haya sido provocada por un incidente singular.

Para otras casas que presentaron fisuras más notables y desprendimiento de juntas y uniones se aconseja para las grietas una inyección con epóxidos.

Reparación cosmética: Reparación de juntas de mortero o rejuntado.

La restauración de las juntas de mortero implica quitar una parte de la capa superficial de las juntas de mortero (entre 5 y 10 mm) en la estructura y luego rellenarlas con mortero fresco. Este proceso tiene como objetivo parcialmente restablecer las juntas de mortero en la estructura para mejorar la adhesión y resistencia entre los bloques de piedra. La aplicación de esta técnica se lleva a cabo en ambos lados de los paneles utilizando un mortero premezclado de cal hidráulica y arena.

Antes de aplicar el nuevo mortero, las juntas originales se eliminan utilizando un martillo cortante eléctrico y un cincel. Las áreas de extracción se saturan previamente con agua, y la aplicación del

mortero fresco se realiza en una o dos capas, según el grosor necesario para la ejecución del proceso [10].

Reparación de grietas con inyección de epóxicos.

El método de inyección de grietas implica la aplicación de un agente de fijación estructural en las grietas de las viviendas del cantón Azogues. Este proceso tiene como objetivo rellenar las grietas y mejorar la cohesión entre las piezas de mampostería. En el análisis post-sismo realizado, se observó que algunas casas en Azogues presentaban problemas cosméticos relacionados con este procedimiento. La elección de materiales y métodos para la inyección de grietas varía según los requisitos específicos. En muros de mampostería reforzada, suele utilizarse la inyección a presión de epoxi en las grietas. Por otro lado, en muros de mampostería con piezas huecas, se requiere una inyección a presión muy baja, apenas la necesaria para llenar la junta de unión entre las piezas [6].



Figura 21. Pared de la vivienda 13



Figura 22. Reparación de grietas con epóxicos

Daños Estructurales:

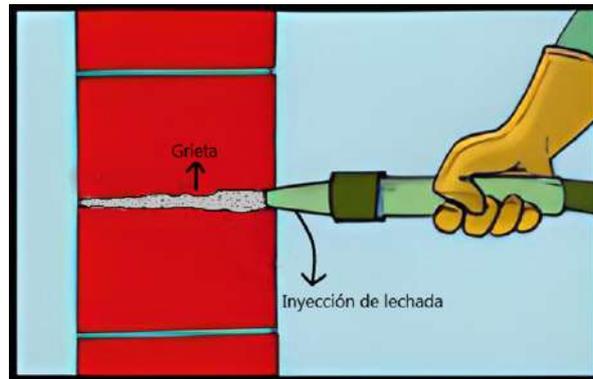
Al realizar el análisis de las estructuras en estudio, se han identificado una variedad de problemas que impactan significativamente la integridad de las edificaciones. Entre los daños más destacados, se evidencian grietas considerables en muros, especialmente en áreas cercanas a las ventanas. Es relevante señalar que la mayoría de las viviendas más afectadas presentan características constructivas artesanales, lo que se traduce en problemas inherentes a la configuración de sus plantas, el número de niveles, así como la calidad de los materiales y las técnicas de construcción empleadas.

Reparación estructural: Inyección de grietas con lechada de cemento

Las fisuras que se manifiestan a lo largo de las juntas de mortero en muros de mampostería, ya sea sin refuerzo o confinada, con desplazamientos horizontales en el plano del muro, pueden remediarse mediante la aplicación de inyecciones de lechada en el interior de la fisura. Este procedimiento implica la saturación completa de la fisura con un material que se adhiere de manera eficaz a la estructura de mampostería. La lechada no solo rellena la fisura, sino que también ocupa los vacíos en el muro, incluyendo aquellos en el cuello de la junta.

Si la capacidad de adhesión de la lechada es al menos equivalente a la del mortero original, el muro reparado mantendrá o incluso superará la resistencia y rigidez del muro original antes de la

ocurrencia del daño. Este proceso se aplica específicamente para la reparación de grietas con un espesor igual o mayor a 1,5 mm utilizando lechadas, así como para el relleno de cavidades en albañilería mediante mortero de cemento. La aplicación de la inyección de lechada o mortero de cemento facilita la recuperación del monolitismo en la estructura.



Fuente: AIS. [5]

Figura. 23. Inyección en fisura con lechada fluida

Daños estructurales: Fallas en muros perimetrales, cercos y muros interiores

Los muros, en nuestro análisis, se revelan como elementos críticos, situación atribuible a la falta de atención habitual por parte de diseñadores, constructores y maestros de obra. Este menosprecio puede resultar especialmente perjudicial, considerando que estos muros de cerramiento constituyen la envoltura exterior de las viviendas. En particular, nuestro estudio ha identificado la vivienda número 18 como un caso ejemplar que exhibe problemas significativos en estos elementos. La urgencia de abordar detalladamente estos componentes radica en su potencial riesgo, especialmente cuando el colapso afecta las vías de escape y áreas críticas como los centros educativos.

Proceso de reparación para viviendas con techos livianos [11]

1. Desmontar la estructura liviana del techo, que incluye la cobertura y las vigas de madera, o elevar la totalidad del techo si es posible, utilizando gatos hidráulicos o postes de encofrado tipo Acrow. Elevarlo a una altura adecuada por encima de los muros para facilitar el trabajo cómodo.
2. Construir la viga collar encima de todos los muros, teniendo cuidado de que las varillas de acero queden firmemente interconectadas con las otras vigas, así como entre sí y con la armadura de las columnas que suben.
3. Llenar las vigas collar conforme al ancho del muro o de columna.
4. Reinstalar la cubierta en caso de que se haya retirado o reposicionar cuidadosamente todo el techo sobre la nueva viga collar. Asegurar las vigas de madera en sus extremos mediante la viga collar, utilizando abrazaderas u otros dispositivos similares.

En la figura 24, se evidencia el deterioro de un muro perimetral en la inmueble público "Azohat", destinado como centro de ventas, pero previamente concebido como una pequeña escuela. Al dialogar con el responsable del lugar, señaló que la tercera columna desde la alle ya presentaba daños desde el sismo anterior del 16 de abril, resultando en una inclinación hacia el exterior de la columna. A este problema se suman la ausencia de anclajes y posiblemente la falta de confinamiento. La conjunción de estos elementos condujo al colapso del muro durante el sismo del 18 de marzo.

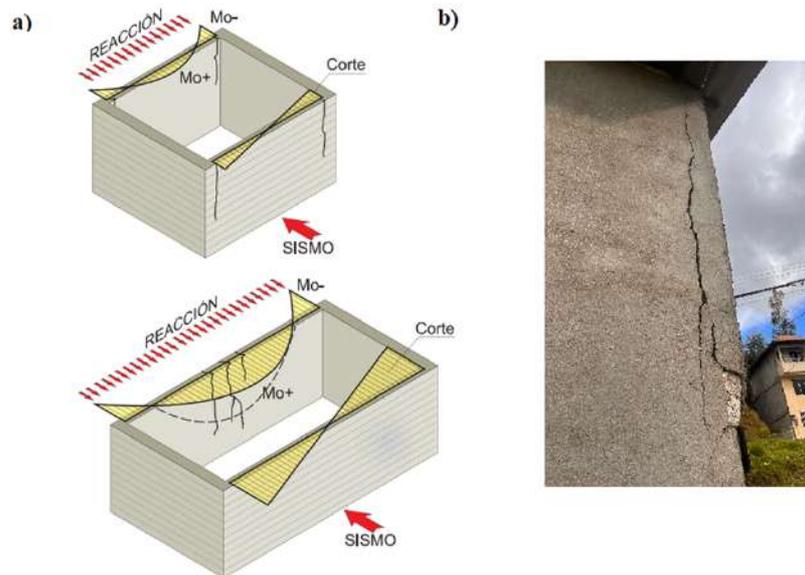


Figura 24. a) Comportamiento del muro frente a un sismo, b) Fisura en muro de distancia 5 m entre columnas, casa #8

Proceso de reparación [11]

1. Demoler el muro inestable (rayado) y retirar las piezas sueltas de ladrillo. Reconstruir el muro dejando espacio en su punto medio para colocar una nueva columna.
2. Agregar una columna en su punto medio si la separación entre los refuerzos existentes fuera de más de 6 m.
3. Construir una viga collar en los bordes superiores de los muros.
4. La creación artística de cómo quedaría el muro de la figura 24.d después de ser reforzado, se muestra en la figura 24.c

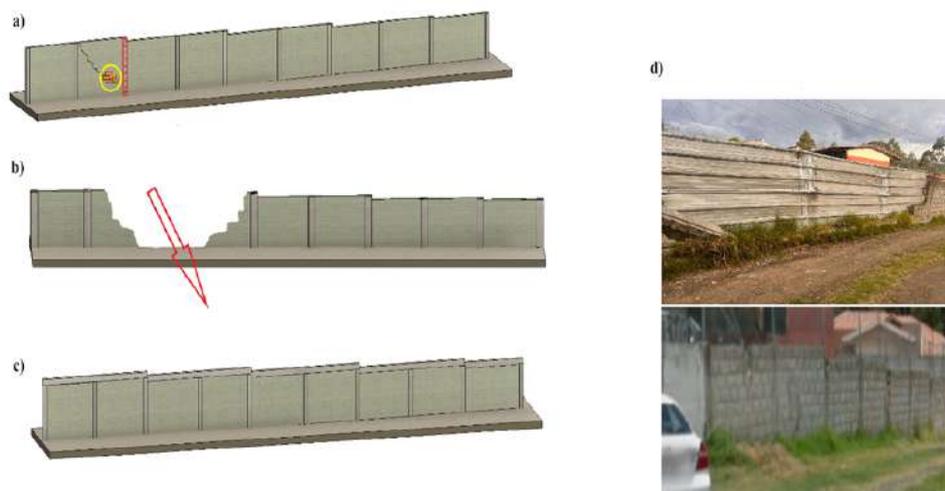


Figura 25. a) El muro, previo a su colapso, ya presentaba deficiencias derivadas de sismos previos. A estas irregularidades se añade el hecho de que algunos bloques del muro fueron retirados y posteriormente remplazados con bloques de otro tipo, de manera asimétrica, b) El colapso del muro se produjo hacia el exterior del inmueble, c) Solución estructural para este caso, d) Se incluyen imágenes reales que documentan el estado del muro después y antes del colapso.

5. Conclusiones

En conclusión, después de la investigación realizada se encuentra que las edificaciones evaluadas en el área urbana presentan exclusivamente deficiencias leves de carácter no estructural. Esto por la exigencia de la urbe, donde se cuenta con mayor control técnico por lo que se observan daños menores. Por lo contrario, en lo que respecta a las viviendas ubicadas en zonas rurales, se ha constatado las repercusiones de la insuficiente supervisión, la carencia de personal técnico calificado, la falta de planos arquitectónicos e ingenieriles y la construcción empírica.

Las estructuras de uso residencial constituyen el 60% de la muestra; dentro de este porcentaje, el 40% corresponde a viviendas ubicadas en zonas rurales. En estas viviendas, se han detectado daños más significativos en elementos no estructurales, como fisuras en el pañete, daño en las juntas de mortero, fisuras diagonales en muros y afectaciones en los muros alrededor de las ventanas. En lo que respecta a la parte estructural, estas mismas viviendas presentaron daños más severos, tales como la inclinación de las estructuras, fisuras de magnitud superior a 4 mm y grietas en paredes y losas; cabe mencionar que algunas de estas casas fueron construidas de manera empírica.

La ausencia de un técnico calificado que garantice un adecuado proceso constructivo contribuye al deterioro prematuro de las viviendas. La falta de especificaciones precisas conduce a la utilización de materiales de baja calidad y técnicas de construcción inadecuadas, lo que reduce la vida útil de las estructuras y aumenta los costos de mantenimiento a largo plazo.

La investigación reveló que, muchas de las viviendas presentaban deficiencias constructivas, agravadas por eventos sísmicos anteriores. Se identificaron problemas como falta de confinamiento, falta de compactación o preparación del suelo, ausencia de anclajes y modificaciones estructurales asimétricas, los cuales contribuyeron al fracaso de algunos muros durante el sismo.

En respuesta a estos problemas, se propusieron soluciones específicas para abordar las vulnerabilidades identificadas. Estas soluciones incluyeron la implementación de vigas collar, es decir confinamiento adecuado de mampostería, respetando la adecuada estructuración.

Ventanas grandes generan muros débiles, se concentran tensiones en las esquinas, por ello se observa fisuras en estas zonas en las viviendas, procurar no tener ventanales grandes y evitar columnas cortas. Por otra parte, la calidad de materiales de mortero o concreto usado en la vivienda afectan a la vida útil y al rendimiento estructural de la edificación, por ello es importante el control de calidad de materiales en el proceso constructivo.

Evitar paredes muy esbeltas, sea por altura o por longitud, la recomendación de la NEC es evitar paredes sueltas, por ello se recomienda usar conectores de pared hacia los pórticos de la edificación.

El estudio resalta la importancia de abordar de manera integral las deficiencias estructurales en las viviendas para mejorar su resiliencia sísmica. Las lecciones aprendidas de este análisis post sismo en el cantón Azogues proporcionan información para futuros proyectos de ingeniería y para la implementación de medidas preventivas en comunidades vulnerables a eventos sísmicos.

Contribución de autores: KR elaboración de la encuesta en campo, levantamiento de información, edición general. XN autor intelectual de la investigación, revisión de procesos, revisión de manejo

de datos y revisión final de documento. PI Colaboración en revisión de documento, colaboración con análisis de fotografías y daños observados.

Financiamiento: Los autores financiaron a integridad el estudio (KR).

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

Referencias

- [1] Instituto Geofísico Ecuatoriano, "Informe sísmico especial NO. 2023-003," Mar. 2023. Accessed: Aug. 31, 2023. [Online]. Available: <https://www.gestionderiesgos.gob.ec/informes-de-situacion-sismo-balao-guayas-18-03-2023/>
- [2] G. Solano, "Strong earthquake kills at least 14 in Ecuador, 1 in Perú," Quito, Mar. 18, 2023.
- [3] Secretaria de Gestión de Riesgos, "Informes de Situación – Sismo 6.5 – Balao, Guayas (18/03/2023)."
- [4] J. Pérez, J. Aguirre, and L. Ramírez, "Sismicidad y seguridad estructural en las construcciones: lecciones aprendidas en México," *Scielo*, vol. 60, no. 0036-3634, 2018.
- [5] Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático IDIGER, *Guía técnica para inspección de edificaciones después de un sismo*, Cuarta Edición. Bogotá, 2018.
- [6] E. Vargas, "Análisis de la calidad constructiva de las estructuras de hormigón armado en edificios de propiedad privada que se encuentran en construcción dentro del cantón Azogues," Universidad Católica de Cuenca, Azogues, 2020.
- [7] Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, "Rehabilitación de las viviendas," in *REHABILITACIÓN SISMO RESISTENTE DE VIVIENDAS DE UNO Y DOS PISOS*, Bogotá.
- [8] Sika Building Trust, "Controlar o disminuir las fisuras en concretos o morteros frescos – SIKAFIBER." Accessed: Sep. 05, 2023. [Online]. Available: <https://ec.sikaguia.com/producto/controlar-o-disminuir-las-fisuras-en-concretos-o-morteros-frescos-sikafiber-ad/>
- [9] Sika Building Trust, "Necesita un mortero que no se desprenda – SIKALIGANTE." Accessed: Sep. 05, 2023. [Online]. Available: <https://ec.sikaguia.com/producto/necesita-un-mortero-que-no-se-desprenda-sikabondpva/>
- [10] G. Araiza, "Reparación y refuerzo de paredes de obra de fábrica. Estudio experimental de la respuesta ante tensiones de corte.," Universidad Politécnica de Catalunya, Barcelona, 2005.
- [11] Consultores PNUD/Perú, J. Kuroiwa Horiuchi, and J. Salas Peña, *Manual para la Reparación y Reforzamiento de Viviendas de Albañilería Confinada Dañadas por Sismos*. Lima: GMC Digital S.A.C, 2009.



© 2024 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 no lineal de un edificio de concreto reforzado destinado a uso universitario. Caso de estudio: Azogues-Ecuador.

Cesar Augusto Tapia Cardenas¹  Jhonatan Fabricio Toalombo Vargas¹  Jaime Xavier Nieto-Cárdenas^{1,2} 
Pilar Roxana Naspud Uruchima¹ 

¹ Unidad Académica de Ingeniería, Industria y Construcción. Universidad Católica de Cuenca, Azogues, Ecuador

² Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.

✉ Correspondencia: jhonatan.toalombo@est.ucacue.edu.ec ☎ + 593 992 948 506

DOI/URL: <https://doi.org/10.53313/gwj71116>

Resumen: El análisis "pushover" es una metodología utilizada para evaluar la capacidad sísmica de estructuras mediante la aplicación gradual de cargas hasta alcanzar el punto de colapso. Esta técnica resulta aplicable en estructuras existentes, especialmente en aquellas que fueron construidas cuando no existían normativas específicas que consideraban el comportamiento inelástico de las estructuras. El objetivo de este estudio es determinar el desempeño del bloque central de una institución educativa ubicada en el campus Azogues de la Universidad Católica de Cuenca. Este edificio consta de tres estructuras construidas hace aproximadamente 30 años. Para lograr esto, se llevó a cabo el levantamiento de información sobre los elementos estructurales y los materiales utilizados. Se empleó software comercial de elementos finitos y se establecieron parámetros de análisis, como la consideración de la no linealidad de los elementos. Los resultados obtenidos mostraron que el comportamiento de la estructura en caso de terremoto de magnitud rara (grave) se encuentra dentro de los parámetros aceptables propuestos por la norma ASCE 41-13. De esta manera, se determinó que la estructura cumple con los criterios necesarios para considerarla segura.

Palabras claves: Análisis no lineal, construcciones de concreto reforzado, construcciones seguras, evaluación sísmica, punto de desempeño.

Non-linear evaluation of a RC building destined for university use. Case of study: Azogues-Ecuador

Abstract: Pushover analysis is a methodology used to assess the seismic capacity of reinforced concrete structures by gradually applying loads until reaching the point of collapse. This technique applies to existing structures, especially those constructed when no specific regulations considered the inelastic behavior of structures. This study aims to determine the performance of the central block of an educational institution located on the Azogues



Cita: Tapia Cardenas Jhonatan Fabricio Nieto-Cárdenas, Jaime Xavier, C. A. T. V., & Naspud Uruchima, P. R. (2024). Evaluación no lineal de un edificio de concreto reforzado destinado a uso universitario. Caso de estudio: Azogues-Ecuador. *Green World Journal*, 7(1), 116. <https://doi.org/10.53313/gwj71116>

Received: 30/January /2024

Accepted: 29/March /2024

Published: 04/April /2024

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.



© 2024 CaMeRa license, Green World Journal. This article is an open access document distributed under the terms and

campus of the Catholic University of Cuenca. This building consists of three structures built 30 years ago approximately. To achieve this, information was collected on the structural elements and materials used and a pre-dimensioning of the steel distribution following national regulations. Commercial finite element software was employed, and analysis parameters were established, such as the consideration of the non-linearity of the elements. The results obtained demonstrated that the structure's behavior in the event of a rare (severe) magnitude earthquake is within the acceptable parameters proposed by the ASCE 41-13 standard. Consequently, it was determined that the structure meets the necessary criteria to be considered safe.

Keywords: Non-linear analysis, performance point, RC buildings, Seismic evaluation, Safety buildings.

1. Introducción

A lo largo de la historia, los eventos sísmicos han producido grandes daños en diversas edificaciones y pérdidas humanas, lo cual es evidencia de la alta potencialidad destructiva de estos sucesos. El Ecuador es un país que, debido al estar ubicado en el Cinturón de Fuego del Pacífico experimenta una alta actividad sísmica [1], [2].

Aguiar [1], menciona en su libro que “los sismos no matan, lo que matan son las estructuras si no han sido diseñadas de forma adecuada”, es por esto que el diseño sismorresistente debe garantizar la seguridad del usuario en cada evento telúrico.

El código ecuatoriano de la construcción (CEC) del año 2000 fue la primera normativa con enfoque sísmico en aparecer, por lo tanto, las edificaciones anteriores a dicho código carecían de un diseño sismorresistente a detalles. Hoy en día, es importante inspeccionar edificaciones antiguas para verificar si cumplen con lo mínimo especificado por la NEC15 [1].

Los sismos de gran magnitud como el sucedido en Pedernales el 16 de abril del 2016, donde según Senplades [3] resultaron afectadas 10.506 estructuras en la zona urbana y 8.157 estructuras, en la zona rural dejando un total de 673 personas fallecidas; con un monto para la reconstrucción del cantón calculado en 3.344 millones de dólares, son situaciones que ponen en crisis la economía de un país. Además, se evidenció la deficiencia en los sistemas constructivos que no se alineaban con las normas de construcción, motivo por el cual las estructuras colapsaron, y las que no, quedaron muy afectadas, significando un enorme riesgo a nivel de ocupación [3].

Según la NEC [4], el bloque central de Ingenierías de la Universidad Católica de Cuenca – campus Azogues se encuentra catalogado como una estructura de ocupación especial, debido a que cientos de personas hacen uso de esta estructura a diario. Además, esta edificación fue ejecutada en el año de 1993, con una proyección inicial de tres plantas, como se observa en la **Figura 1**, pero que para el año 2023, esta presenta 4 plantas, **Figura 2**. Ante lo expuesto con anterioridad, surge la necesidad de estimar el comportamiento estructural ante un evento sísmico [4].

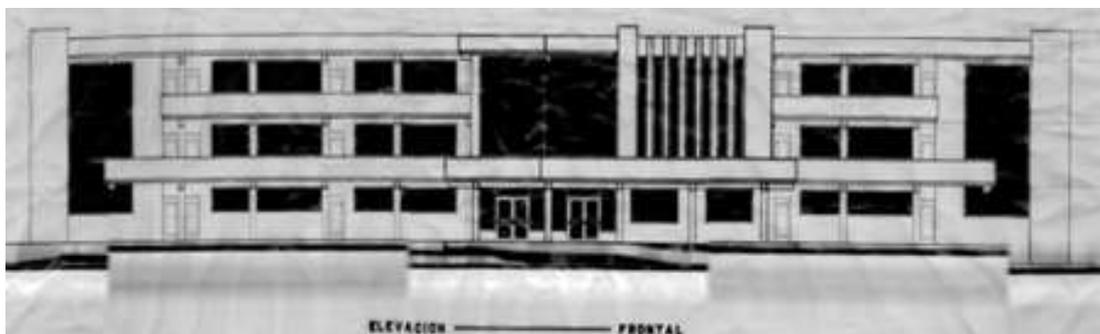


Figura 1: Dibujo arquitectónico inicial. Fuente: Archivos físicos de la Universidad.



Figura 2: Estructura actualmente. Fuente: propia.

A fin de lograr este objetivo, resulta imprescindible emplear herramientas y métodos de evaluación modernos en el diseño de edificios [5]. La técnica “pushover” es utilizada para predecir la respuesta sísmica e identificar los elementos estructurales débiles dentro de las estructuras. Este estudio busca generar un aporte a la seguridad y bienestar tanto de los usuarios que ocupan la edificación, como también proteger el inmueble de daños post-sismo [6], [7].

Es importante comentar que el campus central está compuesto por tres estructuras de concreto reforzado, como se puede apreciar en la Figura 3. Para una correcta identificación, y orientación del bloque en el campus, el eje **X** representa el sentido Este-Oeste, mientras que el eje **Y** representa el sentido Norte-Sur.

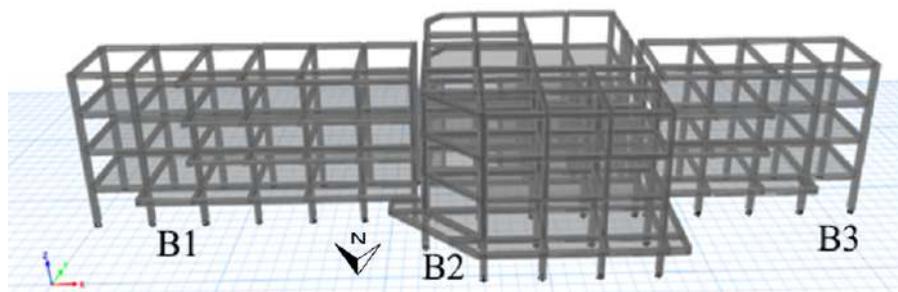


Figura 3: Bloque central del campus universitario.

La metodología pushover varía dependiendo de los criterios que considere cada autor, según ATC-40 [8] la respuesta estructural durante un sismo frecuente u ocasional es lineal, por otra parte, sismos tipo raro y muy raro tienen un comportamiento inelástico, por lo que el análisis pushover puede predecir su comportamiento. Lagaros y Fragiadakis [9] hacen uso de la normativa para encontrar un diagrama de aceleración-desplazamiento empleando un sistema de grado único equivalente el cual sirve para encontrar el diagrama de capacidad con la respuesta elástica amortiguada. Flores E. [10] mediante iteraciones convierte el espectro en deformación y para la curva de capacidad se extrae la cortante basal para transformarla en aceleración.

La FEMA 440 [11] establece un procedimiento en la cual se aplica cargas gravitacionales y sísmicas, esta última está basado en un espectro de diseño, su resultado es una curva de capacidad en donde se visualiza los desplazamientos modales y los elementos estructurales críticos, el proceso es similar al establecido por la ATC, sin embargo, este llega a resolver más tipologías estructurales que son afectadas por distintos espectros.

El objetivo de este estudio fue evaluar la capacidad estructural de la edificación, mediante un análisis estático no lineal, determinando la seguridad estructural, evidenciando posibles debilidades en la estructura. Se evaluó desplazamientos, rótulas plásticas y derivas en la edificación. Además, se observa una curva capacidad de la estructura, teniendo en cuenta la aplicabilidad de la misma, sin dejar de lado el punto de desempeño esperado según los estándares establecidos por la normativa. No se considera el efecto de las mamposterías en el análisis.

2. Metodología

En este estudio, se analizó una estructura compuesta por tres bloques. El procedimiento utilizado para el desarrollo de este estudio, se presenta en la **Figura 4**.

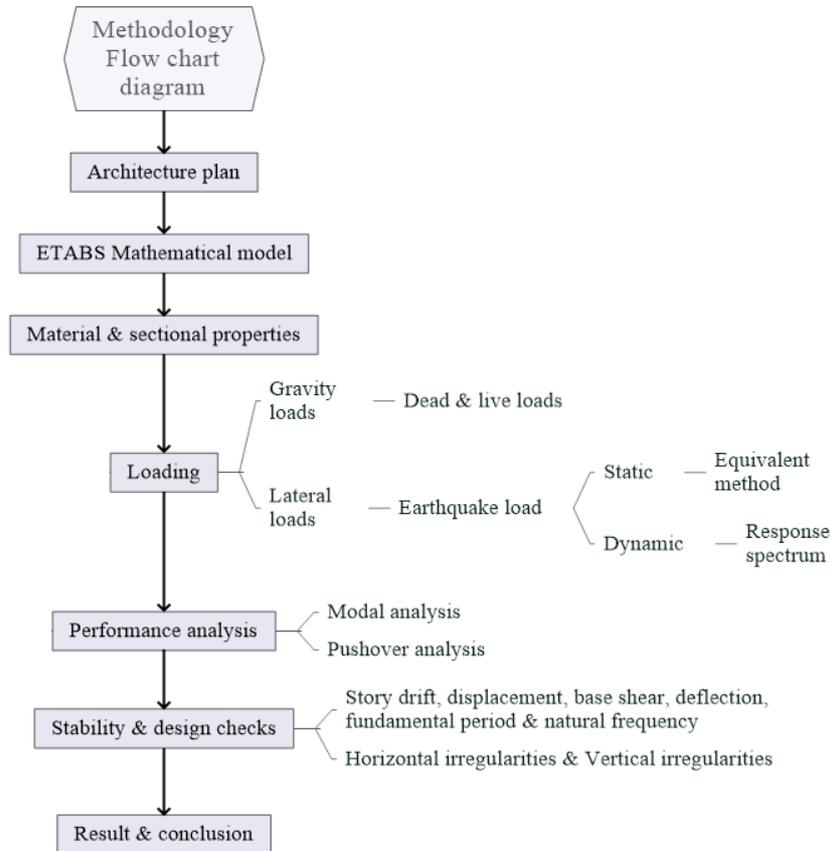


Figura 4: Diagrama de flujo de la metodología. Editado de [12].

Debido a la antigüedad de la edificación, resultó difícil obtener los planos estructurales, sin embargo, la universidad cuenta con los planos arquitectónicos, esto facilitó la identificación de ciertos elementos imperceptibles a simple vista. Para verificar la exactitud de los elementos expresados en el archivo, se llevó a cabo un levantamiento de información con el fin de establecer su veracidad. El plano correspondiente a la planta baja, se muestra en la **Figura 5**.

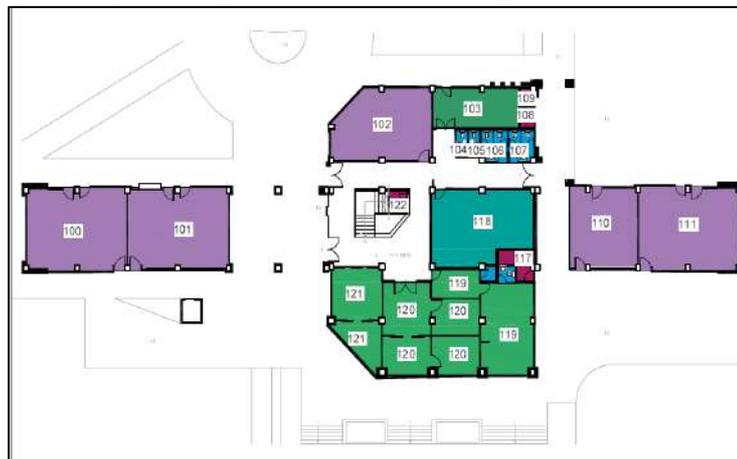


Figura 5: Plano arquitectónico del bloque central. Editado por Arq. Valeria Palomeque.



Figura 6: Vista en planta

Para determinar la resistencia del concreto fue necesario realizar ensayos no destructivos empleando un esclerómetro modelo Proceq Schmidt Live. El procedimiento de ensayo se realizó según la ASTM C805 [13], la cual establece los límites de tolerancia de los datos obtenidos para garantizar su precisión y confiabilidad. Además, se consultó el manual de uso proporcionado por el fabricante para asegurar un correcto manejo del instrumento [14]. Una representación visual de este proceso se muestra en la Figura 7.



Figura 7: Recogida de datos con esclerómetro.

La selección de la resistencia f'_c para cada bloque está determinada por un análisis estadístico de los datos recopilados a través de este método.

El modelo matemático del edificio se desarrolló empleando el software especializado ETABS. Este programa computacional ofrece una versión gratuita de 30 días, lo cual resultó beneficioso para el diseño y la obtención de los resultados necesarios para el análisis correspondiente. Yasin [12], establece una serie de pasos para modelar estructuras en el software, lo cual fue utilizado como guía en este estudio, Figura 8.

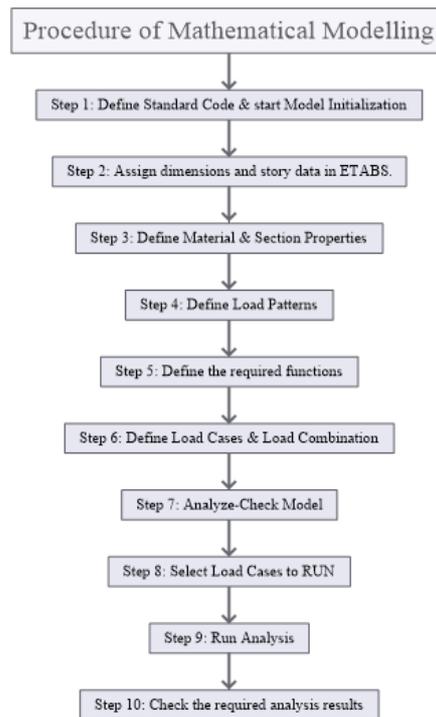


Figura 8: Pasos para modelar en ETABS. Editado de [12].

Según la NEC [15], los materiales como el hormigón y el acero deben cumplir con criterios de calidad, respecto al hormigón para columnas y vigas la resistencia a la compresión mínima para ser considerado estructural es de 21 MPa, los datos en cuestión para ambos elementos se encuentran detallados en la sección de resultados. La losa aligerada de la estructura no contaba con un acceso para la toma de lecturas por lo que se asumió una resistencia estructural mínima y que su comportamiento es de un diafragma rígido.

La distribución de acero desempeña un papel fundamental en el comportamiento estructural durante los sismos, ya que proporciona mayor ductilidad y capacidad de deformación. La normativa NEC [4] establece los requisitos mínimos para el diseño de elementos estructurales en relación a la distribución de acero. Dado que no se disponía de esta información, se asumió una distribución de aceros mínima, de acuerdo con lo establecido por la normativa.

La edificación está compuesta por pórticos especiales con vigas peraltadas, por lo que la normativa establece que debe contar con rótulas plásticas a una distancia determinada, con el objetivo de desarrollar “columna fuerte, nudo fuerte y viga fuerte a corte, pero débil a flexión”. La configuración de aceros estará destinada a que cumpla con esta filosofía propuesta por la NEC [4].

Para realizar un análisis adecuado de la edificación, es necesario determinar el caso más desfavorable. En este contexto, la normativa proporciona siete combinaciones posibles, de las cuales se seleccionaron dos para su estudio. La primera condición analiza únicamente las cargas vivas y muertas, considerando las condiciones normales de carga sin contar con la presencia de un evento sísmico significativo. La segunda combinación incluye una carga sísmica permitiendo evaluar la respuesta estructural.

$$C \square 1.2D \square 1.6L \quad (1)$$

$$C \square 1.2D \square 1E \square 1L \quad (2)$$

Donde:

D = Carga muerta

L = Carga viva
E = Carga sísmica

Para ingresar las cargas sísmicas, se parte de una evaluación de la peligrosidad del sitio frente a eventos geológicos. Esta información se obtiene a partir del mapa proporcionado por la NEC [4], el cual indica los niveles de riesgo y sus periodos de retorno correspondientes. Al emplear estos niveles de peligro en el análisis, se obtiene una evaluación más completa de la respuesta estructural ante los diferentes escenarios sísmicos. Para el caso de estudio se empleó los cuatro niveles expresados en la **Tabla 1**.

Una vez establecidas las combinaciones y caso de carga, es importante definir el análisis pushover tanto en el eje X como en el eje Y. En este análisis se considera que los materiales se comportan de manera no lineal y se emplea el sismo correspondiente a su sentido de aplicación. En este apartado, se establece un punto de control para obtener los desplazamientos máximos y las derivas.

En este caso, dado que la estructura está compuesta por 3 bloques y separada por juntas sísmicas de 5cm entre cada bloque, se realizó el procedimiento de análisis para cada uno de ellos de forma individual.

Tabla 1: Niveles de peligro sísmico.

Nivel de sismo	Sismo	Probabilidad de excedencia en 50 años	Periodo de retorno T_r (años)	Tasa de excedencia ($1/T_r$)
1	Frecuente (menor)	50%	72	0.01389
2	Ocasional (moderado)	20%	225	0.00444
3	Raro (severo)	10%	475	0.00211
4	Muy raro (extremo)	2%	2500	0.0004

El comportamiento que tendrá un edificio estará basado en varios aspectos que menciona la normativa [4], principalmente el desempeño, que considera los daños físicos en elementos estructurales y no estructurales, riesgo de los ocupantes y la funcionalidad de la edificación, además, se establece 4 niveles de desempeño siendo estos: Nivel operacional, Ocupación inmediata (IO), Seguridad de vida (LS), Prevención del colapso (PC).

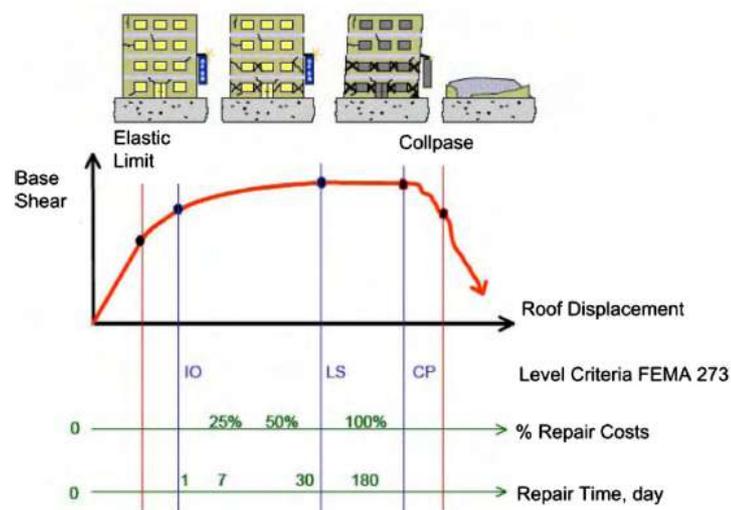


Figura 9: Diseño rendimiento-cortante. [16]

La ATC-40 [8], expresa que el nivel de desempeño será operacional cuando exista muy poco daño, sus derivas serán temporales la estructura conserva su rigidez y resistencia original, todos los sistemas funcionan con normalidad; ocupación inmediata establece que se da poco daño, su deriva será temporal, su rigidez y resistencia se conserva, el sistema de incendios y el elevador continúan en funcionamiento; seguridad de vida establece que se dan daños leves, su rigidez y resistencia son afectadas, daños en mampostería, el edificio está más allá de la reparación económica; prevención de colapso se dan daños severos y el edificio está a punto de derrumbarse, pero las columnas funcionan, poca rigidez estructural. La FEMA 356 [17], en su capítulo 1.5 explica de manera más detallada los niveles de desempeño y considera los elementos estructurales y no estructurales de una edificación.

La **Figura 9** muestra la representación gráfica del rendimiento de un edificio al compararlo con la curva de fuerza-desplazamiento. Esta visualización nos brinda la oportunidad de examinar de manera integral el comportamiento de la estructura cuando se somete a cargas laterales, hasta alcanzar su punto de colapso [18].

3. Resultados

3.1 Resistencias de los elementos de concretos

Los resultados obtenidos fueron analizados mediante un proceso estadístico descriptivo, correspondiente al promedio (\bar{X}), la desviación estándar (S) y el coeficiente de variación (CV), el cual permitió elegir las resistencias a compresión en las vigas y columnas de los tres bloques, sin mayor rango de dispersión. En vista de esto, se tomó la decisión de unificar las resistencias para ambos elementos estructurales. Se estableció una resistencia de 36.3 MPa para las columnas y de 33 MPa para las vigas. Estos valores se detallan en la **Tabla 2** y **Tabla 3**, respectivamente.

Tabla 2: Resistencias de las columnas

	Resistencia de columnas (MPa)		
	B1	B2	B3
X	35.9	36.3	36.8
S	13,7	4,48	11,35
CV	3,81%	1,23%	3,09%
	Final		
X	36.3		
S	4,2		
CV	1,16%		

Tabla 3: Resistencias de las vigas

	Resistencia de vigas (MPa)		
	B1	B2	B3
X	34.5	31.9	32.7
S	17	9	20
CV	5%	3%	6%
	Final		
X	33.0		
S	13,74		
CV	4,16%		

3.2 Refuerzo estructural

La distribución de acero en columnas y vigas se establece en la **Tabla 4** y **Tabla 5**, respectivamente. La configuración de los estribos se asume como un $\phi=12\text{mm}$ (1/2 in) con una separación máxima de 10 cm, siguiendo las recomendaciones de la normativa. En relación a la losa aligerada, se determinó que tiene un espesor de 25 cm, sin embargo, se optó por modelar la losa como una maciza, con una inercia equivalente, con altura de 18cm [4].

La normativa establece que para casos de usar métodos no lineales de fuerzas sísmicas se emplee secciones agrietadas en los elementos estructurales, en este caso para las columnas se usó 0.8 lg y para vigas un 0.5 lg. Se utilizó los valores especificados por la normativa NEC [19] para el caso de la carga viva, 2 kN/m² para las aulas de instituciones educativas y de 4kN/m²

para los pasillos. En cuanto a la carga muerta, se empleó un valor de 2.88 kN/m², excluyendo el peso de la estructura, ya que el software realiza este cálculo automáticamente.

Tabla 4: Secciones de las columnas

Elemento	Nombre	Material (MPa)	Profundidad (cm)	Ancho (cm)	ϕ
Columna	C 40x50	f 'c 36.3	50	40	20
	C 50x50	f 'c 36.3	50	50	20

Tabla 5: Secciones de las vigas

Elemento	Nombre	Material (MPa)	Profundidad (cm)	Ancho (cm)	ϕ
Viga	B 2-1	f 'c 33	50	30	16
	B 3-2	f 'c 33	50	30	16
	B 4-2	f 'c 33	50	30	16
	B 4-3	f 'c 33	50	35	16
	B 5-3	f 'c 33	50	35	16
	B 6-4	f 'c 33	60	35	16
	B 7-5	f 'c 33	60	35	16
	B 9-5	f 'c 33	60	35	16

3.3 Coeficientes y propiedades del suelo

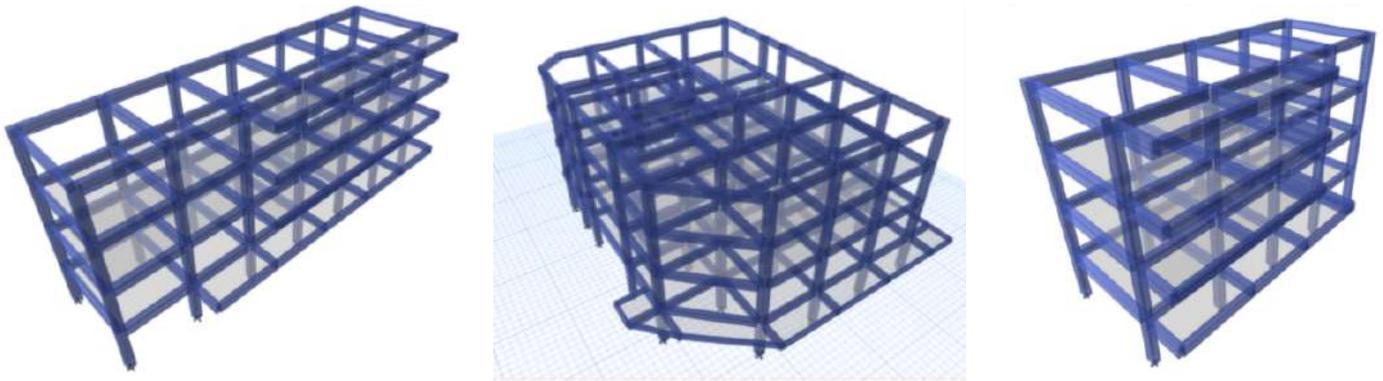
Para asignar las cargas sísmicas, se considera un coeficiente $Z=0.25$ para Cañar, correspondiente a la zona II. En base a un estudio geotécnico realizado por GEOESTUDIO S.A en 2013, se asume un suelo tipo D [20]. Los factores se resumen en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

Tabla 6: Propiedades del suelo.

Propiedades del Suelo	
Z	0.25
Fa	1.4
Fd	1.45
Fs	1.06
η	2.48
l	1.3
r	1
R	5
Ct	0.055
α	0.9
C	0.226
K	1.03

3.4 Modelo matemático

Empleando el procedimiento descrito en la metodología, dio lugar a la creación de 3 modelos, como se muestra en la **Figura 10**.



a) Modelo del bloque 1

b) Modelo del bloque 2

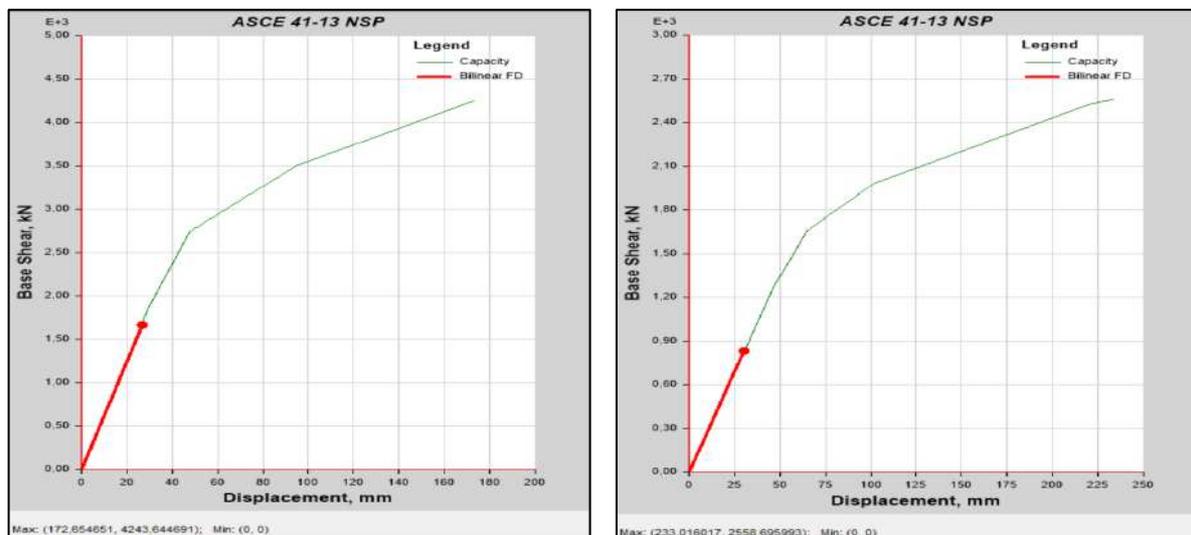
c) Modelo del bloque 3

Figura 10: Modelo 3D de los bloques de la universidad.

3.5 Curva de capacidad

Una vez finalizado el análisis mediante el uso de ETABS bajo una licencia de prueba TRIAL-2B06F2CB6335FDA62A A7459A, se logró obtener la curva de capacidad para los tres bloques en estudio. Esta curva representa la relación entre la cortante basal y la deformación lateral en el punto de control seleccionado.

En el caso del bloque 1, el punto de control se estableció en un nudo central de la última planta. El resultado obtenido generó una curva que se muestra en la **Figura 11**. Al analizar dicha curva, se determinó que existe una mayor capacidad de deformación en el sentido transversal Y, con un valor del 57.44%. Por otro lado, al evaluar el comportamiento del cortante basal, se observa que el sentido longitudinal X presenta una mayor capacidad de carga, alcanzando un valor del 62.39% en comparación con el sentido Y.



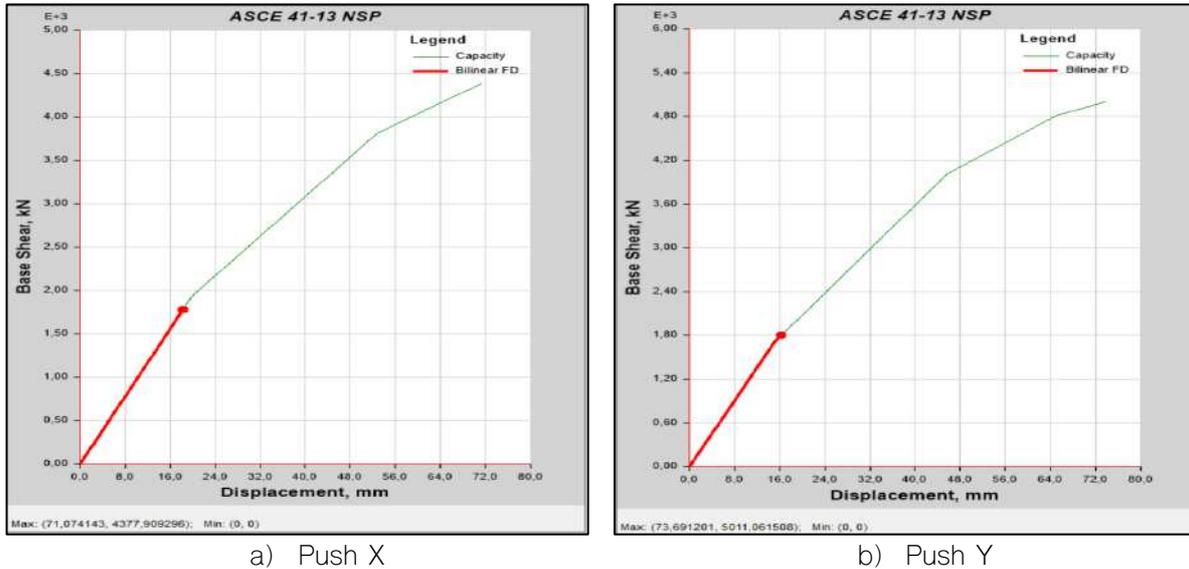
a) Push X

b) Push Y

Figura 11: Curva de capacidad del bloque 1

En el caso del bloque dos, se puede apreciar en la **Figura 12** que su mayor capacidad de deformación se encuentra en el sentido longitudinal Y, con un valor del 50.90% en relación al eje transversal Y. De igual manera, se observa que la mayor capacidad de carga se encuentra en el

sentido Y, alcanzando un valor del 53.37%. La diferencia entre las deformaciones de ambos sentidos corresponde a un 1.81%, mientras que la diferencia entre los valores de cortante es del 6.74%. Es importante destacar que el bloque 2, debido a su geometría regular, presenta pequeñas variaciones en los porcentajes de cortante y deformación en comparación con el bloque 1.

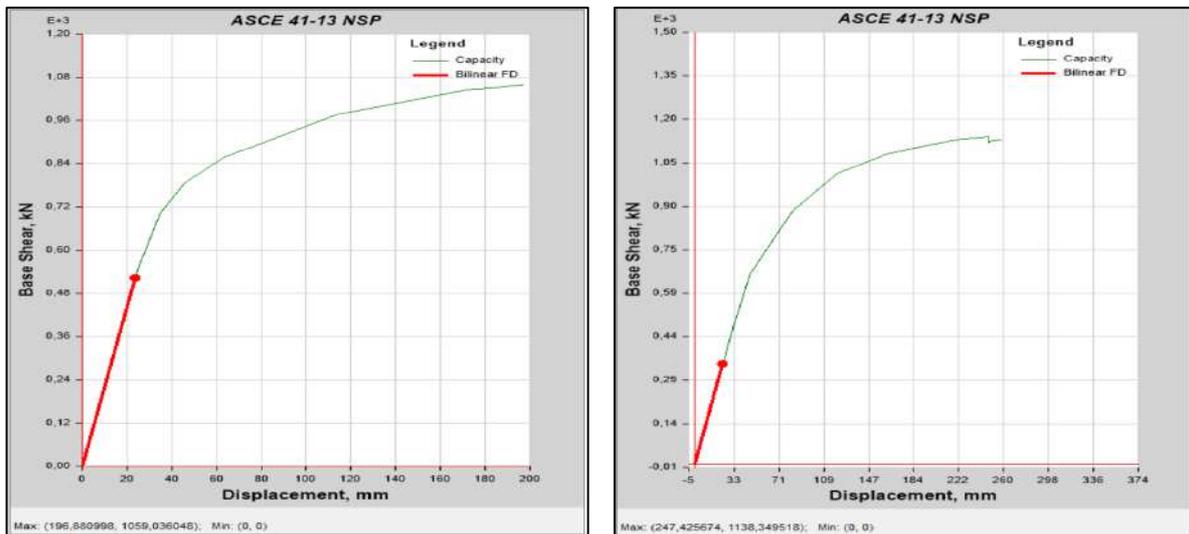


a) Push X

b) Push Y

Figura 12: Curva de capacidad del bloque 2

En el caso del bloque 3, el punto de control se estableció en el nudo de la última planta. En este caso, se observa que su mayor capacidad de deformación se encuentra en el eje transversal Y, con un valor del 56.74% en comparación con el eje longitudinal X. De manera similar, su mayor capacidad de carga también se encuentra en el mismo eje, alcanzando un valor del 51.59%. Esto se aprecia en la **Figura 13**.



a) Push X

b) Push Y

Figura 13: Curva de capacidad del bloque 3

3.6 Punto objetivo para cada sismo

Los puntos de desplazamiento y cortante basal que se llegaron a obtener mediante el uso de la metodología del ASCE 41-13 [21], en la **Tabla 7** se presenta el desplazamiento y la fuerza a la que está sometida la estructura en su base o cimentación para cada nivel de evento sísmico. Para el bloque 1 se presentan los mayores desplazamientos en el eje Y, esto debido a que los pórticos en

este sentido son inferiores a los del eje longitudinal X, por ende, su capacidad de resistir desplazamientos será mayor

Tabla 7:Desplazamiento y cortante basal para cada punto de punto de demanda – Bloque 1

Sismo	Desplazamiento (mm)		Cortante Basal (kN)	
	Push XX	Push YY	Push XX	Push YY
Frecuente (menor)	8.34	10.28	523.94	282.48
Ocasional (moderado)	10.24	12.55	643.44	344.71
Raro (severo)	26.50	30.48	1664.48	836.77
Muy raro (extremo)	33.83	40.12	2066.65	1001.67

En el bloque 2, se puede observar que los desplazamientos en el sentido longitudinal X no presentan diferencias significativas en relación a su eje transversal Y resumido en la **Tabla 8**, de igual manera se constata una semejanza en los valores del cortante entre ambos sentidos. Esta similitud se atribuye a la configuración geométrica de la estructura, específicamente en el caso del bloque 2, cuya proyección en planta exhibe características cuadradas. Esta particularidad geométrica propicia que, al someterse a la aplicación de fuerzas, los resultados obtenidos sean similares.

Tabla 8:Desplazamiento y cortante basal para cada punto de punto de demanda – Bloque 2

Sismo	Desplazamiento (mm)		Cortante Basal (kN)	
	Push XX	Push YY	Push XX	Push YY
Frecuente (menor)	5.48	4.82	535.51	548.30
Ocasional (moderado)	12.63	11.38	1233.68	1294.38
Raro (severo)	18.26	16.33	1784.73	1805.21
Muy raro (extremo)	23.45	20.58	2142.73	2124.85

En relación al bloque 3, se observa una variación imperceptible en los desplazamientos entre los dos ejes. Esta situación se le atribuye a que el número de pórticos en el eje X se reduce en comparación al bloque 1, pero es importante destacar que el eje X exhibe una capacidad superior para soportar una mayor cortante basal. Esto se resume en la **Tabla 9**. No se encuentra el origen de la referencia..

Tabla 9:Desplazamiento y cortante basal para cada punto de punto de demanda – Bloque 3

Sismo	Desplazamiento (mm)		Cortante Basal (kN)	
	Push XX	Push YY	Push XX	Push YY
Frecuente (menor)	10.12	10.59	223.06	157.20
Ocasional (moderado)	12.53	12.99	276.18	192.84
Raro (severo)	23.73	23.52	523.09	349.17
Muy raro (extremo)	31.28	33.28	646.77	494.01

3.7 Resultados de las rótulas generadas

Las rótulas deben ser diseñadas de manera que permitan una deformación leve de los elementos estructurales bajo cargas, con el objetivo de evitar daños en la edificación. En este

sentido, resulta pertinente realizar una comparación del mecanismo de colapso o comportamiento de las rótulas en dos direcciones, longitudinal (X) y transversal (Y).

En el bloque 1 del estudio, se procedió a seleccionar el eje más representativo de la estructura, y el software estableció 4 etapas o pasos de análisis para el pushover en el eje X. Durante el primer paso, **Figura 14 (a)**, se observaron deformaciones mínimas que no indican daño alguno en la estructura, y no se identificó la formación de rótulas en ningún elemento estructural. El paso 4, **Figura 14 (b)**, representa el punto en el que se generaron las primeras rótulas, siendo también el total de rótulas encontradas. Se constató que dichas rótulas se formaron en las vigas de la primera y segunda planta, así como en las bases de las columnas posteriores, lo cual no es deseable para el comportamiento óptimo de la edificación. No obstante, de acuerdo con la nomenclatura utilizada, se determinó que esto no representa un peligro significativo, ya que están en un rango de IO y LS. Al finalizar el análisis, **Figura 14 (c)**, se llegó a contabilizar un total de 280 rótulas, de las cuales 225 están en el rango de A-IO y 55 están entre IO-LS.

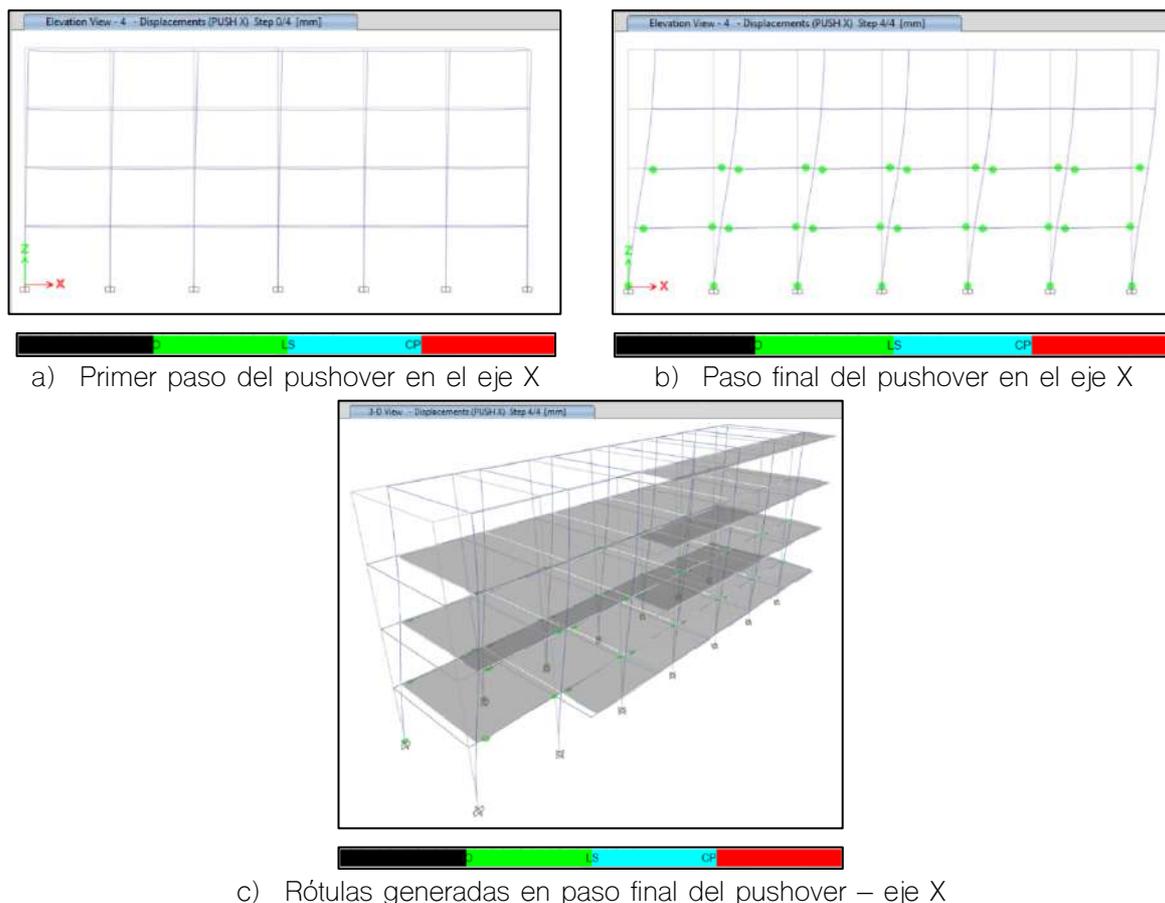


Figura 14: Desplazamientos y rótulas del bloque 1 – Pushover X

En el caso de las rótulas generadas en el pushover Y en el bloque 1, el software estableció 5 etapas o pasos de análisis. Durante el primer paso, **Figura 15 (a)**, se observaron deformaciones, aunque no alcanzaron magnitudes suficientes para generar rótulas en ningún elemento estructural. El paso 4, **Figura 15 (b)** marcó el momento en el que se formaron las primeras rótulas, ubicadas en las vigas de la primera y segunda planta, así como una en la tercera planta y en las bases de las columnas posteriores del edificio. En este punto, se contabilizaron un total de 48 rótulas, todas ellas dentro del rango (IO-LS). En el último paso del análisis, **Figura 15 (c)**, se observó la generación de una rótula adicional en la tercera planta. Esto se debió a una diferencia de 20 kN en cortante

aplicada entre el paso 5 y el paso 4. Dado que no hubo un aumento significativo en la fuerza aplicada en el edificio, no se generaron más rótulas en este punto. Al finalizar el análisis, **Figura 15 (d)**, se registró un total de 280 rótulas, de las cuales 231 se encuentran en el rango de A-IO y 49 se sitúan en el rango de IO-LS.

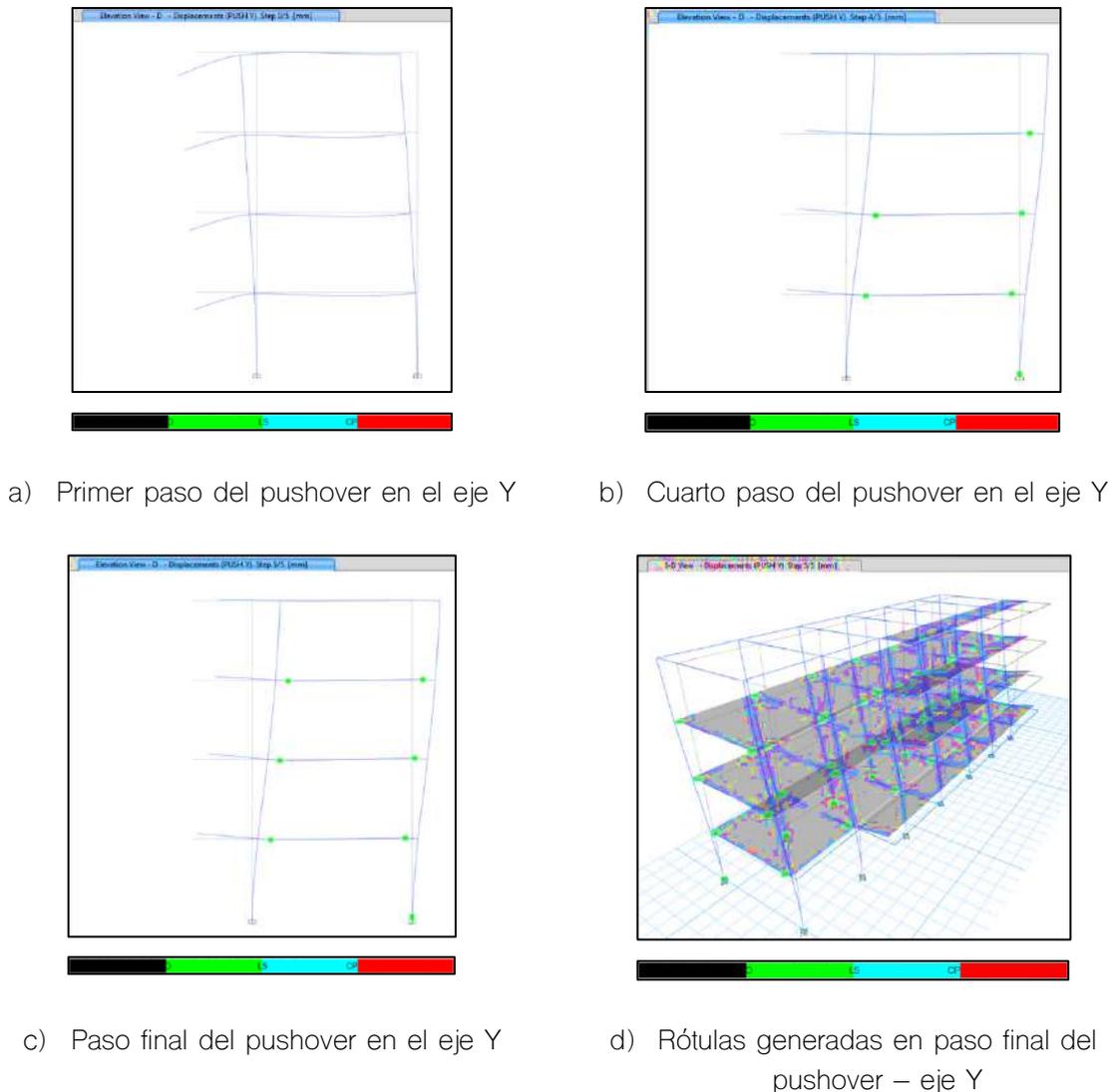


Figura 15: Desplazamientos y rótulas del bloque 1 – Pushover Y

En el bloque 2 del estudio, se procedió a seleccionar el eje central de la estructura, el cual es el más representativo. Para este análisis, el software estableció 4 etapas o pasos de análisis para el pushover en el eje X. En el primer paso,

Figura 16 (a), *al igual que en el bloque anterior, las deformaciones son mínimas y no se observa la formación de rótulas en ningún elemento estructural. El paso 4,*

Figura 16 (b), *representa el punto en el que se generaron las primeras rótulas, siendo también el total de rótulas encontradas. Se pudo determinar que las rótulas se formaron en las vigas del primer piso y en ciertas columnas de la planta baja. Sin embargo, estas rótulas no representan un peligro significativo para la estructura. Al finalizar el análisis,*

Figura 16 (c), se contabilizaron un total de 580 rótulas, de las cuales 567 están en el rango de A-IO y 13 están entre el rango de IO-LS.

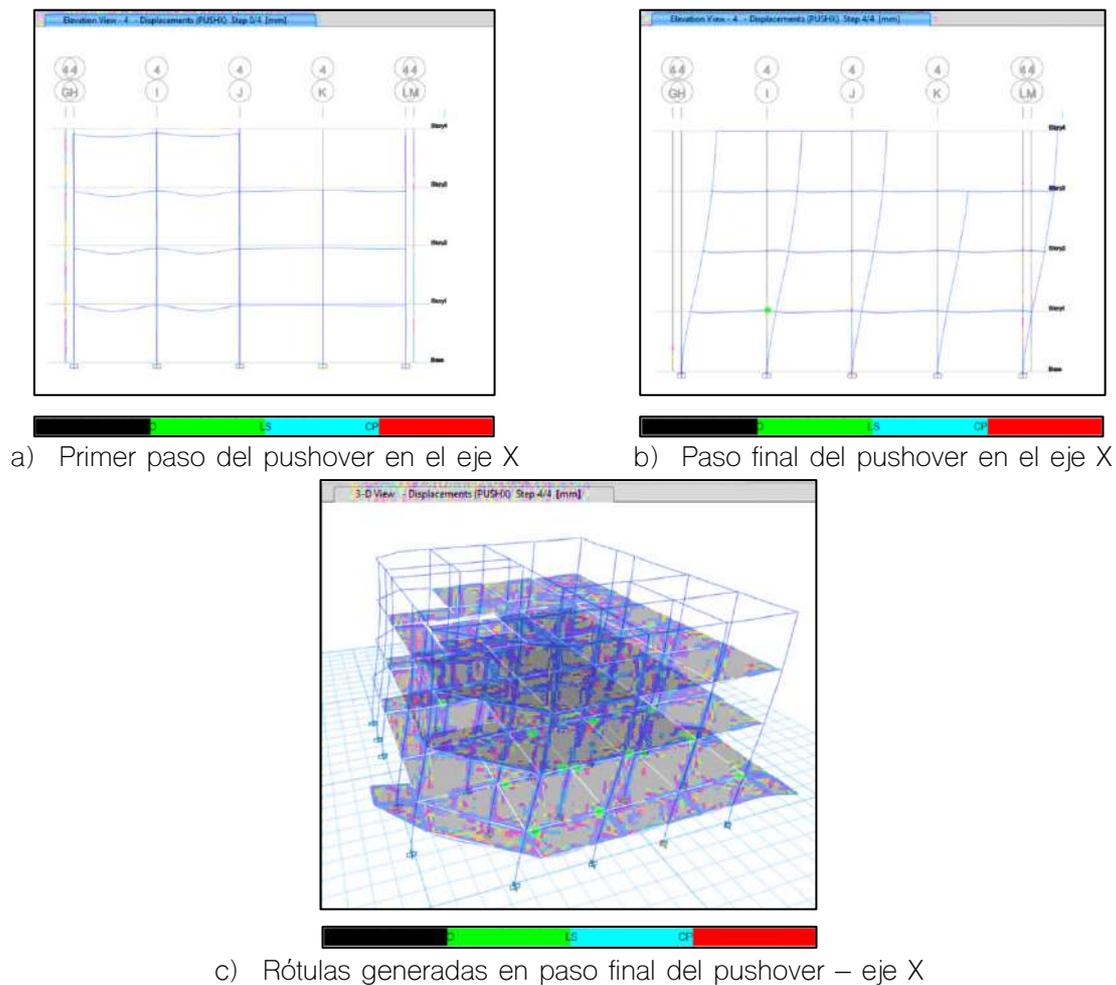


Figura 16: Desplazamientos y rótulas del bloque 2 – Pushover X

Para el pushover en el eje Y del bloque 2, el software estableció 4 pasos para su análisis. Durante el primer paso, **Figura 17 (a)**, las fuerzas que generan las deformaciones no son suficientes para generar rótulas en los elementos estructurales. El paso 3, **Figura 17 (b)**, es donde aparece la primera rótula, ubicada en la base de la columna de la primera planta. En este caso, la formación de la rótula no es deseada, ya que se produjo en las columnas y, según la nomenclatura, representa un peligro para la estructura y sus ocupantes, ya que está más allá del punto de prevención del colapso. En el último paso, **Figura 17 (c)**, se formaron más rótulas peligrosas en las columnas de la planta baja, siendo un total de 6. Al finalizar el análisis, **Figura 17 (d)**, se contabilizó un total de 580 rótulas, de las cuales 573 están en el rango de A-IO, 1 rótula se encuentra en el rango de IO-LS y 6 rótulas son de peligrosidad mayor y están en >CP.

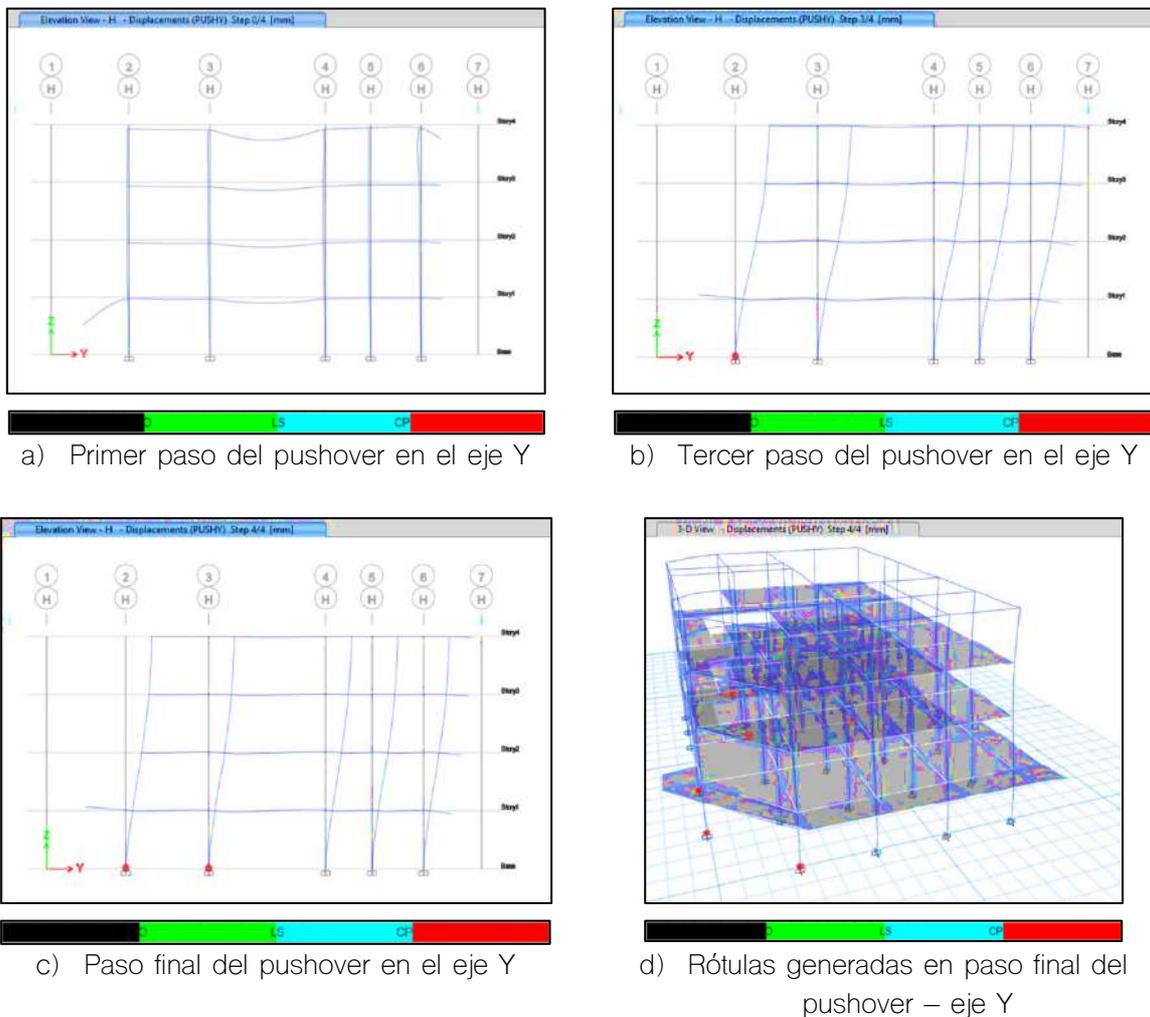


Figura 17: Desplazamientos y rótulas del bloque 2 – Pushover Y

En el marco del bloque 3 del estudio, se llevó a cabo la selección del eje más representativo de la estructura, identificado como eje 4. Para este análisis el software estableció un total de 9 etapas o pasos para el análisis de pushover en el eje X. Durante el primer paso, **Figura 18 (a)**, en la cual no se observaron deformaciones significativas, no se manifestaron rótulas en los elementos estructurales. No obstante, en el paso 4, **Figura 18 (b)**, se dieron las primeras rótulas. Se pudo constatar que estas rótulas se formaron en las vigas de la primera planta, así como en algunas vigas de la segunda planta. Cabe destacar que las rótulas identificadas se encuentran dentro del rango A-IO, por lo tanto, no representan ningún peligro. En el último paso, **Figura 18 (c)**, se detectó la formación de rótulas en las bases de las columnas de la primera planta, lo cual no es deseable, además, se observó la aparición de rótulas en las vigas de los voladizos. Al concluir el análisis, **Figura 18 (d)**, se contabilizó un total de 232 rótulas, de las cuales 183 se encuentran en el rango A-IO y 49 se ubican en el rango IO-LS

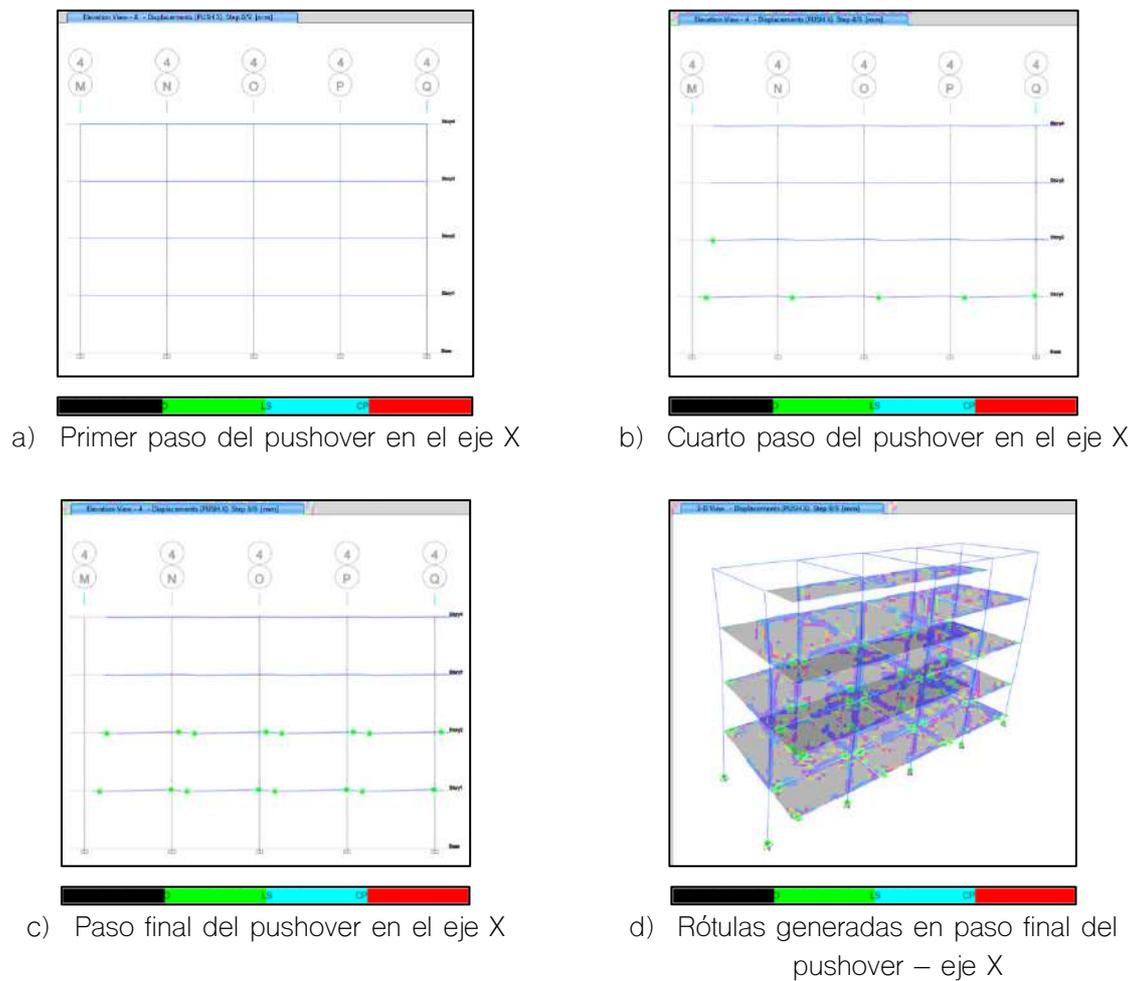


Figura 18: Desplazamientos y rótulas del bloque 3 – Pushover X

En relación a las rótulas generadas en el análisis pushover del bloque 3, es importante destacar que el software utilizado estableció un total de 15 etapas o pasos de análisis. Durante el primer paso, **Figura 19 (a)**, se observaron deformaciones, aunque estas no alcanzaron magnitudes significativas como para generar rótulas en ningún elemento estructural, sin embargo, en el paso 5, **Figura 19 (b)**, se produjo la formación de las primeras rótulas, las cuales se localizaron en las vigas de la primera y segunda planta. En este punto, se contabilizaron un total de 23 rótulas, todas ellas ubicadas en el rango (IO-LS). En el último paso del análisis, **Figura 19 (c)**, se identificó la generación de rótulas tanto en las vigas de toda la edificación como en las bases de algunas columnas de la planta baja. Al concluir el análisis, **Figura 19 (d)**, se registró un total de 232 rótulas, de las cuales 186 se encuentran en el rango de A-IO y 44 se sitúan en el rango de IO-LS

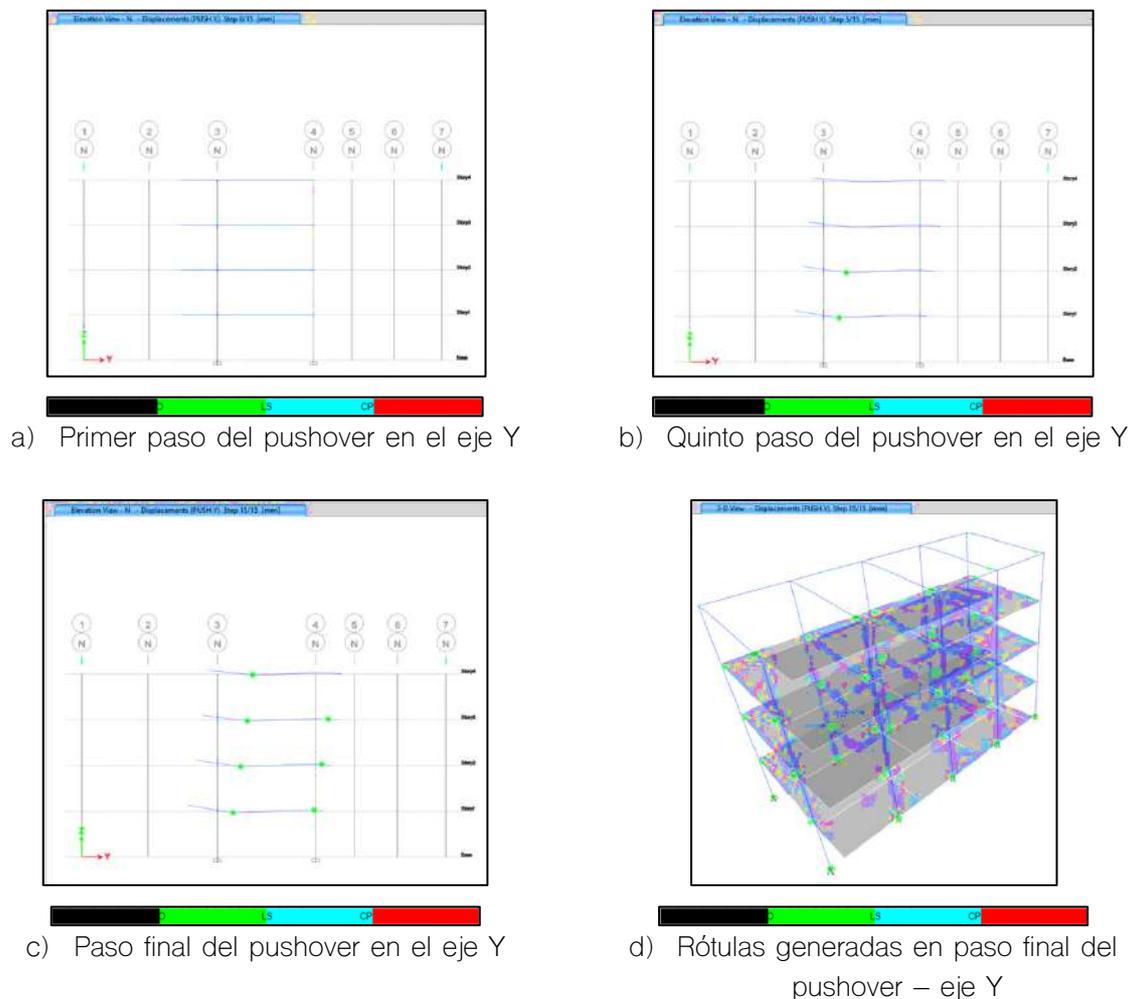
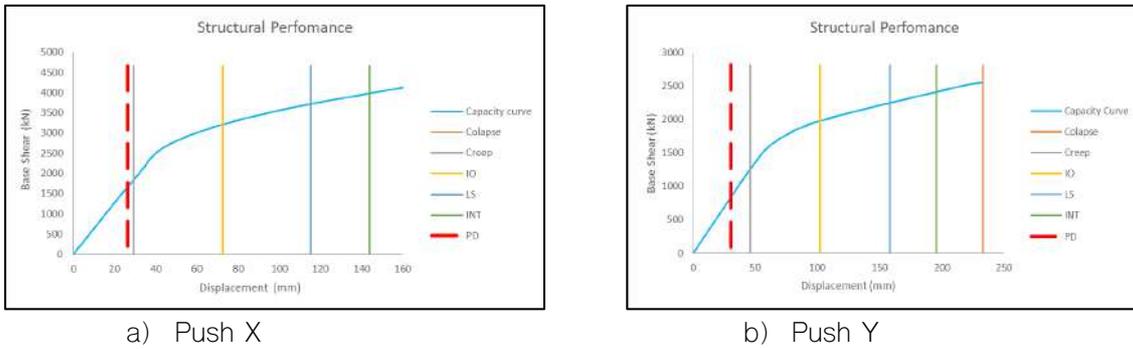


Figura 19: Desplazamientos y rótulas del bloque 3 – Pushover Y

3.8 Evaluación del desempeño sísmico

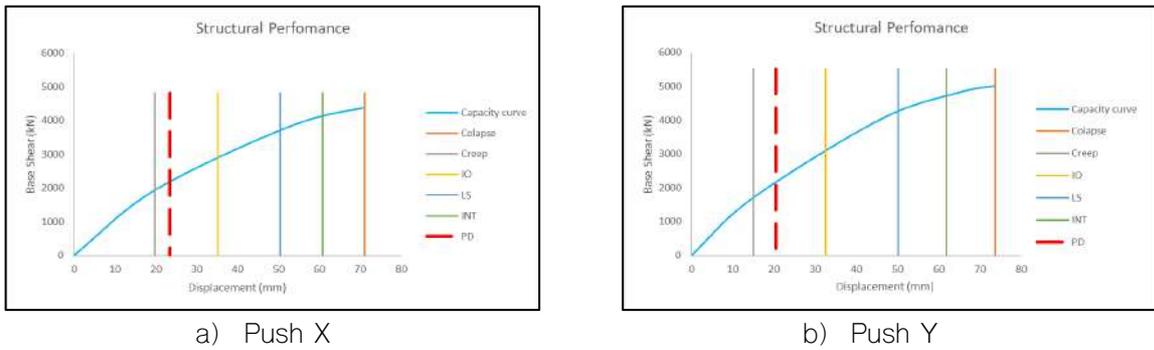
La evaluación del desempeño de una estructura implica el cumplimiento del objetivo de resistir a diversos tipos de amenazas sísmicas, en función de su periodo de excedencia. En el presente caso, al tratarse de una institución educativa, dicha estructura se clasifica como una estructura especial, por consiguiente, se lleva a cabo un análisis específico para el sismo designado por la normativa correspondiente como raro (severo). Se espera que, ante dicho sismo, el nivel de desempeño de la estructura sea completamente operativo.

En el bloque 1, se aprecia que en el análisis push X, **Figura 20 (a)**, el desempeño de la estructura se encuentra en estado totalmente operativo, ya que estaría funcionando dentro del rango elástico. En este sentido de análisis, no generaría ningún problema en caso de ocurrir un sismo. En cuanto al análisis en el sentido push Y, **Figura 20 (b)**, se observa que la estructura se mantiene en el rango elástico, lo cual expresa que ante un sismo el bloque estará completamente funcional.



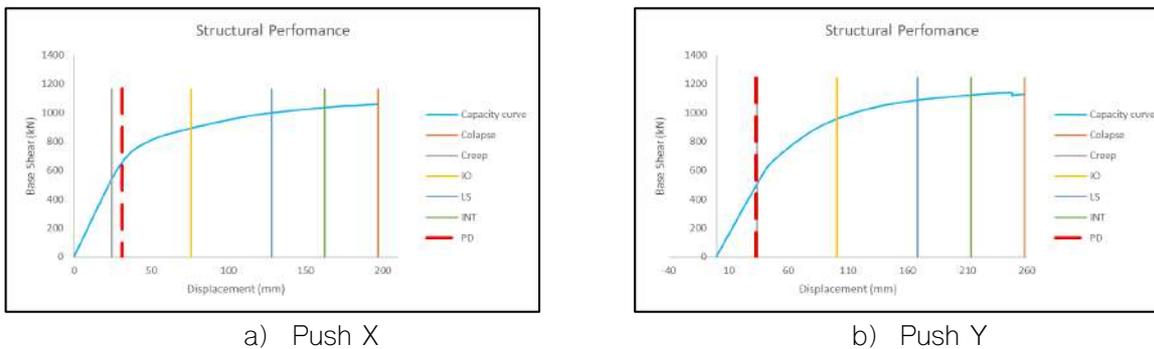
a) Push X b) Push Y
Figura 20: Punto de desempeño para un sismo raro - Bloque 1

En el bloque 2, se visualiza que en el sentido X del análisis pushover, **Figura 21 (a)**, el punto de desempeño se alejó del rango de fluencia y su desempeño se encuentra la zona de ocupación inmediata. Para el análisis pushover en el sentido Y, **Figura 21 (b)**, el punto de desempeño se encuentra en la zona de ocupación inmediata. A pesar de esto, no se genera ningún problema en términos de seguridad tanto para la edificación como para los usuarios durante un sismo raro. Las deformaciones presentes en ambos sentidos varían en menor medida, ya que el bloque 2 tiene una geometría regular, similar a la de un cuadrado.



a) Push X b) Push Y
Figura 21: Punto de desempeño para un sismo raro - Bloque 2

En el bloque 3, se observa que el comportamiento del análisis pushover en el eje X, **Figura 22 (a)**, se encuentra dentro de la zona de ocupación inmediata. De igual manera, el comportamiento del análisis pushover en el eje Y, **Figura 22 (b)**, se ubica en la zona de IO. Sin embargo, es importante destacar que esto no representa ningún peligro para la integridad de la estructura ni para la seguridad de sus ocupantes.



a) Push X b) Push Y
Figura 22: Punto de desempeño para un sismo raro - Bloque 3

3.9. Aplicabilidad del análisis estático no lineal

Para conocer si este estudio es aplicable, es necesario emplear la verificación dado por la ASCE 41-17 [21], en donde se hace uso de la relación de resistencia, en esta se compara la $\mu\text{strength} < \mu_{\text{max}}$, donde μ es la ductilidad alcanzada por la estructura.

Se aprecia que, en todos los bloques evaluados, **Tabla 10**, se cumple con la condición propuesta por la ASCE, lo cual confirma la validez de la aplicación de la metodología del pushover en ambos sentidos y para todos los bloques analizados. Esto respalda la confiabilidad de los resultados obtenidos y refuerza efectividad de dicha metodología para evaluar el desempeño de la estructura frente a eventos sísmicos.

Tabla 10: Verificación de la aplicabilidad del método Pushover para cada bloque

	Bloque 1		Bloque 2		Bloque 3	
	X	Y	X	Y	X	Y
Δd (mm)	26.495	30.473	18.264	16.327	23.733	23.52
Δy (mm)	29.529	46.063	19.768	14.982	24.324	33.65
μ_{max}	0.90	0.66	0.92	1.09	0.98	0.70
$\mu\text{strength}$	0.43	0.26	0.45	0.51	0.11	0.12
Cond.	OK	OK	OK	OK	OK	OK

4. Discusión

El presente estudio muestra resultados interesantes, los bloques 1 y 3 muestran mayor desplazamiento en el eje Y, este comportamiento se atribuye a su diferencia en inercia en planta y la redundancia de pórticos de concreto reforzado. Se observó una variación de desplazamientos entre ejes de 2.06% en el bloque 1, una variación del 1.11% en el bloque 2 y una variación del 1.25% en el bloque 3.

En cuanto a sus desplazamientos en el eje X, para un sismo raro, se registró un desplazamiento 26.5mm en el bloque 1, 18.26mm en el bloque 2 y 23.73mm en el bloque 3. Si los desplazamientos de las estructuras ocurrieran en el mismo sentido, las edificaciones no tendrían riesgo de golpeteo, sin embargo, si la respuesta dinámica de los edificios frente a un sismo raro es diferente y genera desplazamientos en direcciones opuestas a la edificación adyacente, es probable que existan colisiones entre las estructuras, debido a la junta sísmica existente tiene una separación de 5cm. Recordar que se tomaron valores mínimos recomendados de la normativa actual, para las cuantías de acero de refuerzo longitudinal y sobre todo transversal.

5. Conclusión

A pesar de que estas estructuras fueron diseñadas en el año 1993, con el código de construcción de ese entonces, su desempeño frente a las cargas sísmicas que el reglamento actual considera es adecuado. Según la normativa ASCE 41-17, se determinó que el bloque central de ingenierías del campus Azogues presenta una respuesta estructural IO (Ocupación Inmediata) frente a un sismo raro, como se evidencia en las **Figura 20**, **Figura 21** y **Figura 22**. Esto significa que después de un evento sísmico de esa magnitud, es posible una ocupación inmediata, con posibles daños en elementos no estructurales que no comprometerían la estabilidad global de la edificación. Este resultado brinda la seguridad a todos los usuarios que hacen uso de la edificación a diario. Pero importante mencionar que este estudio se asumen las distribuciones de acero de refuerzo, para poder dar un punto de desempeño con certeza, tocaría levantar información a detalle del acero de refuerzo.

Los elementos no estructurales que estarían directamente afectados son las mamposterías, las mismas que no se consideraron en el presente estudio. Para continuar esta línea de investigación, se recomienda realizar una evaluación sísmica que contemple la variación de resistencia y rigidez del edificio con la acción de las paredes trabajando en rango elástico a compresión.

Por otra parte, cielos falsos, mamparas de vidrio y mueblería en general, pudieran ser afectados por el sismo severo. Se recomienda una evaluación sísmica de estos elementos para reducir el probable daño que estos pueden ocasionar a los usuarios durante y después de un evento telúrico.

El estudio del edificio presenta daños de rótulas plásticas en vigas y columnas, en un proceso que se desarrolla desde la planta inferior hacia las plantas superiores, tal como la teoría del análisis por desempeño lo menciona. Esto muestra que el análisis desarrollado es adecuado. Además, el análisis presentado en la **Tabla 10**, muestra que se ha cumplido con los estándares de revisión internacional como recomienda ASCE 41-17.

Un punto importante es que la edificación no presenta problemas de columnas cortas, piso débil en su primera planta, situaciones que generalmente están presente en edificaciones dedicadas a educación.

Contribución de autores: Conceptualización, C.T. e J.T.; metodología, C.T.; software, J.T.; validación, X.N y P.N.; análisis formal, C.T.; investigación, C.T. e J.T.; recursos, C.T.; curaduría de datos, J.T.; revisión, X.N y P.N.; redacción y edición, J.T.; visualización, C.T.; supervisión, X.N.; administración de proyecto, X.N.

Financiamiento: Los autores financiaron a integridad el estudio.

Agradecimientos: Se agradece al Ing. Ricardo Romero por la gestión para conseguir los planos de la institución, al Laboratorista Pablo Sáenz por su acompañamiento con el manejo del esclerómetro.

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

Referencias

- [1] R. Aguiar, "Análisis sísmico de edificios," 2008. [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/279188057>
- [2] E. Porras, "Evaluación de la vulnerabilidad sísmica del edificio de ingeniería de la universidad señor de Sipán, actualizada a la norma E-030 2016," Pimentel, 2018.
- [3] Senplades, Evaluación de los costos de reconstrucción. Sismo en Ecuador - abril 2016. Resumen ejecutivo. Quito: Secretaría nacional de Planificación y Desarrollo, 2016.
- [4] NEC-SE-DS, "Cargas sísmicas-diseño sismo resistente," 2015.
- [5] A. Madan, "Seismic vulnerability of masonry infilled reinforced concrete frame structures," *International Journal of Safety and Security Engineering*, vol. 3, no. 3, pp. 174–183, Sep. 2013, doi: 10.2495/safe-v3-n3-174-183.
- [6] M. Bhandari, S. Bharti, M. Shrimali, and T. Datta, "Assessment of proposed lateral load patterns in pushover analysis for base-isolated frames," *Eng Struct*, vol. 175, pp. 531–548, Nov. 2018, doi: 10.1016/j.engstruct.2018.08.080.
- [7] R. Ainul Hakim, Mohammed Sohaib Alama, and Samir A. Ashour, "Application of pushover analysis for evaluating seismic performance of RC building." [Online]. Available: www.ijert.org
- [8] ATC 40, "Seismic evaluation and retrofit of concrete buildings."
- [9] N. Lagaros and M. Fragiadakis, "Evaluation of ASCE-41, ATC-40 and N2 static pushover methods based on optimally designed buildings," *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, vol. 31, no. 1, pp. 77–90, Jan. 2011, doi: 10.1016/j.soildyn.2010.08.007.

- [10] E. Flores Vega, "Evaluación del desempeño sismorresistente de una edificación mediante Análisis Estático No lineal Pushover: Estudio de caso," *Jornal Boliviano de Ciencias*, vol. 17, no. 50, pp. 56–90, Jun. 2021, doi: 10.52428/20758944.v17i50.20.
- [11] FEMA, "Improvement of nonlinear static seismic analysis procedures FEMA 440," 2005.
- [12] A. Yasin Yusuf, "Static & dynamic analysis of highrise building(b+g+35) by using response spectrum, time history & pushover analysis", doi: 10.13140/RG.2.2.32077.61929.
- [13] ASTM, "Método de ensayo. Determinación del número de rebote en concreto endurecido." [Online]. Available: www.mineco.gob.gt
- [14] Sreening Eagle, "The silverSchmidt reference curve."
- [15] NEC-SE-HM, "Estructuras de hormigón armado," 2015.
- [16] A. Hakim, S. Alama, and S. Ashour, "Seismic assessment of RC building according to ATC 40, FEMA 356," *Arab J Sci Eng*, vol. 39, no. 11, pp. 7691–7699, Oct. 2014, doi: 10.1007/s13369-014-1395-x.
- [17] FEMA, "Prestandard and commentary for the seismic rehabilitation of buildings," Nov. 2000.
- [18] I. Giannopoulos, "Seismic assessment of a RC building according to FEMA 356 and Eurocode 8," Oct. 2009.
- [19] NEC-SE-CG, "Cargas no sísmicas," 2015.
- [20] K. López, J. Ramírez, X. Vera, Ochoa Ignacio, D. Dávila, and R. Etcheverry, "Estudios geológicos-geotécnicos en terrenos destinados a la construcción de una infraestructura universitaria en la ciudad de Azogues-Ecuador," 2013.
- [21] ASCE, "Seismic evaluation and retrofit of existing buildings," pp. 1–500, 2017.



© 2024 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

Reinforcement concrete beams with external steel elements

William Fernando Minchala Velecela ¹  Pilar Roxana Naspud Uruchima ¹  Jaime Xavier Nieto-Cárdenas^{1,2}  Paúl Illescas-Cárdenas ¹ 

¹ Universidad Católica de Cuenca, Academic Unit of Engineering, Industry and Construction; Azogues, Ecuador.

² Universidad Nacional de Colombia, Department of Civil and Agricultural Engineering; Bogotá, Colombia

✉ Correspondence: william.minchala@est.ucacue.edu.ec ☎ + 593 983598434

DOI/URL: <https://doi.org/10.53313/gwj71117>

Abstract: The reinforcement of structural elements is widely practiced worldwide. It can be applied due to deterioration of the concrete, either due to age, change of use, extensions, or updating of the design code. However, it is sometimes used with inappropriate materials or without technical supervision or structural design. The main purpose of this paper is to investigate the method of strengthening based on the external addition of steel elements and to determine its influence on the flexural load-carrying capacity of reinforced concrete (RC) beams. For the same area of external steel, two types of beams are defined: the first one with cold-formed angle sections at the bottom corners, and the second one with a steel plate in the center of the tension face of the beam. The behavior of a total of 12 beams under monotonic and cyclic loading is experimentally studied. The connection was made with post-installed expanding bolts, without adhesives. The configuration that presents adequate results in terms of strength, flexibility, and energy, this obtained with the addition of a steel elements. On the other hand, the use of angled sections, contrary to expectations, reduces the load-carrying capacity and ductility of the section.

Keywords: Reinforcement, reinforced concrete, beams, plates, angles.

1. Introduction

The use of reinforced concrete structures is common in construction due to their economy, strength, tradition, and durability. However, over time, beams may be subjected to greater loads than initially anticipated, material deterioration, cracking due to seismic activity, etc. These variations compromise their structural capacity and jeopardize the safety of occupants and elements of a building.

In response to this situation, external reinforcement of concrete beams has become an effective solution for increasing load capacity. This technique involves adding elements such as angle profiles,



Cita: Minchala Velecela, William Fernando Naspud Uruchima, P. R., Nieto-Cárdenas, J. X., & Illescas-Cárdenas, P. (2024). Reinforcement concrete beams with external steel elements. *Green World Journal*, 7(1), 117.

<https://doi.org/10.53313/gwj71117>

Received: 30/January /2024
Accepted: 30/March /2024
Published: 05/April /2024

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.



© 2024 CaMeRa license, Green World Journal. This article is an open access document distributed under the terms and conditions of the license.

steel plates, or carbon fiber strips to the outer zone of the beam, increasing resistance to different stresses, and improving its structural behavior [1].

The application of external steel members began in the 1960s due to their cost-effectiveness and versatility. Since then, efforts have been made to demonstrate that reinforcing structures externally with steel is an effective technique for increasing strength and achieving suitable performance, to minimize the need to demolish structures with deficiencies [2]–[4].

Primarily, the use of plates and angle profiles for external reinforcement has been of interest. Some studies have focused on analyzing post-reinforcement load capacity, deflection, and the durability of external reinforcement, among other variables, to ensure its effectiveness and long-term durability [5]–[7].

Adding plates has shown significant benefits in responding to different stresses based on certain factors: position, joining method, thickness, plate type, facility, etc. As indicated by [8] and [9], placing lateral plates on reinforced concrete beams allows for a reduction in the quantity and extent of shear cracking. Alfeehan A and Alkerwei H [10], evaluated plate anchorage to a concrete beam using bolts with and without epoxy adhesive and observed that the load capacity effectively increased. However, beams without adhesive failed due to pull-out or connector yielding, not the plate. Aykac and Ozbek [11] tested T-section concrete beams reinforced with perforated steel plates and post-tensioned anchors, obtaining positive results in strength and ductility. Additionally, Oh et al [4], report that both shear stress and tension normal in the layer between the plate and the beam is the main cause of possible premature failure.

On the other hand, adding angle profiles has also demonstrated benefits. For example, Tayeh and Abusharar indicate that reinforcing beams for shear with steel angles improves strength and deflection, delaying shear failure but not preventing it [12].

Considering that external reinforcement with steel elements is widely used today, sometimes even by non-professionals without appropriate materials or technical control, this study focuses on examining the experimental behavior of reinforced concrete beams by adding the same area of external steel, using both plates and L-type profiles (angles). The objective is to experimentally determine the solution that presents the highest load capacity and appropriate structural response. Bolts are used as an anchoring technique without epoxy adhesive. This helps identify the level of safety and structural performance when using this technique and reduces the risks associated with possible structural failures.

2. Materials and methods

To determine the behavior of external reinforcement in reinforced concrete beams, three configurations were tested: i) without external reinforcement (UR) for control, ii) beam with external reinforcement with angles (RL), and iii) beam with external reinforcement with a plate (RP).

2.1 Concrete

The concrete was designed using the ACI [13], method, with a water-cement ratio of 0.46, GU-type cement, coarse aggregate N67 following ASTM C33-18 [14] and fine aggregate. The proportions are provided in **Table 1**. The nomenclature used to define the materials corresponds to: W for water, C for cement, A for sand, and R for gravel.

Compressive strength tests of the samples were conducted on the day of beam tested, following ASTM C39 [15], [16], for cylindrical specimens of 100 x 200mm diameter and length, respectively. The average compressive strength was 29.09 MPa, with a standard deviation (S) of 1.75 and a coefficient of variation (CV) of 6%.

Table 1. Dosage.

Material	Kg/cm ³ of concrete	Kg/bag of cement	Dosage by weight
W	220.8	25.2	8.28
C	438.58	50	16.44
A	717.33	81.8	26.89
R	924.14	105.4	34.64
Total	2300.85		

To address the need for bending reinforcement representation, all beams incorporate a minimum of 4 longitudinal corrugated rods, each with a 6mm diameter (2 at the top and 2 at the bottom). Additionally, 6mm diameter stirrups, spaced 23cm apart, serve as transverse reinforcement, as illustrated in **Figure 2**.

2.2 Reinforcement

To assess the impact of external elements, an equal area of reinforcement is added to the beams. Consequently, two black cold-formed steel angles with equal sides, measuring 40mm in width and 2mm in thickness (L40 x 2mm), and a steel plate, 78mm wide and 4mm thick (PLT 78.0 x 4mm), are selected. The cross-sectional area for each type of reinforcement is 3.12cm². The lengths of both the plate and angles are 90cm, with 5cm reserved at each end until the base support.

Both the angles and plates are anchored to the beams using 8mm diameter, 6.3cm long expander bolts, as depicted in **Figure 1**.



Figure 1. Expanding bolt.

□ Test specimens

A total of 12 beams, each with a cross-section of 10 x 15cm and a length of 120cm, were manufactured. After the reinforced concrete beams underwent 28 days of pool curing, they were dried for 24 hours before proceeding with the placement of the reinforcement.

Four specimens, designated UR-1, UR-2, UR-3, and UR-4, were used as control beams without any additional reinforcement. Another four beams were reinforced in bending with angles at the bottom corners and are identified as RL-1, RL-2, RL-3, and RL-4. Finally, four beams were reinforced with steel plates at the bottom center and are referred to as RP-1, RP-2, RP-3, and RP-4. Each configuration is illustrated in **Figure 2**, **Figure 3** (a) and (b).

□ Experimental study

The prismatic specimens were tested in flexure as simple beams with a load at one-third of the free span, following ASTM C78-18 [17]. All beams were tested on day 34, counted from the date of fabrication.

The beams were painted white, and marked, and a grid with 2.5cm spacing was generated to easily identify the development of cracks. Additionally, supports were placed 10cm from each end,

leaving 1m of free span. Deformations were recorded using a dial gauge located on the top face of the beam. The mounting of the beams in a hydraulic press is detailed in Figure 3 (c).

Specimens UR-1, RL-1, and RP-1 were tested under monotonic loading, applying load progressively until failure to determine the maximum strength and the material behavior under pseudo-static loading.

The remaining beams were subjected to “cyclic” loading (loading and unloading, non-reversible) to identify the response of each configuration to fatigue and strain accumulation over time, simulating seismic events or constant vibration conditions [18], [19].

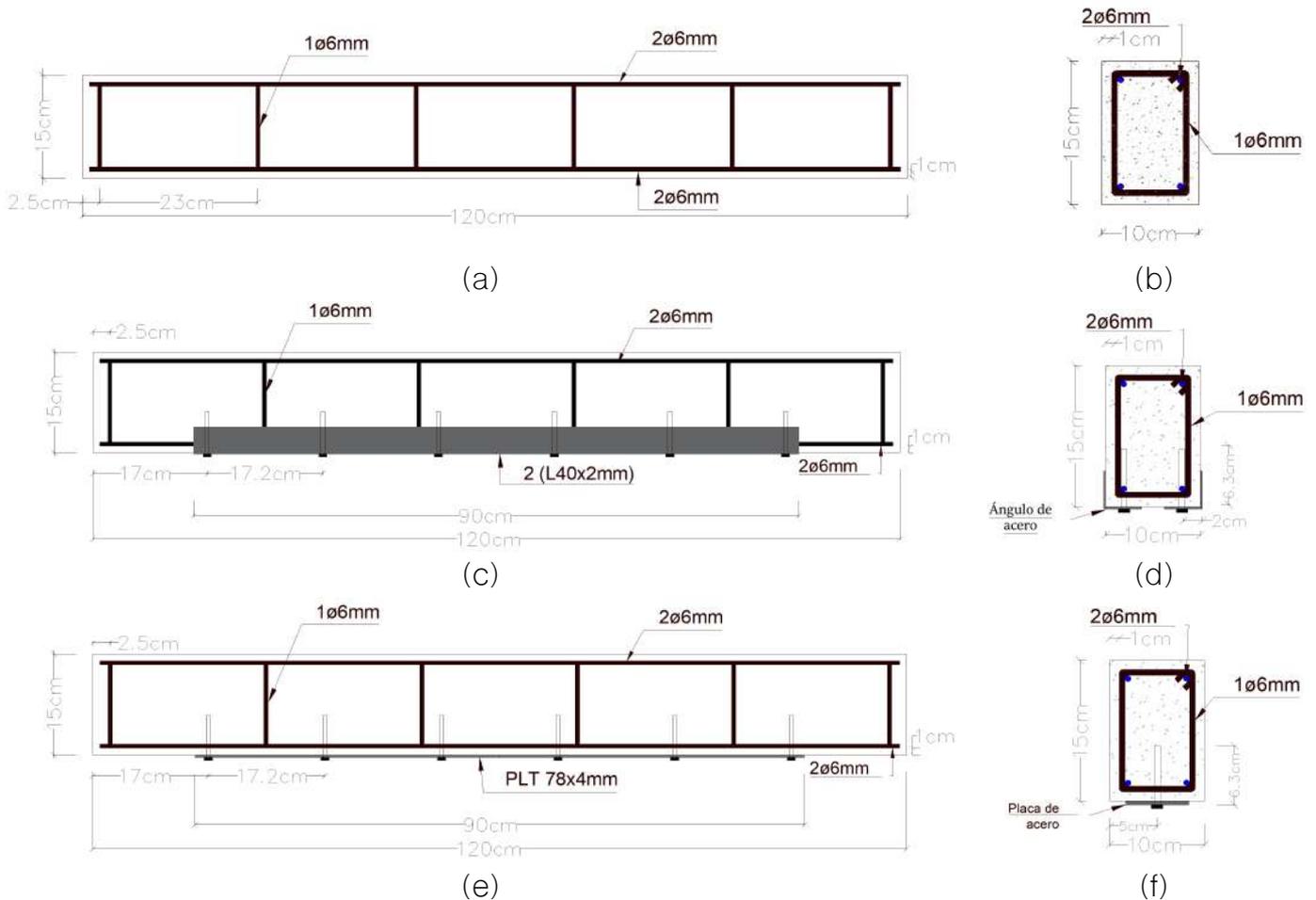


Figure 2. Test specimens: (a) longitudinal section UR, (b) cross-section UR, (c) longitudinal section RL, (d) cross-section RL, (e) longitudinal section RP, (f) cross-section RP.

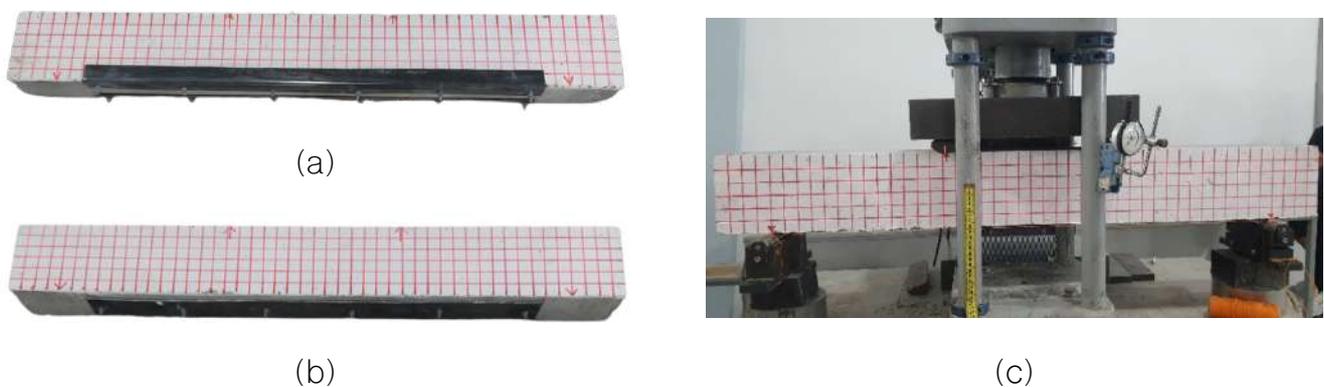


Figure 3. Experimental study: (a) RL beam, (b) RP beam, (c) test setup.

3. Analysis of results

3.1 Monotonic test

The UR-1, RL-1, and RP-1 beams underwent monotonic loading. During each experimental test, the approximate loads at which the first crack occurred were recorded (Cpf) and displacements were recorded as shown **Table 2**.

Table 2. Experimental results for load and displacement values.

Identification	Cpf	Δ
	kN	mm
UR-1	19.18	1.18
RL-1	23.19	1.47
RP-1	24.65	1.92

The decrease in the load-carrying capacity of beam RL-1 is attributed to the damage to the section caused by the drilling of the concrete for the anchorage of the reinforcement, which is located in double rows on the bottom face, as shown in **Figure 3** (a). These drill holes weaken the beam in the tension zone, resulting in concrete cracking and stress concentration points.

The experimental results are detailed in **Table 3**, the displacement at which failure occurs, Δ_{max} , moment capacity (Mn), and ultimate stiffness (Ku). In addition, the bilinear representation proposed by FEMA-356 [20], **Figure 4**, allows the estimation of yield load (Cy), yield point displacement (Δ_y), stiffness in the linear range (Ke), ultimate displacement, and ductility ratio for each type of beam.

Table 3. Experimental results for load and displacement values.

Identification	Monotonic curve						Bilinear representation					
	Lpeak	Variation of Lu	Lpeak0/Lpeak	Δ_{max}	Mn	Ultimate stiffness $K_u=(C_{max}/\Delta_{max})$	Cy	Δ_y	Elastic stiffness $K_e=(C_y/\Delta_y)$	Δ_u	Ductility μ	
	kN	%		mm	kN.m	kN/mm	kN	mm	kN/mm	mm		
UR-1	31.73	-	1	7.5	5.29	4.23	24.6	0.89	27.64	6.00	6.74	
RL-1	29.57	-6.80	0.93	12	4.93	2.46	19.8	0.55	36.00	3.00	5.45	
RP-1	35.74	11.84	1.13	10	5.96	3.57	27.85	0.97	28.71	8.50	8.76	

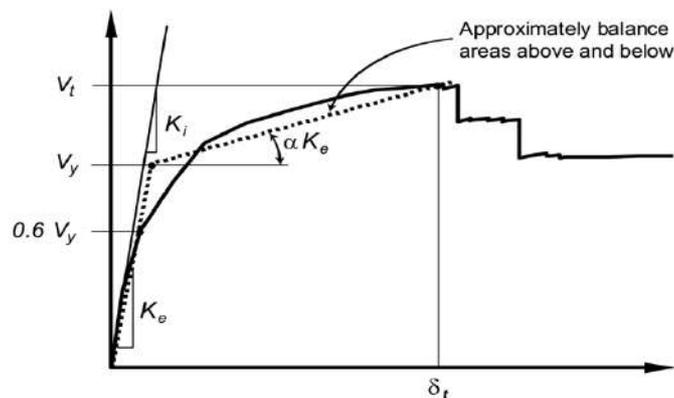


Figure 4. Bilinear representation of the capacity curve [20].

The results of the monotonic tests are depicted in the Load vs Displacement curve for the three specimens and are presented in **Figure 5**. Beam UR-1 demonstrates brittle failure, with cracks and fissures in the central third. Similarly, beams RL-1 and RP-1 showed cracks at the bottom that propagated toward the upper zone as the load increased. However, as shown in **Figure 5**, the beams with RL-1 and RP-1 reinforcement develop greater displacement to failure, thus exhibiting increased ductility compared to UR-1. In particular, beam RL-1 fails in a slow and controlled manner, losing strength as it deforms, and even experiences some stiffening. This indicates that, despite not increasing bearing capacity, this reinforcement provides ductility benefits.

The increase in the load-bearing capacity of the RP-1 beam is attributed to the fact that the number of holes is less than that of the RL beams, enhancing the anchorage between the plate and concrete. This improvement arises because only one row is required on the bottom face, as detailed in **Figure 3** (b). This configuration enhances both load-carrying capacity and ductility.

Additionally, the bilinear idealization allows us to determine and compare the energy dissipated in the linear range and up to the maximum load of each type of beam analyzed by calculating the area under the curve. The results are shown in **Table 4**.

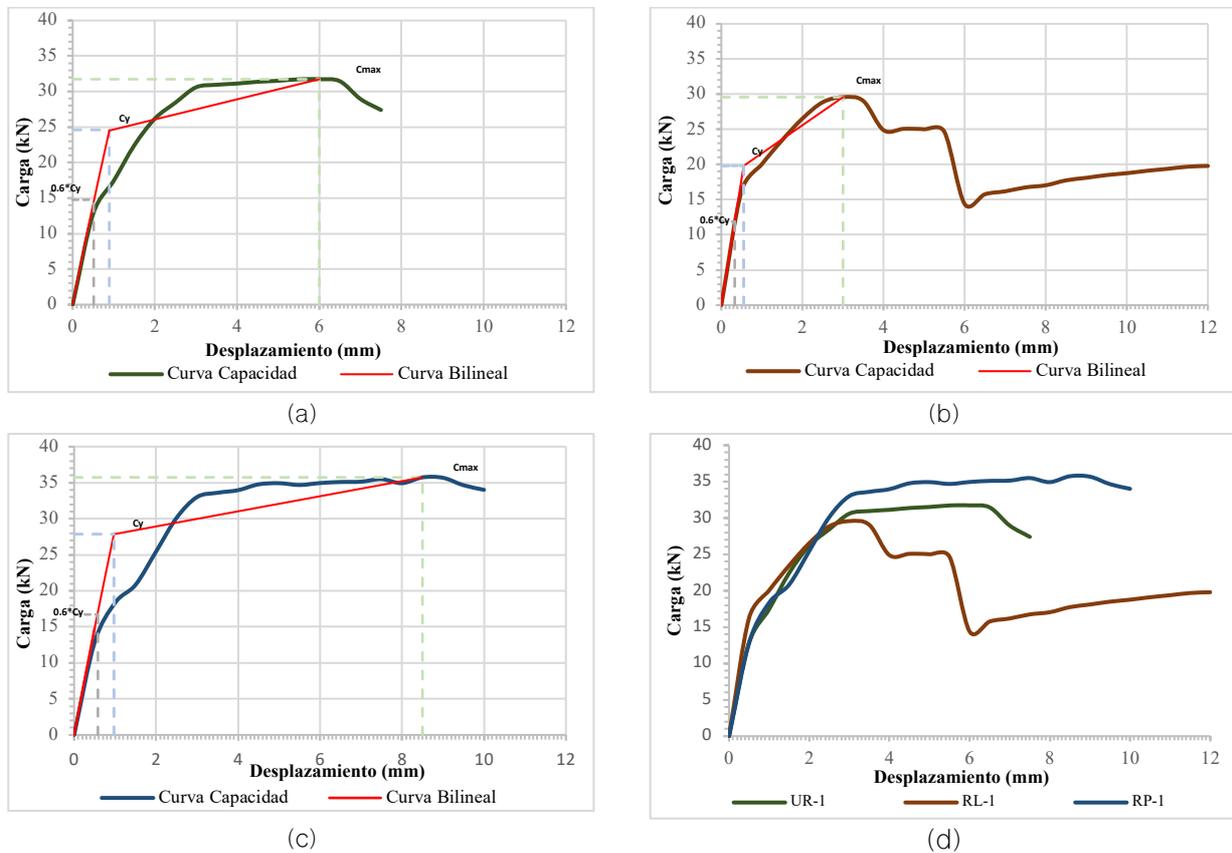
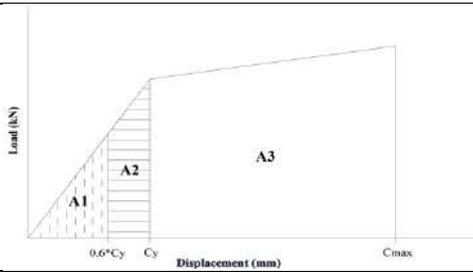


Figure 5. Monotonic response curve: Load vs Displacement (a) UR-1, (b) RL-1, (c) RP-1, (d) comparison of the three types of beams.

Table 4. Energy accumulated

Identification	Energy Dissipated (J)				
	Energy 0.6Cy	Energy Cy	Energy Lu	Range linear	Total Energy
	A1	A2	A3	A1+A2	A1+A2+A3
UR-1	3.76	7.18	143.93	10.95	154.87
RL-1	1.96	3.48	60.48	5.45	65.92



RP-1	4.85	8.66	238.47	13.51	251.98
------	------	------	--------	-------	--------

The configuration that dissipates the most energy is RP-1, followed by UR-1, and finally RL-1. The selected idealization considers straight lines only up to the maximum load, ensuring equal areas above and below these lines. Therefore, in the case of RL-1, the zone of increased deformation as it loses strength, prior to its fracture, is not considered.

3.2 Cyclic testing

The experimental charge and discharge, or cyclic, test is performed three times for each type of configuration and under displacement control. The process consists of the approximate displacement value at which the first crack, Δ , four stages are established (0.25Δ , 0.5Δ , 0.75Δ and 1Δ) that represent the linear or elastic zone. This stage was carried out for three cycles. The process of charging up to one stage and then proceeding to full discharge is referred to as cycling. For the nonlinear or inelastic zone, stages were also defined starting at 2Δ and advancing in 1Δ . For this zone, two cycles were performed in each stage.

Table 5, shows the results of the maximum load reached by each configuration (Lu), maximum displacement (Δ_{max}), moment (Mn), load variation regarding (UR), and ultimate stiffness (K).

The tests conducted on specimens UR-2, UR-3, and UR-4 show a tendency and ductility approximately equal to the monotonic curve UR-1, exhibiting an average maximum load of 31.17kN with a maximum displacement of 7.08mm. Figure 6 presents the results of each cyclic test counterbalanced with the monotonic UR-1 curve. Additionally, in Figure 6 (d), the average cyclic response and its envelope are shown.

Samples RL-2, RL-3, and RL-4 show lower deformation and elasticity compared to RL-1. At stage 3Δ , data collection was interrupted by a jump in the deformation meter, attributed to the fracture of the internal corrugated steel rods. It should be noted that at no time did the external steel elements lose connection with the concrete. This configuration and the monotonic test showed a reduction in its load-carrying capacity of 15.27%, 22.87%, and 3.96% compared to UR-2, UR-3, and UR-4, respectively. The maximum average load is 26.80kN, with a maximum displacement of 5.88mm. Figure 7 shows the cyclic results.

Beams RP-2, RP-3, and RP-4 demonstrate a similar trend to RP-1, increasing the load-carrying capacity by 14.25%, 16.36%, and 2.34% compared to beam UR-2, UR-3, and UR-4, respectively. At stage 3Δ , failure occurs due to the fracture of the internal corrugated steel rods. However, the external plate experiences creep and maintains contact with the concrete. An average maximum load of 34.58kN and a maximum displacement of 7.68mm are estimated. Figure 8 shows the load vs displacement plots of the RP beams.

Table 5. Experimental results for load and displacement values.

Identification	Mn	Lu	Lu0/Lu	Δ_{max}	Ultimate load	Ultimate
	(kN.m)	(kN)			variation	stiffness
				(mm)	(%)	(kN/mm)
	1	2		3	4	5 = (2 / 3)
Cyclical test 1						

UR-2	10.15	30.46	1	5.90	-	5.16
RL-2	8.60	25.81	0.85	4.41	-15.27%	5.85
RP-2	11.60	34.80	1.14	7.68	14.25%	4.53
Cyclical test 2						
UR-3	10.49	31.48	1	7.08	-	4.45
RL-3	8.09	24.28	0.77	4.41	-22.87%	5.51
RP-3	12.21	36.63	1.16	5.76	16.36%	6.36
Cyclical test 3						
UR-4	10.52	31.57	1	7.08	-	4.46
RL-4	10.11	30.32	0.96	5.88	-3.96%	5.16
RP-4	10.77	32.31	1.02	5.76	2.34%	5.61

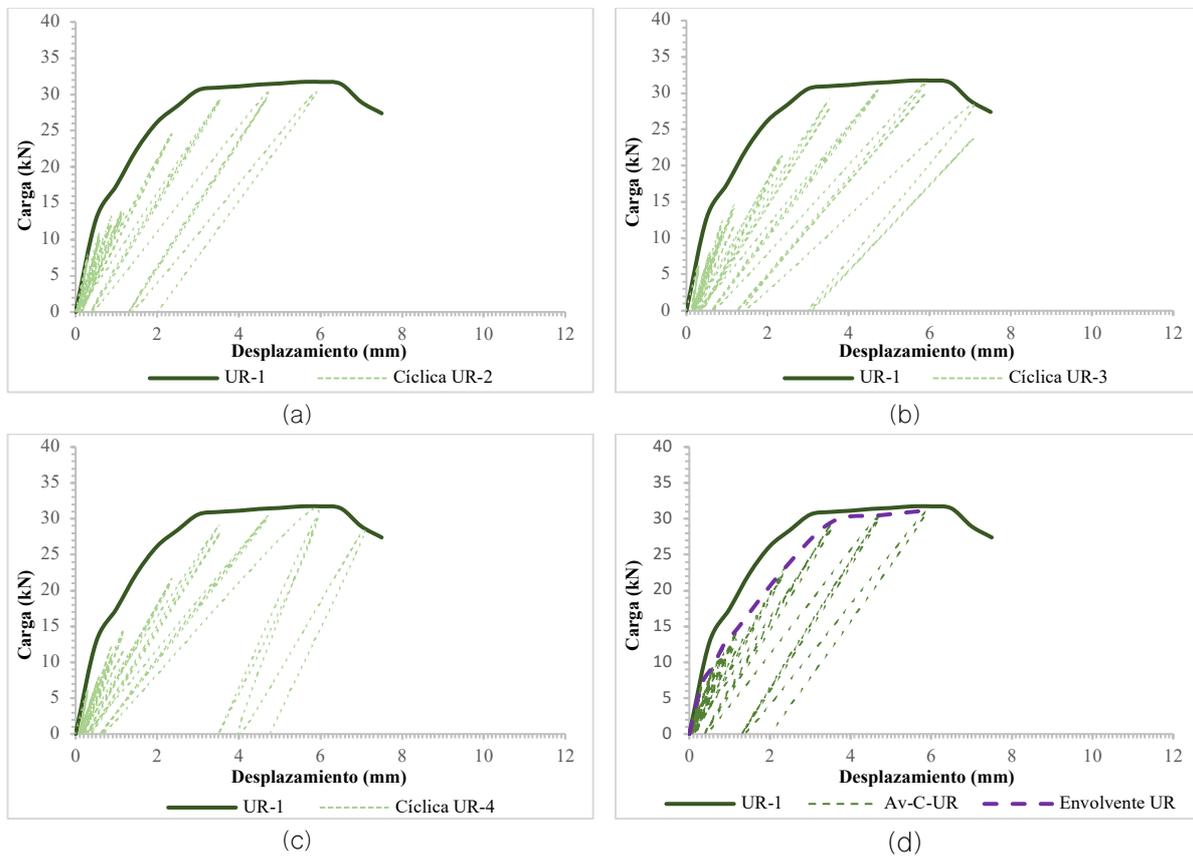


Figure 6. Load vs displacement curve of UR beam: (a) cyclic test 1, (b) cyclic test 2, (c) cyclic test 3 and (d) comparison: average curve of cyclic, envelope, and monotonic tests.

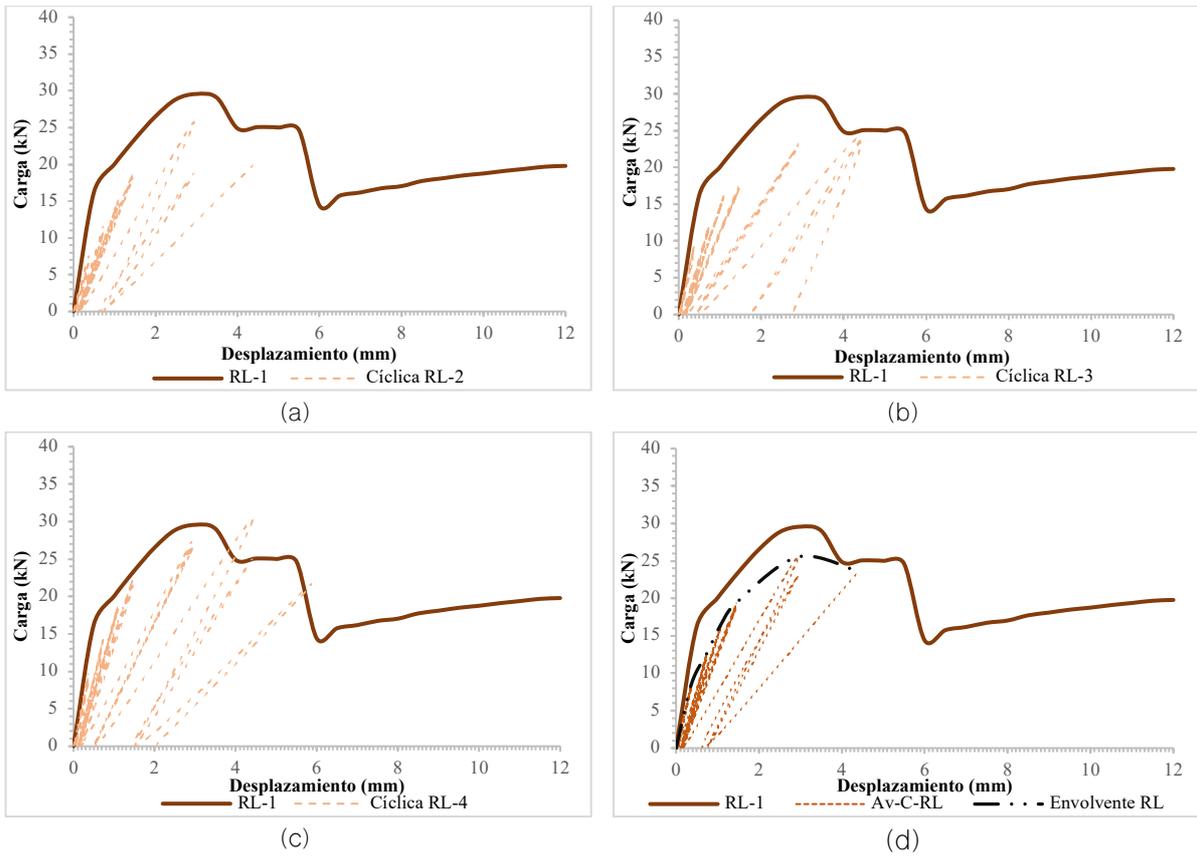


Figure 7. Load vs displacement curve of RL beam: (a) cyclic test 1, (b) cyclic test 2, (c) cyclic test 3 and (d) comparison: average curve of cyclic, envelope, and monotonic tests.

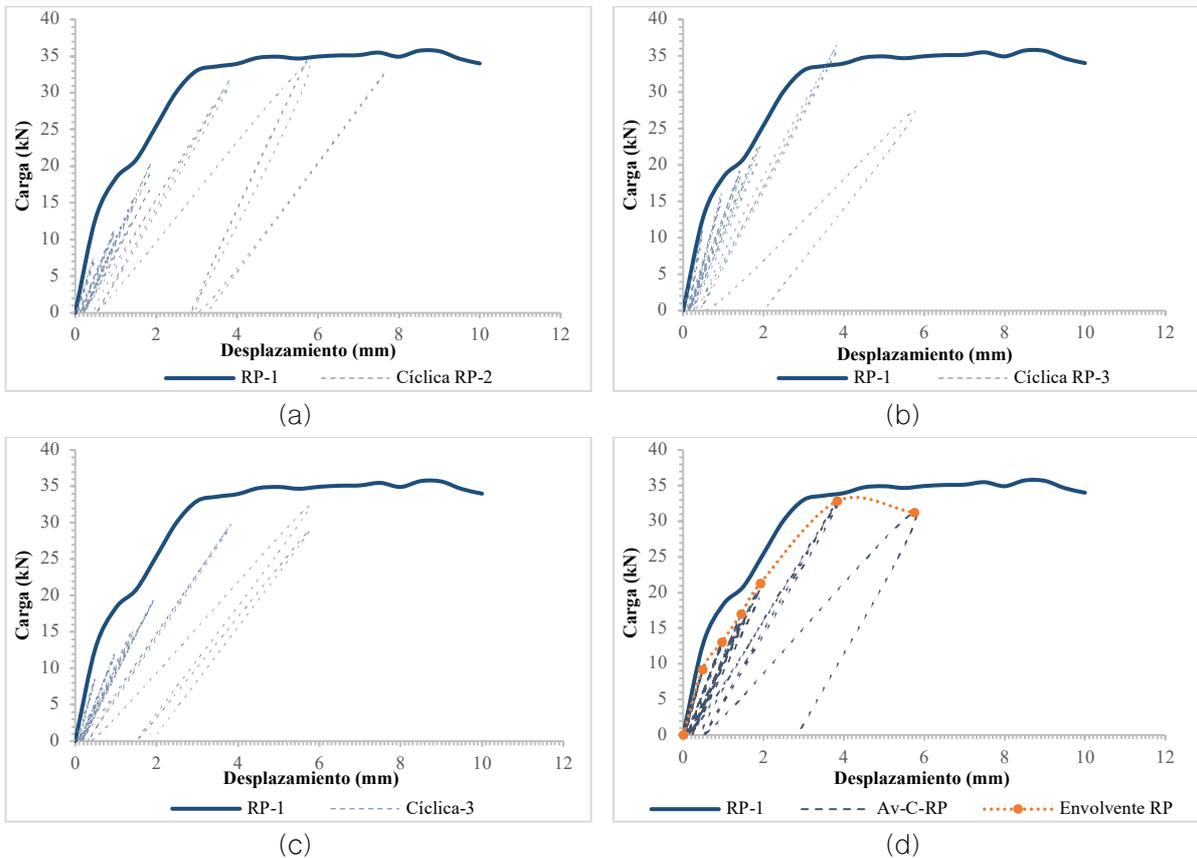


Figure 8. Load vs displacement curve of RP beam: (a) cyclic test 1, (b) cyclic test 2, (c) cyclic test 3 and (d) comparison: average curve of cyclic, envelope, and monotonic tests.

Figure 9, presents the Load vs Deformation curve of beams under monotonic loading and the envelope of the average cyclic response for each type of beam.

It can be observed that the RP-1 beam reaches the highest load capacity both under monotonic and cyclic loading. Furthermore, its pre-failure displacement is greater than that of UR-1. Even during cycling testing, its deformation is similar to that achieved by the UR envelope, with the advantage that the external plate flows next to the concrete beam without damage, even though the internal corrugated rebar reinforcement fails.

The RL-1 beam exhibits greater displacement before reaching failure when subjected to a monotonic load. However, in the cyclic tests, it develops less deformation compared to the UR and RP envelopes. Particularly, this configuration, despite being reinforced, does not increase the load capacity concerning the UR beam under both monotonic and cyclic loading. In this way, it is demonstrated that, despite being a reinforcement technique, it does not directly contribute to flexural resistance.

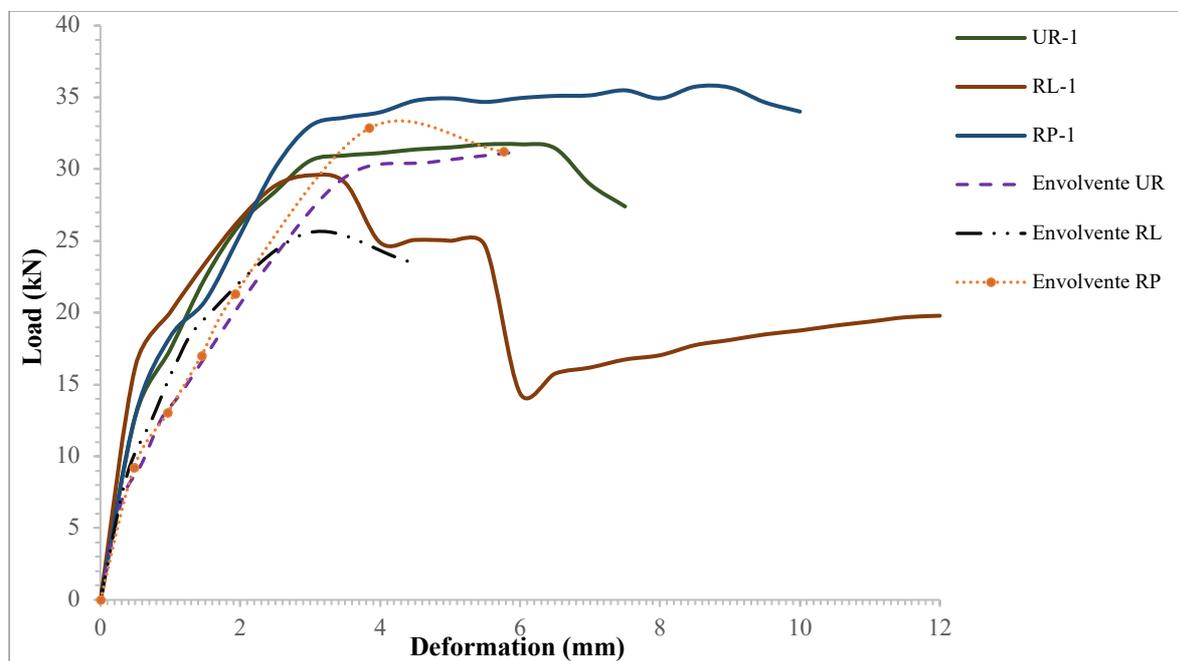


Figure 9. Comparison of monotonic testing with the average envelope of cyclic testing.

3.3. Failure patterns

At the end of each experimental test, the failure modes of each specimen were recorded, as shown in Figure 10. It is clarified that the concrete beams satisfy the minimum shear reinforcement; however, they do not comply with the stipulations in the current regulations regarding the maximum separation of the transverse reinforcement. This is done to demonstrate the need for reinforcement.

The UR beams fail in bending, generating a main crack in the central third, accompanied by additional cracks and the consequent yielding and fracture of the internal corrugated steel rods, as shown in Figure 11.

The beams reinforced with external angles, RL-1 and RL-3, fail in bending, presenting fissures and crack of lesser thickness compared to the UR. However, in the cyclic tests RL-2 and RL-4, they fail in shear, with cracks beginning in areas close to the anchor drilling and extending even to the place where the load is applied. This result is attributed to multiple bolt holes in a small area,

generating a concentration of stress in the surrounding areas, weakening the material, and leading to brittle failure. Additionally, it is observed that the lateral wings of the profile, lacking anchoring, buckle locally and separate from the sides of the RC beam. This particularity is indicated in **Figure 12**.

On the other hand, the beam reinforced with an external plate. RP-1 and RP-3, experiences shear failure, resulting in fractures in the net area of the connection. Specimens RP-2 and RP-4 fail in flexure during the cyclic tests. Although numerically this configuration provides greater load capacity and ductility, the failure mode is uncertain.

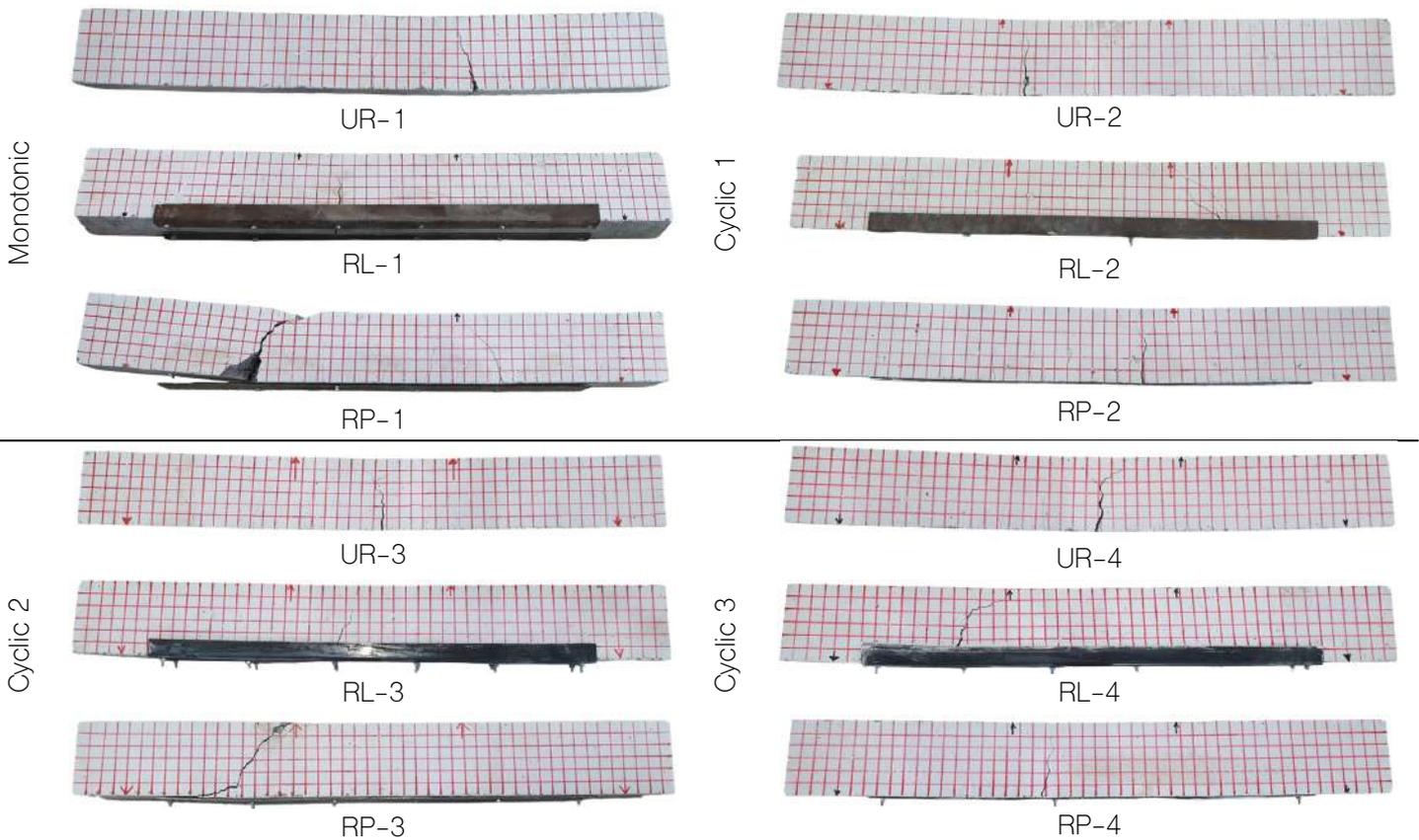


Figure 10. Failure mode of the specimens.



Figure 11. Failure of steel bar.



Figure 12. Flange buckling in RL beam.

RESEARCH ARTICLE

4. Discussion

The discussion of this study highlights that the use of metallic external reinforcement in reinforced concrete (RC) beams can significantly improve their load carrying capacity and ductility. An increase in load carrying capacity and ductility was observed in the RP beam, reinforced at the bottom center, compared to the RL beam, which showed a decrease due to perforations for anchorage of angles. However, although the RP beams performed better under cyclic loading, deficiencies were still observed in the transverse reinforcement that limited ductile failure. These findings highlight the need to optimize the location and methodology of reinforcement to ensure adequate structural response in RC beams.

In addition, the estimation of the energy dissipated during the tests highlights the effectiveness of the RP beam in absorbing extreme loads and prolonging the durability of the structure. However, the importance of addressing deficiencies in transverse reinforcement to improve the response to cyclic loading and ensure the long-term safety of reinforced concrete structures is highlighted. In conclusion, this study emphasizes the need for careful planning and design in the implementation of external steel reinforcement to maximize its effectiveness and ensure the structural integrity of RC beams.

5. Conclusions

To identify the contribution to the safety and load capacity of RC beams with the addition of external metal reinforcements, two types of beams, denoted as RL and RP, were analyzed through monotonic loading and cyclic loading tests. Based on the results and observations obtained in this experimental study, the following conclusions can be deduced:

- Under monotonic loading, the beam reinforced with a plate in the center of the bottom face, RP, increases the load capacity by 11.84% and the ductility by 1.3%. This behavior is attributed to the fact that it is a non-invasive method, requiring a smaller number of perforations for anchoring the plate.
- In the monotonic test, the RL beam demonstrates a loss in load capacity and ductility of approximately 6% and 19%, respectively, due to the damage caused by the number of perforations in the concrete for anchoring the angles, which weakens the section and affects its resistance.
- Under cyclic loading, the RP specimens exhibit better behavior compared to the RL-type beams. They show increased resistance and displacement before failure. However, due to the deficiency in transverse reinforcement of the RC beams, it is not possible to guarantee ductile failure with this configuration.
- Through bilinear idealization, it is estimated that RP, with 251.98J, dissipates more energy due to its deformation capacity, while RL, with 65.92J, presents less energy dissipation than the UR control beam with a value of 154.87J.
- The RP reinforcement method demonstrates superior structural behavior compared to the RL configuration. Therefore, it is recommended to optimize the plate reinforcement methodology to prevent the formation of brittle failures and make it a safe technique applicable to reinforced concrete structures.

6. Recommendations

As a complementary study, it is recommended to investigate the behavior of RL beams with a reduced number of anchors in the tension zone, including the exploration of lateral anchors to enhance the beam–reinforcement connection. On the other hand, another option is test with other kind of anchors such as adhesive admixtures that allow the steel elements to be joined to the concrete beam in a continuous bond.

Author's contributions: The contribution of the author, W.M, stands out for his crucial role in the execution of experiments, strategic planning, data analysis and writing of the article, demonstrating an ethical commitment at each stage. P.N and X.N, contributed their experience in the bibliographic search, data review and improvement of the writing, thus strengthening the quality and credibility of work. P.I improvement of the writing. The synergy between student and teachers resulted in an article that effectively combines practical experience and academic knowledge, offering a solid contribution to the field of study.

Funding: The authors fully funded the study.

Conflicts of interest: The authors declare that they have no conflict of interest.

References

- [1] Deghenhard C, Teixeira T, Vargas A, Vito M, Piccinini A, and Do Vale Silva B, “Análisis experimental de distintas configuraciones de chapa metálica en el refuerzo a flexión de vigas de concreto armado,” *Revista de la Asociación Latinoamericana de Control de Calidad, Patología y Recuperación de la Construcción*, vol. 8, 2016.
- [2] J. J. Cruz Solís, “Estudio del anclaje por adherencia y el comportamiento a flexión de refuerzos con laminados de fibras de carbono en elementos estructurales de hormigón armado,” Barcelona, 2015.
- [3] F. A. Flores Chocano, “Proceso de reparación y reforzamiento de estructuras construidas con sistemas duales que presentan deficiencias estructurales,” Lima, 2018.
- [4] B. H. Oh, M. Asce, ; Jae, Y. Cho, and D. G. Park, “for Strengthened Concrete Members with Steel Failure Behavior and Separation Criterion Plates”, doi: 10.1061/ASCE0733-94452003129:91191.
- [5] Tankut Tugrul and Arslan Mehmet, “Behaviour of reinforced concrete beams strengthened by epoxy-bonded steel plates,” *Chamber Civ.Eng.*, pp. 176–185, 1992.
- [6] S. Aykac, B. Aykac, I. Kalkan, and E. Ozbek, “Strengthening of RC T-beams with perforated steel plates,” *Magazine of Concrete Research*, vol. 65, no. 1, pp. 37–51, Jan. 2013, doi: 10.1680/macr.12.00004.
- [7] A. Gul et al., “Strengthening and Characterization of Existing Reinforced Concrete Beams for Flexure by Effective Utilization of External Steel Elements,” *Advances in Structural Engineering*, vol. 24, no. 2, pp. 243–251, Jan. 2021, doi: 10.1177/1369433220950614.
- [8] M. Zamin Jumaat and M. Ashrafal Alam, “Behaviour of U and L Shaped End Anchored Steel Plate Strengthened Reinforced Concrete Beams,” Malaysia, 2008. [Online]. Available: <http://www.eurojournals.com/ejsr.htm>
- [9] S. Altin, Ö. Anil, and M. E. Kara, “Improving shear capacity of existing RC beams using external bonding of steel plates,” *Eng Struct*, vol. 27, no. 5, pp. 781–791, Apr. 2005, doi: 10.1016/j.engstruct.2004.12.012.

- [10] A. A. Alfeehan and R. H. Alkerwei, "Strengthening Of R.C. Beams by External Steel Plate Using Bonded and Unbonded Connectors," *Engineering and Technology Journal*, vol. 33, no. 1A, pp. 90–100, Jan. 2015, doi: 10.30684/etj.33.1A.8.
- [11] S. Aykac, B. Aykac, I. Kalkan, and E. Ozbek, "Strengthening of RC T-beams with perforated steel plates," *Magazine of Concrete Research*, vol. 65, no. 1, pp. 37–51, Jan. 2013, doi: 10.1680/mac.12.00004.
- [12] A. Tayeh and S. Abusharar, "A Comparative Study on the Strengthening of RC Beams with Steel Plates and Steel Angles," 2018. [Online]. Available: www.iiste.org
- [13] Sánchez de Guzmán Diego, "Tecnología del concreto y del mortero," *Biblioteca de la construcción*.
- [14] American Society for Testing and Materials, "Standard Specification for Concrete Aggregates," 2019, doi: 10.1520/C0033_C0033M-18.
- [15] American Society for Testing and Materials, "Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens 1," Estados Unidos, 2019.
- [16] H. Parung, M. Tumpu, M. W. Tjaronge, A. Arwin Amiruddin, M. A. Walenna, and Mansyur, "Crack Pattern of Lightweight Concrete under Compression and Tensile Test," *Annales de Chimie: Science des Matériaux*, vol. 47, no. 1, pp. 35–41, Feb. 2023, doi: 10.18280/acsm.470105.
- [17] American Society for Testing and Materials, "Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Third-Point Loading)," 2019, doi: 10.1520/C0078_C0078M-18.
- [18] S. Xiao, J. Li, and Y. L. Mo, "Effect of loading rate on cyclic behavior of reinforced concrete beams," *Advances in Structural Engineering*, vol. 21, no. 7, pp. 990–1001, May 2018, doi: 10.1177/1369433217737114.
- [19] A. P. R. Vaz, I. A. E. Shehata, L. C. D. Shehata, and R. B. Gomes, "Behaviour under cyclic loading of strengthened beams," *Revista IBRACON de Estruturas e Materiais*, vol. 10, no. 6, pp. 1245–1272, Nov. 2017, doi: 10.1590/s1983-41952017000600007.
- [20] FEMA-356, "Prestandard and commentary for the seismic rehabilitation of buildings," 2000.



© 2024 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

Competencias directivas para un liderazgo eficiente en el Nivel Inicial

Diana Patricia Samaniego Torres 1  Gloria Noemí Jumbo Salinas 2 

¹ Universidad Nacional de Loja (UNL), Facultad de la Educación, el Arte y la Comunicación; Loja, Ecuador, C.O: 110103.

² Universidad Nacional de Loja (UNL), Unidad de posgrado; Loja, Ecuador, C.O: 110103.

✉ Correspondencia: diana.p.samaniego@unl.edu.ec 📞 + 593 967894182

DOI/URL: <https://doi.org/10.53313/gwj71118>

Resumen: La formación profesional en los estudiantes de la Carrera de Educación Inicial de la UNL, requiere de un análisis minucioso en el desarrollo de las diferentes asignaturas. Es importante revisar algunas temáticas que permitirán fortalecer el perfil profesional de los estudiantes, quienes aspiran a ocupar cargos directivos de las instituciones de Nivel Inicial, se compararán los aportes teóricos de algunos autores expertos en el tema. El objetivo primordial es analizar el perfil de egreso del estudiante de Nivel Inicial en competencias directivas durante su formación profesional, para ello se aplicará una metodología cualitativa, a través de una revisión minuciosa de artículos científicos y bibliografía sobre la temática, cuyos resultados contribuirán a mejorar los componentes de aprendizaje en las diferentes asignaturas, asumiendo la importancia de direccionar las instituciones del Nivel Inicial con conocimientos sólidos que coadyuven a mejorar el perfil del profesional que asume la administración de éstos centros educativos.

Palabras claves: educación; gestión; liderazgo; competencias directivas; formación.

Title english

Abstract: Professional training in students of the UNL Initial Education Career requires a thorough analysis in the development of the different subjects. It is important to review some topics that will strengthen the professional profile of students, who aspire to occupy management positions in Initial Level institutions. The theoretical contributions of some expert authors on the subject will be compared. The primary objective is to analyze the graduation profile of the Initial Level student in management skills during their professional training. To do this, a qualitative methodology will be applied, through a thorough review of scientific articles and bibliography on the subject, the results of which will contribute to improve the learning components in the different subjects, assuming the importance of directing the Initial Level institutions with solid knowledge that helps improve the profile of the professional who assumes the administration of these educational centers.

Keywords: education; management; leadership; managerial powers; training.

Green World Journal /Vol 07/ Issue 01/117/ January - April 2024 /www.greenworldjournal.com



Cita: Samaniego Torres, D. P., & Jumbo Salinas, G. N. (2024). Competencias directivas para un liderazgo eficiente en el Nivel Inicial. *Green World Journal*, 7(1), 118. <https://doi.org/10.53313/gwj71118>

Received: 30/January /2024

Accepted: 30/March /2024

Published: 04/April /2024

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.



© 2024 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

Las competencias directivas en la formación profesional de los estudiantes de nivel superior, se la desarrollará en la Carrera de Educación Inicial de la Universidad Nacional de Loja, es de trascendental importancia su estudio ya que radica en la necesidad de entender y mejorar la preparación de futuros educadores, quienes desempeñarán un papel crucial en la calidad educativa y el liderazgo institucional, el propósito de esta investigación requiere comprender e identificar la formación de funciones directivas en el ámbito educativo ecuatoriano, incentivando la búsqueda de soluciones para fortalecer las habilidades y competencias directivas de los profesionales en formación.

La formación docente y el desarrollo de competencias directivas emergen como elementos cruciales en el panorama educativo contemporáneo. Esta investigación se sumerge en el contexto de la Universidad Nacional de Loja, centrándose específicamente en los estudiantes de la carrera de Educación Inicial. La premisa fundamental que impulsa esta indagación es la convicción de que la preparación de docentes no solo impacta en su efectividad individual, sino que también juega un papel determinante en la calidad de la educación impartida y, por ende, en la vida de los profesionales en formación.

En Ecuador, las competencias directivas en los centros educativos generalmente lo hacen docentes aliados a una línea política compatible con el gobierno, sin considerar su perfil o preparación académica para cumplir de manera eficiente con el rol asignado. Esas debilidades en la gestión escolar de competencias directivas evidencian un declive en cuanto a la calidad educativa, así como también contradice lo que respalda la LOEI, que para ser directivo de las instituciones educativas se debe cumplir con cierto perfil que la mayoría no lo cumple.

Otros estudios como con el objetivo de evaluar el impacto de la formación de directores, reconocen de la necesidad de las competencias directivas en el perfil docente, en tanto se genera impacto en la calidad y el rendimiento en la organización escolar. Además de que gracias al desarrollo de competencias directivas es posible consolidar un clima laboral favorable, donde se fomente la cooperación, con mayores posibilidades de preparación, desarrollo y ejercicio en el espacio de trabajo [1].

De lo mencionado se reconoce la necesidad de ahondar en las competencias directivas desde el perfil profesional docente, a lo que suma el estudio de Vargas, quien reconoce que las experiencias de Europa, Estados Unidos y América Latina, no han logrado concretar perfiles para responder a este contexto, y más bien se reflejan bajos perfiles académicos y por ende la necesidad de ahondar en llevar los conocimientos teóricos a situaciones concretas y rescatar procesos de integración entre la salida de formación inicial y la entrada al trabajo docente, es decir ahondar en la experiencia que el docente pueda alcanzar [2].

Estos argumentos también se respaldan desde el planteamiento de autores como Torres y Lozano, quienes afirman que la formación de los docentes debe apuntar a un cambio de modelo, que permita trascender hacia el ámbito sociocultural, el talento humano, el conocimiento y su aplicación, entre otros [3].

Es necesario acotar que el objetivo de este trabajo investigativo es valorar el nivel de competencias directivas adquiridas por los estudiantes de la carrera de Educación Inicial en la Universidad Nacional de Loja durante su formación profesional. Ahondar en este tipo de temáticas permite reconocer la complejidad de la labor docente en la actualidad, además de responder a una necesidad generacional en la cual se evidencian diferentes comportamientos y contextos desde los estudiantes

2. Materiales y métodos

Los materiales y métodos deben describirse con suficientes detalles para que otros puedan reproducirse y basarse en los resultados publicados. Tenga en cuenta que la publicación de su manuscrito implica que debe poner a disposición de los lectores todos los materiales, datos, código informático y protocolos asociados con la publicación. Sírvase revelar en la etapa de presentación cualquier restricción sobre la disponibilidad de materiales o información. Los nuevos métodos y protocolos deben describirse en detalle, mientras que los métodos bien establecidos pueden describirse brevemente y citarse adecuadamente. Por lo general es recomendable separar en dos secciones:

2.1 Área de estudio

Para la presente investigación, se ha considerado la Carrera de Educación Inicial de la Universidad Nacional de Loja, Facultad de la Educación el Arte y la Comunicación, así como también docentes que ejercen cargos directivos y corresponden al Distrito de Educación 11D01 Loja zona 7, circuito C08_15_19.

1.2 Métodos

Para el desarrollo del presente trabajo de investigación, se emplea una metodología cualitativa, a través de una revisión minuciosa de artículos y bibliografía netamente específica sobre las competencias directivas en la formación de profesionales de los estudiantes de la Carrera de Educación Inicial. Se considera un análisis de varios estamentos que permiten obtener una visión más amplia del tema de estudio: formación docente, liderazgo profesional, teorías de liderazgo, enfoques y modelos de liderazgo, competencias de liderazgo, entre otros. Las bases de datos utilizada para la revisión bibliográfica de los últimos años se remiten a: Latindex, Scopus, Scielo, Dialnet, ERIH, Google Scholar, Redalyc, CiteSeerX, Web of Science.

A través de la revisión de información, se pretende hacer un análisis con argumentos sobre el tema y determinar la importancia de las competencias directivas en la formación académica de los profesionales de Educación Inicial, para contribuir al fortalecimiento de los módulos de estudio en los distintos niveles de organización curricular de la carrera, así como también mejorar la administración y dirección de los centros de Educación Inicial.

3. Resultados y discusión

3.1 La formación docente

Como punto de partida se reconoce a la formación docente como un proceso de capacitación y desarrollo profesional de las personas que desean involucrarse en la docencia o que se encuentren en este campo. Esta formación está diseñada para dotar a los futuros docentes de las habilidades, conocimientos y competencias necesarias para enseñar de manera efectiva a estudiantes en diferentes niveles educativos, desde la educación infantil hasta la educación superior. A decir de Sánchez y Steinert, la formación docente se enfoca precisamente "en mejorar las habilidades del profesorado para la enseñanza. Es necesario comprender que la formación docente no mantiene una única definición y aportes como lo que manifiesta el autor mencionado quien hace hincapié en aportes como el de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura UNESCO que precisa de la formación docente como "el proceso continuo de aprendizaje profesional, en el cual los docentes reflexionan, mantienen y desarrollan sus

conocimientos y habilidades”, o a su vez “la educación para el docente antes que se integre al aula” sin dejar de lado que es un proceso que puede mantenerse a lo largo de la vida. [4].

Por su parte Sánchez, define a la formación docente como un proceso que se ejecuta de forma permanente, y que además es dinámico, complementario, multidimensional y engloba varios elementos como “la disciplina y sus aspectos teóricos, metodológicos, sistemáticos, psicológicos y sociales” [5]. Desde esta concepción permiten precisamente la profesionalización en el ámbito de la educación. Este tipo de formación prepara al docente para responder a los diferentes niveles educativos y a las diferentes modalidades que se presentan en el sistema educativo.

Para la consolidación de programas de formación docente existen una serie de métodos y técnicas que se reflejan en diplomados, certificaciones, cursos, talleres, masterclass, entre otros. Estos pueden ser aplicados de forma individual o grupal, y suceden desde la identificación de necesidades de aprendizaje del sector. A decir de Bonilla y Morillo, a través de la formación docente se asume el presente “con compromiso pedagógico, ético y social para ir al encuentro con el futuro” [6]. Este proceso permite y debe garantizar la educación para todos, en cuanto la formación sucede en ámbitos cognitivos, pero también de respuesta a los escenarios actuales de la educación.

La formación docente en la nueva era del conocimiento debe estar acorde a la innovación educativa, por lo dichos procesos preprofesionales propone hacer uso de distintas herramientas tecnológicas en el proceso de enseñanza y aprendizaje, así como también en ámbitos de gestión educativa. Los procesos de mejoramiento en el nivel formativo que se presenta a lo largo de la carrera profesional del docente, deben considerar que las metodologías educativas y las necesidades de este sector evolucionan con el tiempo, además de los cambios generacionales, que replantean el sistema académico. Es importante también considerar que el proceso de formación que adquiere el estudiante universitario busca dar respuesta y solución a dificultades o problemas en el que este inmerso dentro de un contexto educativo ya sea en sus tres niveles del Sistema Educativo Nacional, ante ello es necesario replantear al profesional en formación para que este desarrolle habilidades y destrezas con la finalidad de construir nuevos escenarios de aprendizaje.

Adicional a lo planteado, también se incorpora lo señalado por Salazar y otros, frente a la formación docente, quienes enfatizan sobre los modelos de formación, los cuales deben “ser reformados a partir de los nuevos planteamientos de la sociedad del conocimiento, para responder a la innovación y a la resolución de problemas del contexto inmediato” [7]. De esta manera debe atenderse, desde la formación docente, a las exigencias del mercado y de las actuales generaciones, así como de los sistemas, métodos e instrumentos a utilizar en el proceso de formación.

3.1.1 Importancia de la formación docente

A decir de Martínez, tanto la teoría como la práctica educativa, son conceptos que han ido evolucionando a lo largo de la historia. En general, la sociedad puede entender la teoría como un conjunto de conocimientos, leyes, explicaciones o relatos ofrecidos o no por el profesorado que buscan ser comprobados, a diferencia de la práctica, que principalmente es donde se comprueba toda esa información a través de las experiencias vividas al realizar determinadas funciones [8]. De acuerdo a lo expuesto en el párrafo de Martínez se puede manifestar que la formación del docente debe ser de manera integral, es decir desde la concepción de sus conocimientos y valores se puede determinar tres competencias básicas en su formación como el saber ser, el saber hacer y el saber actuar, es decir formarse de manera integral para que de esa manera pueda convertirse en un ente útil a la sociedad formando niños y jóvenes con destrezas, capacidades y habilidades que les permita continuar con un formación profesional acorde a sus necesidades.

Es importante también considerar la opinión del autor Chehaybar, quien manifiesta que es importante la formación docente ya que es un proceso permanente, dinámico, integrado,

multidimensional, en el que convergen, entre otros elementos, la disciplina y sus aspectos teóricos, metodológicos, epistemológicos, didácticos, psicológicos, sociales, filosóficos e históricos, para lograr la profesionalización de la docencia [9].

3.1.2 Ámbitos de formación en la docencia

La formación en la docencia abarca diversos ámbitos que se centran en preparar a los educadores para enfrentar los desafíos de enseñar de manera efectiva. Desde el planteamiento de Burga, menciona que la formación docente incorpora aspectos alineados al derecho y al ámbito social e informativo. Se valida como eje principal la figura del docente y los mecanismos de enseñanza-aprendizaje, de tal manera que se aborde una formación integral. Estos ámbitos proporcionan una base sólida para la formación en la docencia y ayudan a los educadores a desarrollar las habilidades y competencias necesarias para tener un impacto positivo en el aprendizaje de sus estudiantes.

El autor determina el ámbito de formación pedagógico quien explica que la pedagogía se aleja hoy de enfoques simplificados y se transforma en una ciencia compleja. Dicha complejidad se relaciona con la centralidad de la persona en toda actividad pedagógica, la misma que ya no se define como receptora de conocimientos, sino que requiere de una participación consciente e integral para que ocurra el aprendizaje.

El ámbito disciplinar es otro aspecto muy importante a ser considerado ya que el ejercicio de la docencia y el reconocimiento del docente como intelectual, productor de conocimiento, trabajador y promotor de cultura, pasa necesariamente por la construcción de un cuerpo de conocimiento profesional de carácter académico, disciplinar, que le dé soporte.

El ámbito tecnológico hace referencia a la diversificación que han sufrido las formas de enseñanza en los últimos años debido a las demandas de la sociedad y a la evolución tan rápida que han tenido las TIC ha llevado a los docentes a afrontar nuevos desafíos y aprendizajes que permitan la incorporación de las TIC en el proceso de enseñanza-aprendizaje. [10]. Es muy importante reconocer que en la formación docente tiene espacios muy serios en su proceso formativo ya que asume una gran responsabilidad en la sociedad, y por ende los resultados se reflejarán en el comportamiento, actitud y ética con la que desarrolla un proceso formativo con los niños y jóvenes de un país.

3.1.3 Necesidades de formación docente para cargos directivos

La formación docente para cargos directivos, como directores de centros de Educación Inicial o líderes educativos, requiere un conjunto específico de necesidades formativas para preparar a los educadores para asumir responsabilidades de liderazgo, en tanto estas se orientan a consolidar estrategias que guíen y motiven a grupos de personas, que el día de mañana responderán como profesionales. Aportes como el de Sandoval y Estupiñán, reconocen la necesidad de formación de directivos, la cual ha tomado relevancia en los últimos años, en cuanto el buen liderazgo puede llegar a desembocar en la mejora de la calidad de educación [11].

Para Muñoz y Román, reconocen que quienes están en cargos directivos se enfrentan a una importante "demanda de aprendizaje y actualización en temas de gestión directiva, didáctica, pedagogía y educación axiológica" [12], frente a este escenario es de transcendencia la formación docente que se concrete, considerando por un lado la educación formal en universidades o afines, y su combinación con el trabajo de aprendizaje personal o autónomo. Esta tarea debe ser recogida por el gobierno, de tal manera que se cuenten con escenarios de formación continua para los docentes, quienes deben comprender que su perfil puede asumir nuevos roles, los cuales también deben compaginar con las necesidades identificadas en territorio. Es importante recordar que, a

través de la formación, el perfil docente puede acceder a conocimientos sobre la gestión directiva, gestión de la comunidad, gestión financiera y gestión académica; que en su conjunto permiten construir una propuesta integral para abordar y mejorar el sistema educativo. Adicional a lo mencionado, es válido comprender que estas necesidades de formación no solo suceden en escenarios formales, sino también en espacios en los cuales se trabaje de forma autónoma, desde la posibilidad de responder a la necesidades personales y proyecciones profesionales.

Así también se recoge el planteamiento de Camarero, quien afirma que “con una buena formación para el cargo se consigue una mejora en el desempeño” [13]. En este sentido, la formación debe orientarse al tipo de liderazgo que se busca conseguir, considerando aspectos ligados a la innovación, la comunicación y la participación activa. La formación docente para cargos directivos también debe responder a un escenario que se hace visible en determinados establecimientos educativos, y esto corresponde a los reclamos de directivos y docentes.

En cuanto a los criterios de Weinstein, manifiesta que al hablar de formación docente para directivos se direcciona al término líderes educativo, cuyo espacio de capacitación debe disponer de determinadas características, entre ellas tenemos: poner en práctica conocimientos adquiridos para directivos, relacionarse con otros actores del sector educativo, de manera primordial con quienes están al frente de centros de Educación Inicial, estar constantemente evaluando el proceso de su administración, desaprender para aprender, innovar en conocimientos y en competencias administrativas, hacer uso de las tecnologías acordes a la educación. [14]. De esta manera se complementan procesos administrativos, gerenciales y de respuesta a los nuevos escenarios de formación. Además, este tipo de formación va ganado terreno e incluso existen establecimientos que obligan la formación de directivos en aspectos como gestión y administración educativa para liderar centros escolares y que se evidencie las fortalezas con su preparación y conocimientos adquiridos.

3.2 Liderazgo profesional docente

El liderazgo profesional docente corresponde la capacidad de este perfil profesional para ejercer precisamente liderazgo efectivo en el ámbito de educación, más allá de su rol en el aula, lo que insiste en asumir responsabilidades y habilidades adicionales para influir de forma positiva en el grupo de estudiantes. Este tipo de liderazgo no se limita solo a los directores de escuela o administradores, sino que se extiende a los maestros y profesores que desempeñan un papel activo en la mejora de la enseñanza y el aprendizaje.

Como punto de partida, la Real Academia Española, señala al perfil del líder como la “persona o entidad que dirige o conduce un partido político, un grupo social u otra colectividad” . A partir de ello, el liderazgo corresponde a la acción que ejecuta el líder, para orientar, guiar, llevar adelante y cumplir objetivos desde la dirección de un grupo, independientemente del ámbito o disciplina.

Para Espinel, señalan que el liderazgo ha cambiado en el tiempo, y frente a ello el líder crea estrategias para aprovechar, desarrollar y motivar las capacidades del grupo [15]. El buen líder está en la capacidad de explorar e incrementar las habilidades y competencias de las personas y con ello aportar a lo social, emocional y económico, tanto del individuo como del grupo. En el escenario profesional, la búsqueda permanente atiende a explotar los aspectos positivos del grupo, cuya contribución se refleja en la reproducción adecuada de proyectos y resultados efectivos.

A través del liderazgo profesional docente es posible consolidar una nueva propuesta de trabajo con los estudiantes, concebir espacios proactivos y creativos en los cuales el proceso de enseñanza-aprendizaje se dinamice. Desde la opinión del Salto, se precisa que el liderazgo docente, hoy en día es parte de la respuesta a los cambios y transformaciones a los que se enfrenta la educación. Es de relevancia incluir en el escenario de formación a docentes que tengan el perfil de líder y con ello puedan sumar de forma efectiva, integral y creativa para mejorar los procesos de

educación. Esta capacidad de liderar permite incidir en la conciliación y guía de la comunidad educativa, a lo que se suma la propuesta de métodos innovadores que permitan alcanzar resultados adecuados [16]. Es importante en el plano educativo considerar que hacer gestión y liderar es fundamental para direccionar los centros de educación, sobre todo se debería considerar el perfil profesional, cuyas habilidades y competencias suelen diferenciar su misión y visión de las instituciones educativas.

Tomando en cuenta la opinión de Sierra, quien manifiesta que al hablar del liderazgo docente, se reconocen términos frecuentes entre los autores, tal es el caso de la innovación y la creatividad. "Este se centra en el ámbito pedagógico y sucede cuando el docente plantea mejoras frente a la práctica docente, que evoluciona y se transforma pedagógicamente, como respuesta al contexto y evolución" [17]. La influencia directa del liderazgo docente se ve puesta en práctica en el aprendizaje como tal, por lo que se requiere la preparación y formación del maestro.

Finalmente, en este apartado se incluyen los aportes de Bonilla y Solís, quienes se refieren al liderazgo "como un proceso en el que los líderes tienen la capacidad de influir en los demás para alcanzar metas en común" [18]. En el ámbito educativo, este perfil es el encargado de proyectar el camino, proyectar objetivos y estrategias que permitan llevar a la institución a cumplir con sus metas, por ello gran parte de lograr un liderazgo efectivo atiende a contar con ambientes en los que se motive el trabajo en equipo, la comunicación efectiva, la colaboración y liderazgo compartido.

3.2.1 Liderazgo educativo

El liderazgo educativo es fundamental en el quehacer educativo, ser líder es asumir con responsabilidad el cumplimiento de una serie de actividades que no solo involucra a la persona que está al frente de una institución educativa, sino que conlleva al personal docente, discente, administrativo y parte fundamental la coparticipación de los padres de familia.

Para analizar a profundidad su importancia, es indispensable considerar lo que manifiesta Sierra: El liderazgo educativo se establece con la dinámica de la acción formativa de las personas fundamentada en ideales filosóficos, y, por consiguiente, en la formación integral. En cuanto a lo estratégico y técnico con esencia sostenible frente a la comprensión, intervención y transformación de la cultura, lo ambiental y lo social. Así, se permite la proyección del ser, hacia el sentido de la educación humana, la cual se refleja en todas sus dimensiones y escenarios los cuales garantizan mejorar la calidad de vida, en lo profesional y personal, sustentado sobre la ética y en la valoración de los recursos de las generaciones futuras [17-18]. Para Hasek y Ortiz, sobre el protagonismo del Liderazgo en la Educación: Donde se analiza el Liderazgo, rol que permite consolidar el equipo de trabajo, estableciendo sistemas de apoyo, organizando las prácticas educativas, integrando las necesidades en función a los objetivos propuestos. Todos los planes de mejora e innovación requieren de las cualidades de líderes que apunten a proyectos de intereses para los estudiantes y por ende a la comunidad educativa [19]. Por otro lado considerando lo que nos dice Goleman, en sus publicaciones realizadas, una persona líder no solo debe contar con habilidades cognitivas y habilidades técnicas sobresalientes, si no que la inteligencia emocional es primordial para ejercer liderazgo [20]. Dicho esto es importante que desde esta perspectiva se considere las habilidades interpersonales y las socioemocionales, que son parte fundamental en la dirección de instituciones educativas, pues éstas habilidades le permitirán mejorar la calidad la calidad educativa en los centros de educación inicial u otros establecimientos educativos.

También es importante impulsar un líder inclusivo donde todos sean partícipes de la igualdad de oportunidades asumiendo el pensamiento filosófico del Sumak Kawsay (buen vivir). El actuar con ética, permitirá que los docentes, estudiantes, administrativos y padres de familia tomen conciencia en su accionar y puedan contribuir de manera eficiente al desarrollo de su centro educativo, sabiendo

que los primeros años de escolaridad son las bases sólidas que contribuirán al proceso formativo de los siguientes años de estudio.

3.2.2 Teorías del liderazgo profesional docente

En el presente apartado es importante reconocer que existen diferentes teorías y enfoques sobre el liderazgo profesional docente, mismas que permiten comprender cómo los educadores pueden liderar y ejercer impacto en el proceso de aprendizaje y en el mismo sistema de educación.

Como punto de partida se toma en consideración las teorías del liderazgo en general y su relación con el ámbito educativo.

Tabla 1. Teorías de liderazgo

Teoría	Descripción	Relación
Liderazgo como rasgo de personalidad	Una persona nace con un conjunto de cualidades que le permiten ser líderes en cualquier situación.	El docente, por su misma naturaleza, dispone de acercamientos importantes con los usuarios, y con ello la necesidad de explorar sobre la temática.
Liderazgo como conducta	El líder se define en función a lo que hace.	En el ámbito de la docencia se exige precisamente desde el perfil profesional se cuente con la actitud y actuación del líder, sobre todo buscando mayores alternativas para el cambio del modelo.
Aproximación humanista	El liderazgo parte del supuesto de que existen dos estilos básicos de dirección.	Se contrasta entre el modelo de formación tradicional y las oportunidades existentes en la actualidad, en la que el rol del docente toma un perfil integrador, motivador y que permita responder a necesidades de formación.
Teoría de los caminos de meta (Path Goal)	El comportamiento del líder es aceptado por sus seguidores o subordinados cuando éstos perciben una satisfacción inmediata.	Generar y aplicar cambios en el modelo de formación permite obtener importantes retribuciones en relación con la evaluación, tratamiento de contenidos y estudio como tal.

Nota. Información adaptada desde el trabajo de tesis denominada: Liderazgo transformacional y desempeño docente en la especialidad de ciencias histórico - sociales del Instituto Pedagógico Nacional Monterrico de la autora Huilla Bertha. [21]

Es importante considerar la teoría expuesta en la presente tabla, donde el liderazgo debe ser esencia propia de la personalidad del individuo, el ser humano como ente que proyecte amor, sabiduría, conocimiento y sobre todo saber ser empáticos con todas las personas. El adquirir la responsabilidad de un directivo y estar al frente de una comunidad educativa, requiere tener capacidad de organización, poseer conocimientos básicos de psicología, didáctica, pedagogía y otras ciencias auxiliares dentro de este campo específico, a más de ello un buen líder debe manejar habilidades lingüísticas tanto orales como escritas y sobre todo sobrellevar los tres valores rectores que fundamenta el currículo de educación nacional como son: equidad, justicia e innovación.

Bajo esta perspectiva se entiende que los líderes a más de organizar, dirigir y supervisar logran consolidar relaciones con quienes integran el sistema educativo, partiendo de aspectos individuales y colectivos donde se integre una formación integral de los individuos con capacidades y habilidades

propios desde el sentido humanista donde se formen personas con valores y virtudes propios de ser ejemplo para futuras generaciones.

3.3 Competencias directivas

Es necesario entender en la actualidad lo importante que es direccionar establecimientos educativos, estar al frente de ellos requiere saber liderar y dominar habilidades propias de gestión educativa, ante ello empezaremos analizando el término competencia desde diferentes ópticas del campo educacional.

Para el autor Moreno, resume las competencias del liderazgo educativo en la mejora de la gestión y administración, liderazgo pedagógico, conocimiento de la cultura institucional, reconocimiento de la importancia de la evaluación, capacidad para resolver problemas y desarrollo de un buen clima escolar [22].

Para Uribe, en su investigación denominada: Profesionalizar la dirección escolar potenciando el liderazgo: una clave ineludible en la mejora escolar, manifiesta que se debe reconocer al director como parte de un equipo directivo que según su contexto debe movilizar todas o parte las competencias que debe estar en condiciones de desarrollar y segundo, la convicción de que, independiente de quién y cómo se le acompañe en su actividad cotidiana, el director debe tener un papel más protagónico en temas pedagógicos y curriculares, situación que en la actualidad es difícil de constatar y sólo se da por excepción. Un punto de partida en este cambio es tener un referente a través de la descripción de las competencias que debe tener un directivo [23].

Ugalde y Canales, manifiestan que la competencia en comunicación es esencial, para transmitir la visión de manera clara, motivadora y para escuchar las preocupaciones de los demás, fomentando el respeto, la tolerancia y la integridad [24].

Con base a los autores en mención desarrollar estas competencias directivas significa que todo profesional que este al frente de centros educativos a través de la administración, deben poseer esa cultura de conocimiento en liderar y direccionar no solamente la institución como tal, sino realmente como poder utilizar una comunicación asertiva para que el personal de la institución asuma su compromiso institucional con responsabilidad y se sienta comprometido con su quehacer educativo y sobre todo comprender que el trabajo en equipo permite cumplir con la misión y visión de las instituciones educativas, en esta ocasión haciendo referencia a los centros de Educación Inicial, las competencias directivas de la persona que está al frente debe asumir ese liderazgo para una sana convivencia escolar.

Es importante entonces hacer énfasis a lo que opina Velázquez, "la contribución para el campo académico consiste en un modelo teórico propositivo, que se sustenta en dos pilares de competencias directivas como lo son la autonomía de gestión y liderazgo desde una perspectiva de principios y regularidades sistematizados en contextos particulares" [25].

Para complementar el tema analizado, es necesario considerar entonces las competencias que debe poseer el profesional que está al frente de un centro de Educación Inicial. Por ello es necesario mencionar a Bonilla Juan, quien hace referencia a lo siguiente:

Competencias académicas. Requeridas a los educandos para su adecuado desempeño en un sistema escolarizado, con miras al adecuado desenvolvimiento personal, social y laboral de éstos. Las definen miembros facultativos de centros docentes, así como autoridades educativas.

Competencias profesionales. Relativas al ejercicio de una profesión específica, para la que se requiere de una formación especializada, a través del estudio, la instrucción o la experiencia. Normalmente, son grupos colegiados de expertos quienes establecen los criterios de calidad para su acreditación y reconocimiento.

Competencias laborales. Implicadas en el desempeño satisfactorio de las tareas y actividades de un puesto de trabajo o función productiva. El marco de estándares de normalización y

certificación, de este tipo de competencias, corre a cargo de los organismos encargados del diseño y elaboración de normas de competencia — dentro de cierta jurisdicción— para diferentes ocupaciones, industrias y sectores productivos [26].

De lo expuesto es necesario comprender que como entes profesionales al frente de instituciones educativas, se debe tomar en cuenta la importancia de las competencias que se posee, pues el conocimiento y la puesta en práctica de estas habilidades contribuirán a mejorar esas debilidades estructurales que atraviesan muchos centros educativos en cuanto a competencias directivas se refiere.

3.3.1 Competencias directivas durante la formación profesional

Al referirse a la adquisición de competencias directivas durante la formación profesional se precisa de un proceso de relevancia en el sector educativo, que permite precisamente obtener perfiles inclinados al liderazgo de forma efectiva. Estas competencias precisamente incluyen habilidades, conocimientos y actitudes que posibilitan aspectos como la guía correcta del equipo, la toma adecuada de decisiones y con ello el logro los objetivos. De esta manera para Jiménez, la adquisición de competencias busca que el futuro directivo, a más de la formación pedagógica, disponga de la capacidad suficiente para “responder de manera efectiva al compromiso de ofrecer una educación integral, pertinente y significativa” [27].

Por su parte, Castaño y García, al referirse a la adquisición de competencias directivas validan que estas se asumen desde la formación y se proyectan como un proceso sistemático, pues para su aplicación es prioritario identificar y detectar las necesidades formativas en atención a competencias, así como la detección de programas que estén de acuerdo a necesidades de formación, y aspectos como la modalidad y metodología de aprendizaje [28]. Es necesario que en la universidades se generen programas o mallas curriculares necesarias e importantes en función de ofertar profesionales en el campo de gerencia y liderazgo, ya que solo con sustento teórico y la puesta en práctica de la misma se podrá mejorar el nivel y calidad de formación de profesionales en este ámbito que es muy necesario para la educación y para mejorar los niveles de educación en el ámbito ecuatoriano.

3.3.2 Las competencias directivas en la formación de los estudiantes universitarios

Al hablar de competencias directivas, se insiste en el uso precisamente de métodos que fomenten habilidades y fortalezcan aspectos como la comprensión teórica, y la aplicación práctica de habilidades de liderazgo. Autores como Carbonell, precisa de métodos como: Reproductivos o tradicionales donde los estudiantes cumplen con el rol de receptores, únicamente asimilan y reproducen la información emitida por el docente. Los métodos productivos en cambio atienden a la construcción del saber desde el estudiante, quienes aplican la información del docente y recogen aspectos de validez de sus experiencias [29].

De la Rosa, en su artículo denominado: Hacia una metodología para la enseñanza de las competencias directivas manifiesta que sí es posible el desarrollar las competencias en el individuo mediante un proceso formativo en el aula y en la práctica profesional. Por consecuencia, se es consciente que falta mucho que aportar para hacer posible que las nuevas generaciones de profesionales en administración, sean cada vez más aptos para atender las necesidades de las empresas que requieren de directivos dotados de competencias en su ejercicio profesional [30]. Desde la concepción de los autores citados es necesario que las habilidades y competencias en la formación de los profesionales que se preparan en las aulas universitarias, se desarrollen habilidades académicamente en estas competencias, pues un perfil profesional acorde permitirá dirigir y fortalecer estos centros educativos para el servicio de la niñez y juventud en los diferentes escenarios educativos.

3.3.3 Competencias directivas relevantes para los futuros educadores

La generación actual insiste cambios en las diferentes estructuras de desarrollo, que involucra los escenarios ligados a la educación. Hoy en día se han vuelto esenciales aspectos como el liderazgo eficaz. Se afirma que es importante que el docente pueda transmitir conocimiento, pero también resulta fundamental que pueda gestionar aulas, fomentar aprendizaje y desarrollar relaciones efectivas con los otros miembros del sistema educativo. Ramos, menciona que quienes dirigen una institución deben disponer de características personales y habilidades blandas, pero también es importante que cuenten con competencias directivas innovadoras. Además, este autor presenta determinadas competencias que ha identificado en su estudio y que son necesarias incorporar en el educador, tal es el caso del liderazgo, habilidades de comunicación, resolución de problemas, capacidad de delegar, toma de decisiones y trabajo en equipo [31].

Por otra parte el autor Jiménez, se refiere a competencias esenciales, aspectos como "manejo de conflicto, motivación al equipo, comunicación de apoyo, poder e influencia, formación de equipos eficaces, manejo de estrés, dirección hacia el cambio positivo, desarrollo de autoconocimiento, facultamiento y delegación [32]. Es decir es un cúmulo de habilidades y destrezas propios de los profesionales que estarán en capacidad de estar liderando o direccionando centros educativos para mejorar la calidad de la educación que ofertan las instituciones educativas, se puede indicar que los profesionales en formación deben adquirir ciertas destrezas y habilidades para que las pongan en práctica cuando ejerzan funciones directivas, ya sea como líderes para tomar decisiones, dispuestos a los nuevos retos y cambios que requiere la sociedad actual, para transformar e innovar la educación especialmente en los centros de educación Inicial en los aspectos más relevantes como son: organización, coordinación, control, planificación y ejecución en la institución educativa para despertar el entusiasmo docentes y fortalecer su práctica docente.

4. Conclusión

Las competencias directivas en la formación docente en la Carrera de Educación Inicial, debe proyectarse a formar profesionales comprometidos al servicio de la sociedad, cuya formación contempla los aspectos cognitivos, socio-afectivos, lingüísticos y físico-motor, no solo de las asignaturas establecidas en la malla curricular, sino aquellas necesarias que complementen la formación integral del profesional de la carrera, esas habilidades y destrezas propias de una formación que amerite estar al frente de instituciones educativas de Educación Inicial cuyo liderazgo educativo enfoca sus principales acciones en la formación de personas, por medio de conocimientos teóricos, técnicos y prácticos que les faciliten en el futuro liderar en los diferentes espacios en los que se encuentren, tanto en el contexto personal como en el profesional. En la actualidad se requiere de hombre y mujeres de bien, que tengan un comportamiento ético adecuado, profesionales que sean capaces de dar respuestas oportunas a las necesidades institucionales, que apliquen técnicas y competencias efectivas en el liderazgo y direccionamiento de los centros de Educación Inicial.

5. Referencias

1. Parra, R., y Ruiz, C. Formación para el liderazgo escolar: Impacto del Plan de formación de directores en Chile. *International Journal of Educational Leadership and Management*. 2020, 8(2), 204-233
2. Vargas, I. Análisis de la formación profesional de los directores graduados y las directoras graduadas de la carrera de administración educativa del CIDE-UNA . 2015, *Calidad en la Educación Superior*, 6(1), 174-212.
3. Torres, R., y Lozano, D. *La formación de docentes en América Latina: perspectivas, enfoques y concepciones críticas*. CLACSO. 2019

4. Sánchez, M., y Steinert, Y. La formación docente en educación superior: ¿quo vadis? En M. Sánchez, A. Martínez, R. Torres (Eds.), *Formación docente en las universidades* 2023. (pp. 563–575). Coordinación de Universidad Abierta, Innovación Educativa y Educación a Distancia.
5. Sánchez, M., Torres, R., y Martínez, G. ¿Qué es la formación docente y cuál es su importancia para las universidades? En M. Sánchez, A. Martínez, R. Torres (Eds.), *Formación docente en las universidades* 2023. (pp. 563–575). Coordinación de Universidad Abierta, Innovación Educativa y Educación a Distancia.
6. Bonilla-Murillo, E., y Solís-Herebía, V. El liderazgo docente: ¿Por qué es importante para el desarrollo de los estudiantes? *Revista Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 2020. 7(9).
7. Salazar-Gómez, E., y Tobón, S. Análisis documental del proceso de formación docente acorde con la sociedad del conocimiento 2018. *Revista Espacios*, 39(53).
8. Martínez Rodríguez, Ana Esperanza. "Relación teoría-práctica y la importancia de la formación docente." 2023 .pag 4
9. Chehaybar y Kuri, E., & Maribel Ríos, E. (coords.). 1996. La formación docente. Perspectivas teóricas y metodológicas, México, CISE-UNAM, 214 pp.
10. Gutiérrez, Rosa María Burga, Maritza Goicochea del Castillo, and Vicky I. Guevara Granados. "Los ámbitos de la formación docente y la tarea educativa." *Educación* 29.1 (2023): 79–90.
11. Sandoval-Estupiñán, L., Pineda-Baéz, C., Bernal-Luque, R., y Quiroga, C.. Los retos del director escolar novel: formación inicial y liderazgo. *Revista Complutense de Educación* 2020, 31(1), 117–126.
12. Muñoz, L., y Román, E. Estado de formación y desarrollo en gestión educativa de los directores escolares. Caso de estudio distrito de educación Manta. *Areté. Revista Digital del Doctorado en Educación de la Universidad Central de Venezuela* 2021, 8(15), 35–59
13. Camarero, M. *Dirección escolar y liderazgo: Análisis del desempeño de la figura directiva en centros de Educación Primaria de Tarragona* 2015. [Tesis doctoral, Universitat Rovira I Virgili].
14. Weinstein, J. Beca, C., y Muñoz, G. Carrera directiva: una herramienta decisiva para el liderazgo en escuelas y liceos. En *Horizontes y propuestas para transformar el sistema educativo chileno* 2020, (pp. 256–277). Ediciones Biblioteca del Congreso Nacional de Chile.
15. Espinel, A. *El liderazgo: su influencia y relación con el desarrollo de planes de formación de las organizaciones* [Tesis de grado, Fundación Universidad de América] 2022
16. Del Salto, V., Fernández, A., y Pachar, M. (El liderazgo educativo y el desempeño docente: un estudio etnometodológico de la realidad ecuatoriana. *Ciencia Digital*, 2019. 3(1), 257–271.
17. Sierra Villamil, G. M. Liderazgo educativo en el siglo XXI, desde la perspectiva del emprendimiento sostenible. *Revista Ean*, 2016. (81), 111–129.
18. Bonilla-Murillo, E., y Solís-Herebía, V. El liderazgo docente: ¿Por qué es importante para el desarrollo de los estudiantes? *Revista Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 2020, 7(9).
19. Hasek de Barbúdez, Sirlé Rosa, and Luis Ortiz Jiménez. "Liderazgo: Una Oportunidad de Gestión Educativa." *Revista Internacional de Investigación en Ciencias Sociales* 17.2 (2021): 405–416.
20. Goleman, D. 2014. *Cómo ser un líder*. Ediciones B, S. A.
21. Huillaca Bertha. Liderazgo transformacional y desempeño docente en la especialidad de ciencias histórico - sociales del Instituto Pedagógico Nacional Monterrico. 2015.
22. Moreno, E., Cuesta, O., y Gómez, F. Análisis de las tendencias temáticas y propósitos de formación de los programas ofrecidos para directivos docentes en Colombia. *Zona Próxima*, 2022. 37, 80–98.
23. Uribe, M. Profesionalizar la dirección escolar potenciando el liderazgo: Una clave ineludible en la mejora escolar. Desarrollo de perfiles de competencias directivas en el sistema educativo chileno. *Revista Iberoamericana de evaluación educativa*, 2010. 3(1), 303–322.
24. Ugalde, M., y Canales, A. El liderazgo académico, comunicación asertiva y motivación. *Revista Ensayos Pedagógicos*, 2016. XI(1).
25. Velázquez, L. C., Ramírez, G., & Vázquez, E. Modelo de competencias directivas para la autonomía de gestión y liderazgo en supervisores de educación básica en el marco de las reformas educativas en México. 2017. *Killkana sociales: Revista de Investigación Científica*, 1(3), 4.
26. Bonilla, Juan Baustista Climent. "Reflexiones sobre la educación basada en Competencias/Reflections on competence-based education." *Revista complutense de educación* 21.1 (2010): 91.
27. Jiménez-Vivas, A., Garay, S. y Parraguez-Núñez, P. Diagnóstico de las competencias de liderazgo

- escolar en directivos salesianos 2023. *Alteridad*, 18(2), 222–233.
28. Castaño, A., y García-Izquierdo, A. La formación en competencias como estrategia para mejorar la dirección pública 2019. *Aula Abierta*, 48(4), 393–406
29. Carbonell, A. Propuesta de métodos de enseñanza para el desarrollo de competencias en directivos de las Instituciones de Educación Superior. *Estrategia y Gestión Universitaria*, 2018. 6(2), 138–148.
30. De la Rosa, Fermín Guevara, and Ana Bertha Plascencia Villanueva. "Hacia una metodología para la enseñanza de las competencias directivas." XVI Congreso Internacional de Contaduría, Administración e Informática. 2011.
31. Ramos, Y. Competencias Directivas más valoradas en directores de Instituciones de Educación Pública, Lima 2021. *Working papers de los programas asociados a la Facultad: Sociedad, cultura y creatividad*, 2022. 1(1).
32. Jiménez, L., Bethelmy, L., Crespo, M., Santamaría, V., Outram, S., Ramírez, J., y Pitkin, M. *Competencias directivas factor clave de éxito en las IES 2021*. Universidad Veracruzana.



© 2024 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/>

La lúdica como herramienta para mejorar la comprensión lectora en niños de 9 a 12 años de la Escuela de Educación Básica "Ciudad de Guayaquil"

Gabriela Cristina Aguilera Flores¹  Quille Chimborazo Wilson Wilfrido¹  Hurtado Abad Jheny del Rocío¹ 

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

✉ Correspondencia: gaguilera@institutos.gob.ec  + 593 0996744625

DOI/URL: <https://doi.org/10.53313/gwj71119>

Resumen: En la provincia de Sucumbíos, Ecuador, la falta de atención a problemas de lectura y comprensión lectora en instituciones educativas ha afectado el desempeño estudiantil. En la Unidad Educativa "Ciudad de Guayaquil", ubicada en el Recinto San Vicente, cantón Lago Agrio, niños de 9 años presentan notables dificultades en lectura y comprensión. El objetivo es diseñar actividades lúdicas que promuevan el interés por la lectura y valoren sus beneficios. Es esencial mencionar que muchos estudiantes carecen del apoyo de sus padres en este proceso debido a la falta de alfabetización, resaltando así la importancia del respaldo docente. La investigación se enfoca en diseñar actividades para niños de 9 a 12 años, con objetivos específicos como identificar dificultades en comprensión lectora, elaborar una guía de actividades y evaluar los resultados obtenidos. Se emplea un enfoque cuantitativo y un diseño experimental, utilizando técnicas como entrevistas, observación directa y pruebas estandarizadas. Los instrumentos incluyen guías de preguntas, listas de cotejo y pruebas de comprensión lectora. Esta investigación busca mejorar el rendimiento académico de los estudiantes abordando las dificultades en comprensión lectora mediante un enfoque lúdico y práctico.

Palabras claves: Sucumbíos; comprensión lectora; actividades lúdicas; educación básica; rendimiento estudiantil

Play as a tool to improve reading comprehension in children from 9 to 12 years of age at the 'Ciudad de Guayaquil' Basic Education School.

Abstract: In the province of Sucumbíos, Ecuador, the lack of attention to reading and reading comprehension problems in educational institutions has affected student performance. In the 'Ciudad de Guayaquil' Educational Unit, located in the San Vicente precinct, Lago Agrio canton, 9-year-old children have significant difficulties in reading and comprehension. The objective is to design play activities that promote interest in reading and value its benefits. It is



Cita: Aguilera, G., Quille, W., & Hurtado, J. (2024). La lúdica como herramienta para mejorar la comprensión lectora en niños de 9 a 12 años de la Escuela de Educación Básica "Ciudad de Guayaquil". Green World Journal, 7(1), 119.

<https://doi.org/10.53313/gwj71119>

Received: 30/January /2024

Accepted: 30/March /2024

Published: 30/April /2024

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.



© 2024 CaMeRa license, Green World

essential to mention that many students lack parental support in this process due to lack of literacy, thus highlighting the importance of teacher support. The research focuses on designing activities for children aged 9 to 12, with specific objectives such as identifying difficulties in reading comprehension, elaborating an activity guide and evaluating the results obtained. A quantitative approach and an experimental design are employed, using techniques such as interviews, direct observation and standardised tests. The instruments include question guides, checklists and reading comprehension tests. This research aims to improve students' academic performance by addressing reading comprehension difficulties through a playful and practical approach.

Keywords: Sucumbíos; reading comprehension; reading comprehension; play activities; basic education; student performance; student achievement.

1. Introducción

La lectura y la comprensión lectora son habilidades fundamentales en el desarrollo académico y personal de los niños de 9 a 12 años. La comprensión lectora se refiere a la capacidad de entender y procesar la información contenida en un texto, lo que implica no solo decodificar palabras, sino también interpretar su significado, hacer conexiones con conocimientos previos y extraer conclusiones. Es una habilidad compleja que se adquiere y se perfecciona a lo largo de la vida, y que tiene un impacto significativo en el éxito escolar y en la vida cotidiana [1].

En la etapa de desarrollo de los niños de 9 a 12 años, la comprensión lectora es crucial para el aprendizaje en todas las áreas del currículo escolar. Desde la comprensión de problemas matemáticos hasta la interpretación de textos científicos o históricos, la capacidad de entender lo que se lee es fundamental para el progreso académico y el desarrollo de habilidades cognitivas. Además, la comprensión lectora está estrechamente relacionada con la capacidad de expresarse de manera efectiva tanto oralmente como por escrito, lo que también influye en el éxito en otras áreas de la vida [1].

Sin embargo, la comprensión lectora no es solo una habilidad académica, sino también una habilidad vital para la participación activa en la sociedad. En un mundo cada vez más centrado en la información, la capacidad de comprender textos esenciales, como contratos, instrucciones, noticias y documentos legales, es esencial para tomar decisiones informadas y participar plenamente en la vida cívica [2].

Ahora, al abordar específicamente el grupo de niños de 9 a 12 años, es importante considerar las características de esta etapa de desarrollo y cómo impactan en su comprensión lectora. Durante estos años, los niños están en un período de transición entre la infancia y la adolescencia, lo que se refleja en su desarrollo cognitivo, emocional y social [3].

En términos de comprensión lectora, los niños de esta edad están en proceso de desarrollar habilidades más avanzadas, como la capacidad de inferir significado a partir del contexto, analizar personajes y tramas, y evaluar la credibilidad de la información [4]. Sin embargo, también pueden enfrentar desafíos específicos, como dificultades para mantener la concentración en textos largos o complejos, problemas para identificar ideas principales y secundarias, y dificultades para hacer conexiones entre diferentes partes de un texto [5].

Además, en esta etapa de desarrollo, los niños están explorando su identidad y su lugar en el mundo, lo que puede influir en su motivación y actitud hacia la lectura. Es importante tener en cuenta sus intereses y experiencias personales al seleccionar materiales de lectura y diseñar actividades que fomenten su participación activa y su compromiso con la lectura [6].

Una estrategia efectiva para mejorar la comprensión lectora en niños de 9 a 12 años es proporcionarles una amplia variedad de textos que sean relevantes, interesantes y desafiantes. Esto

puede incluir libros de ficción y no ficción, artículos de periódico, poesía, cómics y material en línea. Al exponer a los niños a una variedad de géneros y estilos de escritura, se les brinda la oportunidad de desarrollar habilidades de comprensión lectora en diferentes contextos y ampliar su vocabulario y conocimiento del mundo [7].

Además, es importante enseñar estrategias específicas de comprensión lectora, como hacer predicciones, hacer conexiones con experiencias personales, hacer preguntas mientras se lee y resumir la información clave [8]. Estas estrategias ayudan a los niños a interactuar de manera más activa con el texto y a profundizar su comprensión.

El papel del docente y de los padres es crucial en el desarrollo de la comprensión lectora en niños de 9 a 12 años. Los docentes pueden proporcionar instrucción estructurada y apoyo individualizado, así como crear un ambiente de clase que fomente la curiosidad y el amor por la lectura. Los padres pueden apoyar el desarrollo de la comprensión lectora en el hogar mediante la lectura compartida, la discusión de libros y la provisión de acceso a una amplia variedad de materiales de lectura [2].

En Sucumbíos, una provincia ubicada en el oriente ecuatoriano, la falta de atención a los problemas de lectura y comprensión lectora ha impactado significativamente el rendimiento estudiantil en numerosas instituciones educativas. Esta situación ha generado una serie de inconvenientes en el proceso de enseñanza-aprendizaje de los niños, dificultando su desarrollo académico y su acceso a oportunidades educativas equitativas [9].

La presente investigación se centra en abordar específicamente las deficiencias en lectura y comprensión lectora en niños y niñas de 9 años que cursan quinto a séptimo año de educación básica en la Unidad Educativa "Ciudad de Guayaquí", ubicada en el Recinto San Vicente, cantón Lago Agrio. Estas falencias son alarmantes y muy notorias, lo que subraya la urgencia de intervenir para revertir esta situación y garantizar un adecuado desarrollo educativo para los estudiantes.

2. Materiales y métodos

La investigación adoptó un enfoque experimental, donde los niños participaron en sesiones de actividades lúdicas diseñadas específicamente para mejorar su comprensión lectora. Estas actividades abarcaron una variedad de juegos y ejercicios, desde juegos de palabras hasta dramatizaciones de cuentos y actividades interactivas de lectura. Cada actividad se introdujo con ejemplos para guiar a los niños, quienes luego realizaron las actividades de manera autónoma, fomentando la interacción tanto con el docente como entre ellos mismos [10].

Se destacó la realización de actividades tanto individuales como grupales, promoviendo el aprendizaje cooperativo y estimulando la creatividad e imaginación de los niños en un ambiente de aprendizaje agradable. Cada sesión comenzó con la presentación de la actividad y la administración de una prueba estandarizada para evaluar los niveles iniciales de comprensión lectora. Durante la aplicación de las actividades, se continuó evaluando la comprensión lectora de los niños. Al finalizar cada sesión, se proporcionó retroalimentación sobre el tema, permitiendo abordar dudas e inquietudes de los niños.

Este enfoque estructurado y participativo contribuyó a maximizar el impacto de las actividades en el desarrollo de la comprensión lectora de los niños, ofreciendo una oportunidad valiosa para mejorar sus habilidades de lectura de manera creativa y efectiva.

2.1 Población y muestra

La investigación se llevó a cabo en la Escuela de Educación Básica "Ciudad de Guayaquil", una institución unidocente con un total de 32 estudiantes y dos docentes. Cabe destacar que la escuela cuenta con dos aulas compartidas: una para 20 niños de segundo a cuarto grado, y otra para 12 niños de quinto a séptimo grado. Cada docente es responsable de uno de estos grupos de estudiantes.

Para seleccionar la muestra, se realizó un cálculo específico. Se optó por una muestra no probabilística, ya que se trabajó únicamente con el grupo de estudiantes de quinto a séptimo grado, junto con su respectivo docente como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Muestra de la investigación.

Población	Cantidad	Porcentaje
Docentes	1	8%
Estudiantes	12	92%
Total	13	100%

Elaboración propia

1.2 Métodos

En esta investigación se emplearon diversas técnicas de recolección de datos para obtener información relevante y válida. Inicialmente, se llevó a cabo una entrevista al docente a cargo del grupo de niños para conocer las actividades lúdicas implementadas en el aula para el desarrollo de la comprensión lectora. Además, se realizó observación directa en el aula para evaluar de manera sistemática las dificultades que enfrentaban los niños en este aspecto.

La recolección de datos se complementó con la aplicación de pruebas de comprensión lectora, donde los niños completaron actividades escritas de forma independiente. Además, se utilizaron varios instrumentos, como una guía de preguntas para la entrevista, una lista de cotejo y una prueba estandarizada con preguntas abiertas, para recopilar información detallada sobre el tema de estudio.

Posteriormente, se emplearon herramientas de procesamiento de datos, como hojas de cálculo en Microsoft Excel, para organizar y analizar los datos recopilados. Estas herramientas permitieron identificar patrones, tendencias y relaciones en los datos, lo que facilitó una comprensión más profunda del fenómeno estudiado y respaldó la toma de decisiones fundamentadas basadas en la evidencia.

3. Resultados y discusión

3.1. Entrevista a docentes

Para cumplir con este objetivo, se llevó a cabo una exhaustiva entrevista al docente del grupo de estudiantes de 5to a 7mo año en la Unidad Educativa 'Ciudad de Guayaquil'. Los resultados se muestran en la siguiente tabla.

Pregunta	Análisis de resultados
¿Cuál es su percepción sobre la importancia de la lúdica en el proceso de enseñanza de la comprensión lectora?	El análisis de los resultados resalta que, para este grupo de estudiantes, el docente entrevistado es el único responsable. Según los resultados el docente considera altamente relevante la integración de actividades lúdicas

	<p>en el proceso de enseñanza de comprensión lectora, reflejando un 100% de acuerdo. En contraste, las demás opciones presentadas en la entrevista registran un 0%. Estos hallazgos sugieren que la implementación de actividades lúdicas podría ser fundamental para mejorar el rendimiento de los niños en este aspecto.</p>
<p>¿Con qué frecuencia incorpora actividades lúdicas en su enseñanza para mejorar la comprensión lectora?</p>	<p>La pregunta 2 refleja que el docente menciona que incorpora ocasionalmente actividades lúdicas en su enseñanza para mejorar la comprensión lectora de los niños, obteniendo un resultado del 100%. Sin embargo, las demás opciones presentadas en la entrevista muestran un 0%. Esta respuesta sugiere una falta de motivación y planificación en la implementación de actividades para fortalecer la comprensión lectora en el grupo de estudiantes.</p>
<p>¿Qué tipo de actividades lúdicas suele implementar para mejorar la comprensión lectora en los niños de 9 a 12 años?</p>	<p>El docente utiliza dramatizaciones de cuentos para mejorar la comprensión lectora en los niños, lo que obtiene un resultado del 100%. Sin embargo, debido a la naturaleza unidocente de la escuela, el docente debe dividir las clases según las asignaturas, lo que limita la cantidad de tiempo disponible para cada actividad de comprensión lectora.</p>
<p>¿Ha notado algún cambio en el nivel de comprensión lectora de los niños después de la implementación de actividades lúdicas?</p>	<p>La pregunta 4 revela que el docente no ha observado cambios después de implementar actividades lúdicas en el desarrollo de la comprensión lectora, mostrando un resultado del 100%. Esto puede ser atribuible a una falta de planificación adecuada de la actividad, así como a la ausencia de una estrategia de comprensión lectora que sea apropiada para los niños, lo que les permita realizar tareas antes, durante y después de la lectura.</p>
<p>¿Cuáles son los principales desafíos que enfrenta al implementar actividades lúdicas para mejorar la comprensión lectora?</p>	<p>La Tabla 5 muestra que el principal desafío para el docente al implementar actividades lúdicas para mejorar la comprensión lectora es la falta de recursos económicos, con un 100% de acuerdo. La institución educativa, ubicada en el Recinto San Vicente, carece de apoyo de las autoridades locales y cantonales para obtener materiales. Esta situación dificulta la elaboración de actividades lúdicas a pesar del interés tanto de los estudiantes como del docente.</p>

¿Cómo evalúa la efectividad de las actividades lúdicas en el desarrollo de la comprensión lectora de los niños?

En la pregunta 6, el docente evalúa la efectividad de las actividades en el desarrollo de la comprensión lectora de los niños mediante la observación de su comportamiento y participación, obteniendo un resultado del 100%. Dado que carece de recursos, como computadoras o impresoras, el docente se adapta a lo que proporciona el sistema educativo. Esto dificulta la elaboración de diversas actividades y evaluaciones, por lo que la observación en el aula se convierte en una opción más viable y rápida.

¿Qué sugerencias tendría para mejorar la implementación de actividades lúdicas en la escuela con el fin de mejorar la comprensión lectora?

En la pregunta 7, el docente sugiere que para mejorar la comprensión lectora en los niños es necesario incorporar más recursos y materiales lúdicos, ofrecer formación adicional sobre cómo integrar la lúdica en la enseñanza, y fomentar la colaboración entre docentes para compartir ideas y recursos. Este enfoque, respaldado por un 100% de acuerdo del docente, muestra su consciente comprensión de las necesidades de sus estudiantes y su disposición a implementar actividades lúdicas para mejorar su comprensión lectora, así como a compartir conocimientos y recursos con otros docentes en el futuro.

A fin de tener un análisis riguroso se realizó observación directa en el aula de los estudiantes de 9 a 12 años, mediante un listado de cotejo del cual se pudo obtener el siguiente análisis:

Los resultados muestran que el 100% de los estudiantes pudieron activar sus conocimientos previos mediante preguntas sobre una lectura, lo que indica que pueden relacionar la información con sus experiencias pasadas. Esto sugiere un buen punto de partida para implementar material lúdico en la enseñanza de la comprensión lectora.

Además, el 75% de los estudiantes frecuentemente anticipan el significado a partir de diversas pistas del texto, como el título. Sin embargo, solo el 8,3% reconoce elementos del texto, como el párrafo o el índice, lo que refleja una falta de comprensión sobre la estructura del texto.

En cuanto a la formulación de preguntas, el 83,33% de los estudiantes ocasionalmente plantean preguntas cuyas respuestas están en el texto, lo que puede indicar una falta de concentración durante la lectura.

Solo el 25% de los estudiantes frecuentemente recuerdan los sucesos principales del texto, lo que sugiere problemas de atención. Del mismo modo, el 25% de los estudiantes frecuentemente expresan su comprensión a través de preguntas y respuestas, dibujos y comentarios, mientras que el 75% lo hace ocasionalmente, indicando una falta de interés y atención.

Sin embargo, el 100% de los estudiantes frecuentemente muestra compromiso con el trabajo en grupo, lo que sugiere que disfrutaban interactuar con sus compañeros y compartir ideas.

3.2. Diseño de actividades lúdicas.

Para lograr el segundo objetivo, se ha diseñado un plan de actividades que se llevarán a cabo durante un mes, comenzando en el próximo período académico. Estas actividades se distribuirán en diez sesiones, programadas para los jueves y viernes de 8:00 a.m. a 10:00 a.m.

El propósito de este proyecto es mejorar la comprensión lectora de los estudiantes mediante estrategias lúdicas que fomenten su participación, análisis y aprendizaje. Se busca que los niños encuentren placer en la lectura y se interesen por ella. Las actividades planeadas incluyen juegos como el dominó de adivinanzas, la ruleta de cuentos y el dado preguntón, entre otros, que estimulan la imaginación y la reflexión durante la lectura. El resumen de las actividades se muestra en la tabla 2.

Actividad	Detalle
Dominó de adivinanzas	Se propone una actividad para los niños con el fin de estimular la inferencia, desarrollar la imaginación y pensamiento crítico, ejercitar la concentración y agilidad mental, y aprender a trabajar en equipo. Comienza con una socialización de la actividad y sus objetivos, seguida de la explicación y demostración. Durante el desarrollo, los niños se dividen en grupos y se les entregan fichas con imágenes y adivinanzas, formando un juego de dominó. Finalmente, se reflexiona sobre la actividad y se comparten las experiencias.
Ruleta de cuentos y el dado preguntón	Se lleva a cabo una actividad interactiva donde los estudiantes trabajan en grupos. Comienza con la explicación de los materiales: una ruleta con nombres de cuentos y un dado con preguntas sobre ellos. Cada grupo elige un líder, quien gira la ruleta para seleccionar un cuento. Luego, leen el cuento y subrayan ideas importantes, discutiendo sobre ellas. Dos integrantes responden preguntas del dado, ganando puntos por respuestas correctas. Al final, juegan a adivinar personajes de los cuentos y se hace una reflexión sobre la importancia de leer y trabajar en equipo.
Mi fantástica historia	Se inicia la sesión con una explicación sobre la creación de historias, seguida de un ejemplo de cómo utilizar los materiales de la actividad. Los estudiantes eligen imágenes de personas realizando diversas actividades y las organizan en cartulinas para formar una libreta. Luego, analizan las imágenes y crean historias combinando sus experiencias y conocimientos. Cada estudiante cuenta su historia utilizando las imágenes de su libreta. Se concluye con una discusión sobre las historias favoritas de los estudiantes para comprender lo que han aprendido.
El supermercado	Se inicia la sesión explicando los tipos de texto y se identifica el tipo de texto presente en etiquetas de productos. Se discute sobre los productos que consumen en casa y la información que contienen las etiquetas. Luego, se trabaja con una etiqueta o publicidad de un producto, que los estudiantes leen en silencio. Se organizan en forma de "U" en el aula y cada estudiante presenta la información de su producto. Finalmente, se les entrega una fotocopia con la publicidad de un objeto para que respondan preguntas sobre ella.
Cambiamos el final del cuento	Se inicia la sesión explicando la actividad y el cuento a utilizar, seguido de preguntas para activar conocimientos previos. Los estudiantes leen el cuento individualmente y crean un nuevo personaje, así como un final alternativo para la historia, incorporando el personaje creado. Finalmente,

	se eligen los cinco finales favoritos por votación y se argumenta por qué gustaron.
La noticia del día	Inicio (10 min.): Se pregunta a los estudiantes sobre las noticias que han escuchado. Desarrollo (40 min.): Se analiza una portada de periódico, se leen las noticias y se comparten las partes que más interesan. Cierre (10 min.): Se discuten posibles soluciones al problema presentado en una noticia.
Lectura cronometrada	Inicio: Se practica un trabalenguas para mejorar la velocidad y concentración. Desarrollo: Los estudiantes se dividen en dos grupos y leen un cuento y una fábula. Se mide el tiempo de lectura y el grupo más rápido gana. Cierre: Los estudiantes completan actividades individuales para evaluar su comprensión de las lecturas.
Cloze (palabra fantasma)	Los estudiantes aprenden sobre la técnica de comprensión lectora llamada Cloze y reciben un texto para leer en silencio. Luego, completan una versión incompleta del texto, ejercitando su memoria y formulando hipótesis sobre las palabras faltantes. Al finalizar, revisan y comparan sus respuestas con el texto original.
El tren lector	Los estudiantes participan en un conversatorio sobre cuentos ecuatorianos, seguido por la lectura del cuento "El granjero y el maíz" de Napoleón Jaramillo López. En el desarrollo, se forma un círculo en el patio donde la maestra lee el cuento, y los estudiantes deben recordar y secuenciar los eventos como vagones de un tren. Al final, completan una ficha ordenando las líneas del texto según la secuencia de los eventos.
Leo, analizo y elaboro mi resumen	Los estudiantes aprenden sobre la elaboración de resúmenes mediante una ruleta que selecciona diferentes textos para la actividad. Después de leer los textos asignados y resaltar las ideas principales, los estudiantes escriben un resumen utilizando una ficha proporcionada. Se concluye con una retroalimentación para evaluar el aprendizaje y abordar posibles dificultades.

3.3. Evaluación de resultados

Luego de haber aplicado las actividades se hizo una evaluación de las mismas y los datos se resumen en la siguiente tabla.

Actividad	Aprendizaje logrado	En desarrollo	Requiere apoyo
Primera	58.3%	25%	16.7%
Segunda	61.5%	23.1%	15.4%
Tercera	66.7%	16.7%	16.7%
Cuarto	50,00%	50%	0%
Quinta	58.3%	33.3%	8.3%
Sexta	50,00%	16.7%	33.3%
Septima	58.3%	8.3%	33.3%
Octava	33.3%	33.3%	33.3%
Novena	50,00%	33.3%	16.7%

Decima	41.7%	33.3%	16.7%
--------	-------	-------	-------

La actividad del "Dominó de Adivinanzas" demostró que el 58.3% de los estudiantes tuvo un buen desarrollo en comprensión lectora, mientras que el 25% enfrentó pequeñas dificultades pero logró completarla con ayuda del docente, y el 16.7% requirió más apoyo.

En la "Ruleta de Cuentos y el Dado Preguntón", el 61.5% mostró un buen desenvolvimiento al responder las preguntas, el 23.1% necesitó algo de ayuda y el 15.4% tuvo dificultades para responder.

En la actividad de "Crear una Historia", el 66.7% pudo realizarla sin inconvenientes, el 16.7% necesitó ayuda del docente y otro 16.7% no logró terminarla satisfactoriamente debido a dificultades de lectura y escritura. En el "Supermercado", el 50% pudo realizar la actividad sin problemas, mientras que el otro 50% requirió ayuda del docente debido a dificultades de lectura. En "Cambiar el Final del Cuento", el 58.3% pudo desarrollar la actividad sin dificultad, el 33.3% necesitó más apoyo y el 8.3% tuvo problemas con ortografía y estructura de oraciones.

En la actividad de la "Noticia del Día", el 50% trabajó sin dificultad, el 16.7% tuvo problemas pero mejoró con una segunda oportunidad, y el 33.3% necesitó apoyo del docente. En la actividad de "Lectura Cronometrada", el 58.3% no presentó inconvenientes, el 8.3% necesitó más tiempo y el 33.3% pudo terminar la actividad pero con más tiempo del esperado. En la actividad de "El Tren Lector", el 33.3% pudo terminarla sin problemas, el 33.3% necesitó apoyo del docente y el 33.3% no pudo terminarla sin ayuda. En la "Ruleta de Cuentos y Resumen", el 50% pudo realizarla con éxito, el 33.3% necesitó ayuda del docente y el 16.7% tuvo dificultades de concentración y ortografía.

4. Discusión

La lúdica, que implica el uso de actividades y juegos en la educación, ha demostrado ser una herramienta efectiva para mejorar la comprensión lectora en niños de 9 a 12 años. Los resultados respaldan investigaciones anteriores que sugieren que el aprendizaje a través del juego facilita la retención de información, fomenta la participación activa y crea un ambiente educativo positivo [11].

Durante la implementación de estas actividades, notamos un aumento significativo en la participación y motivación de los estudiantes. Los juegos diseñados para mejorar la comprensión lectora captaron el interés de los niños, quienes mostraron entusiasmo y compromiso. Esto se debe a la naturaleza divertida de las actividades y al uso de material lúdico entretenido [12].

La lúdica permitió el desarrollo de habilidades lingüísticas y cognitivas. A través de juegos centrados en la lectura, interpretación y análisis de textos, los estudiantes mejoraron su capacidad para entender y contextualizar información. Además, la resolución de problemas en estos juegos estimuló el pensamiento crítico y la toma de decisiones, habilidades cruciales para su desarrollo académico y personal [13].

Aunque se observaron mejoras, persisten desafíos como la ortografía y problemas de lectura. La situación del sistema educativo no permite sanciones severas, lo que limita la solución a estas deficiencias en los estudiantes de educación básica [14].

Integrar la lúdica en el currículo escolar enriquece las prácticas pedagógicas y promueve un enfoque educativo centrado en el estudiante. Al incorporar estas actividades en las lecciones de lectura, los maestros pueden adaptar el contenido para satisfacer las necesidades individuales y crear experiencias de aprendizaje significativas. Además, fomenta la colaboración entre maestros de diferentes áreas, promoviendo un enfoque interdisciplinario para la enseñanza [15].

A pesar de los resultados positivos, se necesitan más investigaciones para comprender mejor el impacto a largo plazo de la lúdica en la comprensión lectora y explorar cómo diferentes juegos pueden influir en habilidades específicas de lectura. Además, se requieren estrategias de evaluación más exhaustivas para medir el progreso de los estudiantes y validar los resultados [16].

5. Conclusión

Durante esta investigación, se abordaron temas cruciales sobre la comprensión lectora y su impacto en el proceso educativo de niños de 9 a 12 años. El objetivo general fue mejorar la comprensión lectora mediante actividades lúdicas, promoviendo así el gusto por la lectura y mejorando el desempeño académico y personal. Los objetivos específicos fueron identificar las dificultades de comprensión lectora en los niños de la Unidad Educativa "Ciudad de Guayaquil", diseñar actividades lúdicas para potenciar la comprensión lectora en el aula, elaborar una guía didáctica de actividades lúdicas para su uso en el futuro, y evaluar los resultados obtenidos con las herramientas de investigación aplicadas.

Se concluyó que la integración de actividades lúdicas en la educación fomenta el interés y compromiso de los estudiantes con la lectura, lo que resulta en mejoras significativas en su capacidad para comprender textos.

En cuanto a las recomendaciones, se sugiere integrar la lúdica de manera sistemática en el currículo escolar, incluyendo las actividades propuestas en esta investigación. Además, se recomienda ofrecer programas de capacitación para maestros sobre la implementación efectiva de actividades lúdicas en el aula y fomentar la creación y uso de recursos lúdicos específicamente diseñados para mejorar la comprensión lectora en niños de 9 a 12 años, como juegos de mesa, aplicaciones interactivas, libros de actividades y materiales manipulativos.

1. Fernández, D.; Ruiz, R.; De La Cruz, M.; Simanca, D.; Pérez, V.; Cantillo, N.; Polo, Y.; De La Hoz, A. Comprensión Lectora Mediante El Uso de La Lúdica y La Investigación Como Estrategia Pedagógica. *Cult. Educ. y Soc.* **2018**, *9*.
2. Caicedo Mejía, I.; González Ramírez, D.; Hernández Viafara, A.C. La Lúdica Estrategia de Aprendizaje Para Mejorar La Comprensión Lectora En El Grado Quinto de Educación Básica Primaria de La Institución Educativa San Pedro Claver Del Municipio de Puerto Tejada. **2017**.
3. Vargas Pazmiño, S.E. Estrategias Lúdicas En La Comprensión Lectora En La Educación Básica Media En Niños de 9 a 12 Años de La Escuela "Ciudad de Azogues" **2022**.
4. SEPÚLVEDA, Y.R. LAS TIC COMO ESTRATEGIA PEDAGÓGICA PARA MEJORAR LA COMPRENSIÓN LECTORA EN ESTUDIANTES DE GRADO QUINTO.
5. Román Sandoval, A.B. Las Actividades Lúdicas Como Estrategia Didáctica Para Mejorar La Comprensión Lectora de Estudiantes de Segundo Grado Del Nivel Primaria de La Institución Educativa El Nazareno Del Distrito de Huaral, 2017. **2018**.
6. Castañeda Campeón, D.; Grajales Parra, M.Y.; Molano Giraldo, N.L. Los Videojuegos Como Estrategia Lúdica a Través de La Gamificación Para Mejorar La Comprensión Lectora En Los Estudiantes de Grado Sexto Del Colegio Gimnasio Modelia Real. **2020**.
7. Céspedes Romero, A.A. Las Actividades Lúdicas Como Herramientas Para El Desarrollo de La Comprensión Lectora En Grado Séptimo. **2020**.
8. Eugenia, C.V.M.; Raul, F.G.R.C. Estado Del Arte: Estrategias Lúdicas Para El Desarrollo de La Comprensión Lectora En La Segunda Infancia. **2023**.
9. Daza Daza, E.C.; Palencia Grajales, K.; Ruiz Díaz, M. del C. Estrategia Pedagógica Mediante Las TIC Para La Aprehensión de La Comprensión Lectora En Niños de Segundo. **2020**.
10. Restrepo Giraldo, M.N.; Rua Hoyos, A.L. La Lúdica, Una Herramienta Pedagógica Para Mejorar La Comprensión Lectora En Los Estudiantes Del Grupo 4-1 de La Institución Educativa Liceo Antioqueño, Del Municipio de Bello. **2015**.
11. Beltrán Rincón, A.S.; López Arisa, S.Á.; Pedrozo Mora, T. Implementación de Un RED Offline Para Mejorar La Comprensión Lectora En El Nivel Literal En Estudiantes Del Grado Quinto

- Del Centro Educativo de Tierra Grata En El Municipio de Puerto Lleras, Meta 2022.
12. Alfonso Garay, D.C.; Rubio Rincón, M.C. La Lúdica Como Estrategia Pedagógica Para El Fortalecimiento de La Comprensión Lectora En Niños de Quinto Grado de Primaria de La Institución Educativa Luis Antonio Duque Peña 2021.
13. Cebay Cordoba, D.K.; Flórez, R.C.; Pérez, S.P. Ambiente Virtual de Aprendizaje Para El Fortalecimiento de La Comprensión Lectora de Los Estudiantes de Grado 5°. **2022**.
14. Linero Otero, L.L.; Macea Pinto, A.A. La Lectura Lúdica Libre Como Herramienta Didáctica Para Fortalecer La Comprensión Lectora 2019.
15. Sánchez, P.V.R.; Drouet, E.M.R.; Salazar, D.M.T. La Relación Entre La Educación y La Psicomotricidad: Un Enfoque Interdisciplinario Para El Desarrollo Integral de Los Estudiantes. *Rev. Conrado* **2023**, *19*, 231–239.
16. Perdomo López, E.; Piza Piza, J.; Tocora Guzmán, Y. La Lúdica Como Estrategia Pedagógica Para El Fortalecimiento Del Aprendizaje Significativo En Los Niños Del Grado Preescolar Del Centro Educativo Maranatha. **2017**.

La lúdica como herramienta para mejorar la comprensión lectora en niños de 9 a 12 años de la Escuela de Educación Básica "Ciudad de Guayaquil"

Gabriela Cristina Aguilera Flores¹  Quille Chimborazo Wilson Wilfrido¹  Hurtado Abad Jheny del Rocío¹ 

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

✉ Correspondencia: gaguilera@institutos.gob.ec  + 593 0996744625

DOI/URL: <https://doi.org/10.53313/gwj71119>

Resumen: En la provincia de Sucumbíos, Ecuador, la falta de atención a problemas de lectura y comprensión lectora en instituciones educativas ha afectado el desempeño estudiantil. En la Unidad Educativa "Ciudad de Guayaquil", ubicada en el Recinto San Vicente, cantón Lago Agrio, niños de 9 años presentan notables dificultades en lectura y comprensión. El objetivo es diseñar actividades lúdicas que promuevan el interés por la lectura y valoren sus beneficios. Es esencial mencionar que muchos estudiantes carecen del apoyo de sus padres en este proceso debido a la falta de alfabetización, resaltando así la importancia del respaldo docente. La investigación se enfoca en diseñar actividades para niños de 9 a 12 años, con objetivos específicos como identificar dificultades en comprensión lectora, elaborar una guía de actividades y evaluar los resultados obtenidos. Se emplea un enfoque cuantitativo y un diseño experimental, utilizando técnicas como entrevistas, observación directa y pruebas estandarizadas. Los instrumentos incluyen guías de preguntas, listas de cotejo y pruebas de comprensión lectora. Esta investigación busca mejorar el rendimiento académico de los estudiantes abordando las dificultades en comprensión lectora mediante un enfoque lúdico y práctico.

Palabras claves: Sucumbíos; comprensión lectora; actividades lúdicas; educación básica; rendimiento estudiantil

Play as a tool to improve reading comprehension in children from 9 to 12 years of age at the 'Ciudad de Guayaquil' Basic Education School.

Abstract: In the province of Sucumbíos, Ecuador, the lack of attention to reading and reading comprehension problems in educational institutions has affected student performance. In the 'Ciudad de Guayaquil' Educational Unit, located in the San Vicente precinct, Lago Agrio canton, 9-year-old children have significant difficulties in reading and comprehension. The objective is to design play activities that promote interest in reading and value its benefits. It is



Cita: Aguilera, G., Quille, W., & Hurtado, J. (2024). La lúdica como herramienta para mejorar la comprensión lectora en niños de 9 a 12 años de la Escuela de Educación Básica "Ciudad de Guayaquil". Green World Journal, 7(1), 119.

<https://doi.org/10.53313/gwj71119>

Received: 30/January /2024

Accepted: 30/March /2024

Published: 30/April /2024

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.



© 2024 CaMeRa license, Green World

essential to mention that many students lack parental support in this process due to lack of literacy, thus highlighting the importance of teacher support. The research focuses on designing activities for children aged 9 to 12, with specific objectives such as identifying difficulties in reading comprehension, elaborating an activity guide and evaluating the results obtained. A quantitative approach and an experimental design are employed, using techniques such as interviews, direct observation and standardised tests. The instruments include question guides, checklists and reading comprehension tests. This research aims to improve students' academic performance by addressing reading comprehension difficulties through a playful and practical approach.

Keywords: Sucumbíos; reading comprehension; reading comprehension; play activities; basic education; student performance; student achievement.

1. Introducción

La lectura y la comprensión lectora son habilidades fundamentales en el desarrollo académico y personal de los niños de 9 a 12 años. La comprensión lectora se refiere a la capacidad de entender y procesar la información contenida en un texto, lo que implica no solo decodificar palabras, sino también interpretar su significado, hacer conexiones con conocimientos previos y extraer conclusiones. Es una habilidad compleja que se adquiere y se perfecciona a lo largo de la vida, y que tiene un impacto significativo en el éxito escolar y en la vida cotidiana [1].

En la etapa de desarrollo de los niños de 9 a 12 años, la comprensión lectora es crucial para el aprendizaje en todas las áreas del currículo escolar. Desde la comprensión de problemas matemáticos hasta la interpretación de textos científicos o históricos, la capacidad de entender lo que se lee es fundamental para el progreso académico y el desarrollo de habilidades cognitivas. Además, la comprensión lectora está estrechamente relacionada con la capacidad de expresarse de manera efectiva tanto oralmente como por escrito, lo que también influye en el éxito en otras áreas de la vida [1].

Sin embargo, la comprensión lectora no es solo una habilidad académica, sino también una habilidad vital para la participación activa en la sociedad. En un mundo cada vez más centrado en la información, la capacidad de comprender textos esenciales, como contratos, instrucciones, noticias y documentos legales, es esencial para tomar decisiones informadas y participar plenamente en la vida cívica [2].

Ahora, al abordar específicamente el grupo de niños de 9 a 12 años, es importante considerar las características de esta etapa de desarrollo y cómo impactan en su comprensión lectora. Durante estos años, los niños están en un período de transición entre la infancia y la adolescencia, lo que se refleja en su desarrollo cognitivo, emocional y social [3].

En términos de comprensión lectora, los niños de esta edad están en proceso de desarrollar habilidades más avanzadas, como la capacidad de inferir significado a partir del contexto, analizar personajes y tramas, y evaluar la credibilidad de la información [4]. Sin embargo, también pueden enfrentar desafíos específicos, como dificultades para mantener la concentración en textos largos o complejos, problemas para identificar ideas principales y secundarias, y dificultades para hacer conexiones entre diferentes partes de un texto [5].

Además, en esta etapa de desarrollo, los niños están explorando su identidad y su lugar en el mundo, lo que puede influir en su motivación y actitud hacia la lectura. Es importante tener en cuenta sus intereses y experiencias personales al seleccionar materiales de lectura y diseñar actividades que fomenten su participación activa y su compromiso con la lectura [6].

Una estrategia efectiva para mejorar la comprensión lectora en niños de 9 a 12 años es proporcionarles una amplia variedad de textos que sean relevantes, interesantes y desafiantes. Esto

puede incluir libros de ficción y no ficción, artículos de periódico, poesía, cómics y material en línea. Al exponer a los niños a una variedad de géneros y estilos de escritura, se les brinda la oportunidad de desarrollar habilidades de comprensión lectora en diferentes contextos y ampliar su vocabulario y conocimiento del mundo [7].

Además, es importante enseñar estrategias específicas de comprensión lectora, como hacer predicciones, hacer conexiones con experiencias personales, hacer preguntas mientras se lee y resumir la información clave [8]. Estas estrategias ayudan a los niños a interactuar de manera más activa con el texto y a profundizar su comprensión.

El papel del docente y de los padres es crucial en el desarrollo de la comprensión lectora en niños de 9 a 12 años. Los docentes pueden proporcionar instrucción estructurada y apoyo individualizado, así como crear un ambiente de clase que fomente la curiosidad y el amor por la lectura. Los padres pueden apoyar el desarrollo de la comprensión lectora en el hogar mediante la lectura compartida, la discusión de libros y la provisión de acceso a una amplia variedad de materiales de lectura [2].

En Sucumbíos, una provincia ubicada en el oriente ecuatoriano, la falta de atención a los problemas de lectura y comprensión lectora ha impactado significativamente el rendimiento estudiantil en numerosas instituciones educativas. Esta situación ha generado una serie de inconvenientes en el proceso de enseñanza-aprendizaje de los niños, dificultando su desarrollo académico y su acceso a oportunidades educativas equitativas [9].

La presente investigación se centra en abordar específicamente las deficiencias en lectura y comprensión lectora en niños y niñas de 9 años que cursan quinto a séptimo año de educación básica en la Unidad Educativa "Ciudad de Guayaquí", ubicada en el Recinto San Vicente, cantón Lago Agrio. Estas falencias son alarmantes y muy notorias, lo que subraya la urgencia de intervenir para revertir esta situación y garantizar un adecuado desarrollo educativo para los estudiantes.

2. Materiales y métodos

La investigación adoptó un enfoque experimental, donde los niños participaron en sesiones de actividades lúdicas diseñadas específicamente para mejorar su comprensión lectora. Estas actividades abarcaron una variedad de juegos y ejercicios, desde juegos de palabras hasta dramatizaciones de cuentos y actividades interactivas de lectura. Cada actividad se introdujo con ejemplos para guiar a los niños, quienes luego realizaron las actividades de manera autónoma, fomentando la interacción tanto con el docente como entre ellos mismos [10].

Se destacó la realización de actividades tanto individuales como grupales, promoviendo el aprendizaje cooperativo y estimulando la creatividad e imaginación de los niños en un ambiente de aprendizaje agradable. Cada sesión comenzó con la presentación de la actividad y la administración de una prueba estandarizada para evaluar los niveles iniciales de comprensión lectora. Durante la aplicación de las actividades, se continuó evaluando la comprensión lectora de los niños. Al finalizar cada sesión, se proporcionó retroalimentación sobre el tema, permitiendo abordar dudas e inquietudes de los niños.

Este enfoque estructurado y participativo contribuyó a maximizar el impacto de las actividades en el desarrollo de la comprensión lectora de los niños, ofreciendo una oportunidad valiosa para mejorar sus habilidades de lectura de manera creativa y efectiva.

2.1 Población y muestra

La investigación se llevó a cabo en la Escuela de Educación Básica "Ciudad de Guayaquil", una institución unidocente con un total de 32 estudiantes y dos docentes. Cabe destacar que la escuela cuenta con dos aulas compartidas: una para 20 niños de segundo a cuarto grado, y otra para 12 niños de quinto a séptimo grado. Cada docente es responsable de uno de estos grupos de estudiantes.

Para seleccionar la muestra, se realizó un cálculo específico. Se optó por una muestra no probabilística, ya que se trabajó únicamente con el grupo de estudiantes de quinto a séptimo grado, junto con su respectivo docente como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Muestra de la investigación.

Población	Cantidad	Porcentaje
Docentes	1	8%
Estudiantes	12	92%
Total	13	100%

Elaboración propia

1.2 Métodos

En esta investigación se emplearon diversas técnicas de recolección de datos para obtener información relevante y válida. Inicialmente, se llevó a cabo una entrevista al docente a cargo del grupo de niños para conocer las actividades lúdicas implementadas en el aula para el desarrollo de la comprensión lectora. Además, se realizó observación directa en el aula para evaluar de manera sistemática las dificultades que enfrentaban los niños en este aspecto.

La recolección de datos se complementó con la aplicación de pruebas de comprensión lectora, donde los niños completaron actividades escritas de forma independiente. Además, se utilizaron varios instrumentos, como una guía de preguntas para la entrevista, una lista de cotejo y una prueba estandarizada con preguntas abiertas, para recopilar información detallada sobre el tema de estudio.

Posteriormente, se emplearon herramientas de procesamiento de datos, como hojas de cálculo en Microsoft Excel, para organizar y analizar los datos recopilados. Estas herramientas permitieron identificar patrones, tendencias y relaciones en los datos, lo que facilitó una comprensión más profunda del fenómeno estudiado y respaldó la toma de decisiones fundamentadas basadas en la evidencia.

3. Resultados y discusión

3.1. Entrevista a docentes

Para cumplir con este objetivo, se llevó a cabo una exhaustiva entrevista al docente del grupo de estudiantes de 5to a 7mo año en la Unidad Educativa 'Ciudad de Guayaquil'. Los resultados se muestran en la siguiente tabla.

Pregunta	Análisis de resultados
¿Cuál es su percepción sobre la importancia de la lúdica en el proceso de enseñanza de la comprensión lectora?	El análisis de los resultados resalta que, para este grupo de estudiantes, el docente entrevistado es el único responsable. Según los resultados el docente considera altamente relevante la integración de actividades lúdicas

	<p>en el proceso de enseñanza de comprensión lectora, reflejando un 100% de acuerdo. En contraste, las demás opciones presentadas en la entrevista registran un 0%. Estos hallazgos sugieren que la implementación de actividades lúdicas podría ser fundamental para mejorar el rendimiento de los niños en este aspecto.</p>
<p>¿Con qué frecuencia incorpora actividades lúdicas en su enseñanza para mejorar la comprensión lectora?</p>	<p>La pregunta 2 refleja que el docente menciona que incorpora ocasionalmente actividades lúdicas en su enseñanza para mejorar la comprensión lectora de los niños, obteniendo un resultado del 100%. Sin embargo, las demás opciones presentadas en la entrevista muestran un 0%. Esta respuesta sugiere una falta de motivación y planificación en la implementación de actividades para fortalecer la comprensión lectora en el grupo de estudiantes.</p>
<p>¿Qué tipo de actividades lúdicas suele implementar para mejorar la comprensión lectora en los niños de 9 a 12 años?</p>	<p>El docente utiliza dramatizaciones de cuentos para mejorar la comprensión lectora en los niños, lo que obtiene un resultado del 100%. Sin embargo, debido a la naturaleza unidocente de la escuela, el docente debe dividir las clases según las asignaturas, lo que limita la cantidad de tiempo disponible para cada actividad de comprensión lectora.</p>
<p>¿Ha notado algún cambio en el nivel de comprensión lectora de los niños después de la implementación de actividades lúdicas?</p>	<p>La pregunta 4 revela que el docente no ha observado cambios después de implementar actividades lúdicas en el desarrollo de la comprensión lectora, mostrando un resultado del 100%. Esto puede ser atribuible a una falta de planificación adecuada de la actividad, así como a la ausencia de una estrategia de comprensión lectora que sea apropiada para los niños, lo que les permita realizar tareas antes, durante y después de la lectura.</p>
<p>¿Cuáles son los principales desafíos que enfrenta al implementar actividades lúdicas para mejorar la comprensión lectora?</p>	<p>La Tabla 5 muestra que el principal desafío para el docente al implementar actividades lúdicas para mejorar la comprensión lectora es la falta de recursos económicos, con un 100% de acuerdo. La institución educativa, ubicada en el Recinto San Vicente, carece de apoyo de las autoridades locales y cantonales para obtener materiales. Esta situación dificulta la elaboración de actividades lúdicas a pesar del interés tanto de los estudiantes como del docente.</p>

¿Cómo evalúa la efectividad de las actividades lúdicas en el desarrollo de la comprensión lectora de los niños?

En la pregunta 6, el docente evalúa la efectividad de las actividades en el desarrollo de la comprensión lectora de los niños mediante la observación de su comportamiento y participación, obteniendo un resultado del 100%. Dado que carece de recursos, como computadoras o impresoras, el docente se adapta a lo que proporciona el sistema educativo. Esto dificulta la elaboración de diversas actividades y evaluaciones, por lo que la observación en el aula se convierte en una opción más viable y rápida.

¿Qué sugerencias tendría para mejorar la implementación de actividades lúdicas en la escuela con el fin de mejorar la comprensión lectora?

En la pregunta 7, el docente sugiere que para mejorar la comprensión lectora en los niños es necesario incorporar más recursos y materiales lúdicos, ofrecer formación adicional sobre cómo integrar la lúdica en la enseñanza, y fomentar la colaboración entre docentes para compartir ideas y recursos. Este enfoque, respaldado por un 100% de acuerdo del docente, muestra su consciente comprensión de las necesidades de sus estudiantes y su disposición a implementar actividades lúdicas para mejorar su comprensión lectora, así como a compartir conocimientos y recursos con otros docentes en el futuro.

A fin de tener un análisis riguroso se realizó observación directa en el aula de los estudiantes de 9 a 12 años, mediante un listado de cotejo del cual se pudo obtener el siguiente análisis:

Los resultados muestran que el 100% de los estudiantes pudieron activar sus conocimientos previos mediante preguntas sobre una lectura, lo que indica que pueden relacionar la información con sus experiencias pasadas. Esto sugiere un buen punto de partida para implementar material lúdico en la enseñanza de la comprensión lectora.

Además, el 75% de los estudiantes frecuentemente anticipan el significado a partir de diversas pistas del texto, como el título. Sin embargo, solo el 8,3% reconoce elementos del texto, como el párrafo o el índice, lo que refleja una falta de comprensión sobre la estructura del texto.

En cuanto a la formulación de preguntas, el 83,33% de los estudiantes ocasionalmente plantean preguntas cuyas respuestas están en el texto, lo que puede indicar una falta de concentración durante la lectura.

Solo el 25% de los estudiantes frecuentemente recuerdan los sucesos principales del texto, lo que sugiere problemas de atención. Del mismo modo, el 25% de los estudiantes frecuentemente expresan su comprensión a través de preguntas y respuestas, dibujos y comentarios, mientras que el 75% lo hace ocasionalmente, indicando una falta de interés y atención.

Sin embargo, el 100% de los estudiantes frecuentemente muestra compromiso con el trabajo en grupo, lo que sugiere que disfrutaban interactuar con sus compañeros y compartir ideas.

3.2. Diseño de actividades lúdicas.

Para lograr el segundo objetivo, se ha diseñado un plan de actividades que se llevarán a cabo durante un mes, comenzando en el próximo período académico. Estas actividades se distribuirán en diez sesiones, programadas para los jueves y viernes de 8:00 a.m. a 10:00 a.m.

El propósito de este proyecto es mejorar la comprensión lectora de los estudiantes mediante estrategias lúdicas que fomenten su participación, análisis y aprendizaje. Se busca que los niños encuentren placer en la lectura y se interesen por ella. Las actividades planeadas incluyen juegos como el dominó de adivinanzas, la ruleta de cuentos y el dado preguntón, entre otros, que estimulan la imaginación y la reflexión durante la lectura. El resumen de las actividades se muestra en la tabla 2.

Actividad	Detalle
Dominó de adivinanzas	Se propone una actividad para los niños con el fin de estimular la inferencia, desarrollar la imaginación y pensamiento crítico, ejercitar la concentración y agilidad mental, y aprender a trabajar en equipo. Comienza con una socialización de la actividad y sus objetivos, seguida de la explicación y demostración. Durante el desarrollo, los niños se dividen en grupos y se les entregan fichas con imágenes y adivinanzas, formando un juego de dominó. Finalmente, se reflexiona sobre la actividad y se comparten las experiencias.
Ruleta de cuentos y el dado preguntón	Se lleva a cabo una actividad interactiva donde los estudiantes trabajan en grupos. Comienza con la explicación de los materiales: una ruleta con nombres de cuentos y un dado con preguntas sobre ellos. Cada grupo elige un líder, quien gira la ruleta para seleccionar un cuento. Luego, leen el cuento y subrayan ideas importantes, discutiendo sobre ellas. Dos integrantes responden preguntas del dado, ganando puntos por respuestas correctas. Al final, juegan a adivinar personajes de los cuentos y se hace una reflexión sobre la importancia de leer y trabajar en equipo.
Mi fantástica historia	Se inicia la sesión con una explicación sobre la creación de historias, seguida de un ejemplo de cómo utilizar los materiales de la actividad. Los estudiantes eligen imágenes de personas realizando diversas actividades y las organizan en cartulinas para formar una libreta. Luego, analizan las imágenes y crean historias combinando sus experiencias y conocimientos. Cada estudiante cuenta su historia utilizando las imágenes de su libreta. Se concluye con una discusión sobre las historias favoritas de los estudiantes para comprender lo que han aprendido.
El supermercado	Se inicia la sesión explicando los tipos de texto y se identifica el tipo de texto presente en etiquetas de productos. Se discute sobre los productos que consumen en casa y la información que contienen las etiquetas. Luego, se trabaja con una etiqueta o publicidad de un producto, que los estudiantes leen en silencio. Se organizan en forma de "U" en el aula y cada estudiante presenta la información de su producto. Finalmente, se les entrega una fotocopia con la publicidad de un objeto para que respondan preguntas sobre ella.
Cambiemos el final del cuento	Se inicia la sesión explicando la actividad y el cuento a utilizar, seguido de preguntas para activar conocimientos previos. Los estudiantes leen el cuento individualmente y crean un nuevo personaje, así como un final alternativo para la historia, incorporando el personaje creado. Finalmente,

	se eligen los cinco finales favoritos por votación y se argumenta por qué gustaron.
La noticia del día	Inicio (10 min.): Se pregunta a los estudiantes sobre las noticias que han escuchado. Desarrollo (40 min.): Se analiza una portada de periódico, se leen las noticias y se comparten las partes que más interesan. Cierre (10 min.): Se discuten posibles soluciones al problema presentado en una noticia.
Lectura cronometrada	Inicio: Se practica un trabalenguas para mejorar la velocidad y concentración. Desarrollo: Los estudiantes se dividen en dos grupos y leen un cuento y una fábula. Se mide el tiempo de lectura y el grupo más rápido gana. Cierre: Los estudiantes completan actividades individuales para evaluar su comprensión de las lecturas.
Cloze (palabra fantasma)	Los estudiantes aprenden sobre la técnica de comprensión lectora llamada Cloze y reciben un texto para leer en silencio. Luego, completan una versión incompleta del texto, ejercitando su memoria y formulando hipótesis sobre las palabras faltantes. Al finalizar, revisan y comparan sus respuestas con el texto original.
El tren lector	Los estudiantes participan en un conversatorio sobre cuentos ecuatorianos, seguido por la lectura del cuento "El granjero y el maíz" de Napoleón Jaramillo López. En el desarrollo, se forma un círculo en el patio donde la maestra lee el cuento, y los estudiantes deben recordar y secuenciar los eventos como vagones de un tren. Al final, completan una ficha ordenando las líneas del texto según la secuencia de los eventos.
Leo, analizo y elaboro mi resumen	Los estudiantes aprenden sobre la elaboración de resúmenes mediante una ruleta que selecciona diferentes textos para la actividad. Después de leer los textos asignados y resaltar las ideas principales, los estudiantes escriben un resumen utilizando una ficha proporcionada. Se concluye con una retroalimentación para evaluar el aprendizaje y abordar posibles dificultades.

3.3. Evaluación de resultados

Luego de haber aplicado las actividades se hizo una evaluación de las mismas y los datos se resumen en la siguiente tabla.

Actividad	Aprendizaje logrado	En desarrollo	Requiere apoyo
Primera	58.3%	25%	16.7%
Segunda	61.5%	23.1%	15.4%
Tercera	66.7%	16.7%	16.7%
Cuarto	50,00%	50%	0%
Quinta	58.3%	33.3%	8.3%
Sexta	50,00%	16.7%	33.3%
Septima	58.3%	8.3%	33.3%
Octava	33.3%	33.3%	33.3%
Novena	50,00%	33.3%	16.7%

Decima	41.7%	33.3%	16.7%
--------	-------	-------	-------

La actividad del "Dominó de Adivinanzas" demostró que el 58.3% de los estudiantes tuvo un buen desarrollo en comprensión lectora, mientras que el 25% enfrentó pequeñas dificultades pero logró completarla con ayuda del docente, y el 16.7% requirió más apoyo.

En la "Ruleta de Cuentos y el Dado Preguntón", el 61.5% mostró un buen desenvolvimiento al responder las preguntas, el 23.1% necesitó algo de ayuda y el 15.4% tuvo dificultades para responder.

En la actividad de "Crear una Historia", el 66.7% pudo realizarla sin inconvenientes, el 16.7% necesitó ayuda del docente y otro 16.7% no logró terminarla satisfactoriamente debido a dificultades de lectura y escritura. En el "Supermercado", el 50% pudo realizar la actividad sin problemas, mientras que el otro 50% requirió ayuda del docente debido a dificultades de lectura. En "Cambiar el Final del Cuento", el 58.3% pudo desarrollar la actividad sin dificultad, el 33.3% necesitó más apoyo y el 8.3% tuvo problemas con ortografía y estructura de oraciones.

En la actividad de la "Noticia del Día", el 50% trabajó sin dificultad, el 16.7% tuvo problemas pero mejoró con una segunda oportunidad, y el 33.3% necesitó apoyo del docente. En la actividad de "Lectura Cronometrada", el 58.3% no presentó inconvenientes, el 8.3% necesitó más tiempo y el 33.3% pudo terminar la actividad pero con más tiempo del esperado. En la actividad de "El Tren Lector", el 33.3% pudo terminarla sin problemas, el 33.3% necesitó apoyo del docente y el 33.3% no pudo terminarla sin ayuda. En la "Ruleta de Cuentos y Resumen", el 50% pudo realizarla con éxito, el 33.3% necesitó ayuda del docente y el 16.7% tuvo dificultades de concentración y ortografía.

4. Discusión

La lúdica, que implica el uso de actividades y juegos en la educación, ha demostrado ser una herramienta efectiva para mejorar la comprensión lectora en niños de 9 a 12 años. Los resultados respaldan investigaciones anteriores que sugieren que el aprendizaje a través del juego facilita la retención de información, fomenta la participación activa y crea un ambiente educativo positivo [11].

Durante la implementación de estas actividades, notamos un aumento significativo en la participación y motivación de los estudiantes. Los juegos diseñados para mejorar la comprensión lectora captaron el interés de los niños, quienes mostraron entusiasmo y compromiso. Esto se debe a la naturaleza divertida de las actividades y al uso de material lúdico entretenido [12].

La lúdica permitió el desarrollo de habilidades lingüísticas y cognitivas. A través de juegos centrados en la lectura, interpretación y análisis de textos, los estudiantes mejoraron su capacidad para entender y contextualizar información. Además, la resolución de problemas en estos juegos estimuló el pensamiento crítico y la toma de decisiones, habilidades cruciales para su desarrollo académico y personal [13].

Aunque se observaron mejoras, persisten desafíos como la ortografía y problemas de lectura. La situación del sistema educativo no permite sanciones severas, lo que limita la solución a estas deficiencias en los estudiantes de educación básica [14].

Integrar la lúdica en el currículo escolar enriquece las prácticas pedagógicas y promueve un enfoque educativo centrado en el estudiante. Al incorporar estas actividades en las lecciones de lectura, los maestros pueden adaptar el contenido para satisfacer las necesidades individuales y crear experiencias de aprendizaje significativas. Además, fomenta la colaboración entre maestros de diferentes áreas, promoviendo un enfoque interdisciplinario para la enseñanza [15].

A pesar de los resultados positivos, se necesitan más investigaciones para comprender mejor el impacto a largo plazo de la lúdica en la comprensión lectora y explorar cómo diferentes juegos pueden influir en habilidades específicas de lectura. Además, se requieren estrategias de evaluación más exhaustivas para medir el progreso de los estudiantes y validar los resultados [16].

5. Conclusión

Durante esta investigación, se abordaron temas cruciales sobre la comprensión lectora y su impacto en el proceso educativo de niños de 9 a 12 años. El objetivo general fue mejorar la comprensión lectora mediante actividades lúdicas, promoviendo así el gusto por la lectura y mejorando el desempeño académico y personal. Los objetivos específicos fueron identificar las dificultades de comprensión lectora en los niños de la Unidad Educativa "Ciudad de Guayaquil", diseñar actividades lúdicas para potenciar la comprensión lectora en el aula, elaborar una guía didáctica de actividades lúdicas para su uso en el futuro, y evaluar los resultados obtenidos con las herramientas de investigación aplicadas.

Se concluyó que la integración de actividades lúdicas en la educación fomenta el interés y compromiso de los estudiantes con la lectura, lo que resulta en mejoras significativas en su capacidad para comprender textos.

En cuanto a las recomendaciones, se sugiere integrar la lúdica de manera sistemática en el currículo escolar, incluyendo las actividades propuestas en esta investigación. Además, se recomienda ofrecer programas de capacitación para maestros sobre la implementación efectiva de actividades lúdicas en el aula y fomentar la creación y uso de recursos lúdicos específicamente diseñados para mejorar la comprensión lectora en niños de 9 a 12 años, como juegos de mesa, aplicaciones interactivas, libros de actividades y materiales manipulativos.

1. Fernández, D.; Ruiz, R.; De La Cruz, M.; Simanca, D.; Pérez, V.; Cantillo, N.; Polo, Y.; De La Hoz, A. Comprensión Lectora Mediante El Uso de La Lúdica y La Investigación Como Estrategia Pedagógica. *Cult. Educ. y Soc.* **2018**, *9*.
2. Caicedo Mejía, I.; González Ramírez, D.; Hernández Viafara, A.C. La Lúdica Estrategia de Aprendizaje Para Mejorar La Comprensión Lectora En El Grado Quinto de Educación Básica Primaria de La Institución Educativa San Pedro Claver Del Municipio de Puerto Tejada. **2017**.
3. Vargas Pazmiño, S.E. Estrategias Lúdicas En La Comprensión Lectora En La Educación Básica Media En Niños de 9 a 12 Años de La Escuela "Ciudad de Azogues" **2022**.
4. SEPÚLVEDA, Y.R. LAS TIC COMO ESTRATEGIA PEDAGÓGICA PARA MEJORAR LA COMPRENSIÓN LECTORA EN ESTUDIANTES DE GRADO QUINTO.
5. Román Sandoval, A.B. Las Actividades Lúdicas Como Estrategia Didáctica Para Mejorar La Comprensión Lectora de Estudiantes de Segundo Grado Del Nivel Primaria de La Institución Educativa El Nazareno Del Distrito de Huaral, 2017. **2018**.
6. Castañeda Campeón, D.; Grajales Parra, M.Y.; Molano Giraldo, N.L. Los Videojuegos Como Estrategia Lúdica a Través de La Gamificación Para Mejorar La Comprensión Lectora En Los Estudiantes de Grado Sexto Del Colegio Gimnasio Modelia Real. **2020**.
7. Céspedes Romero, A.A. Las Actividades Lúdicas Como Herramientas Para El Desarrollo de La Comprensión Lectora En Grado Séptimo. **2020**.
8. Eugenia, C.V.M.; Raul, F.G.R.C. Estado Del Arte: Estrategias Lúdicas Para El Desarrollo de La Comprensión Lectora En La Segunda Infancia. **2023**.
9. Daza Daza, E.C.; Palencia Grajales, K.; Ruiz Díaz, M. del C. Estrategia Pedagógica Mediante Las TIC Para La Aprehensión de La Comprensión Lectora En Niños de Segundo. **2020**.
10. Restrepo Giraldo, M.N.; Rua Hoyos, A.L. La Lúdica, Una Herramienta Pedagógica Para Mejorar La Comprensión Lectora En Los Estudiantes Del Grupo 4-1 de La Institución Educativa Liceo Antioqueño, Del Municipio de Bello. **2015**.
11. Beltrán Rincón, A.S.; López Arisa, S.Á.; Pedrozo Mora, T. Implementación de Un RED Offline Para Mejorar La Comprensión Lectora En El Nivel Literal En Estudiantes Del Grado Quinto

- Del Centro Educativo de Tierra Grata En El Municipio de Puerto Lleras, Meta 2022.
12. Alfonso Garay, D.C.; Rubio Rincón, M.C. La Lúdica Como Estrategia Pedagógica Para El Fortalecimiento de La Comprensión Lectora En Niños de Quinto Grado de Primaria de La Institución Educativa Luis Antonio Duque Peña 2021.
13. Cebay Cordoba, D.K.; Flórez, R.C.; Pérez, S.P. Ambiente Virtual de Aprendizaje Para El Fortalecimiento de La Comprensión Lectora de Los Estudiantes de Grado 5°. **2022**.
14. Linero Otero, L.L.; Macea Pinto, A.A. La Lectura Lúdica Libre Como Herramienta Didáctica Para Fortalecer La Comprensión Lectora 2019.
15. Sánchez, P.V.R.; Drouet, E.M.R.; Salazar, D.M.T. La Relación Entre La Educación y La Psicomotricidad: Un Enfoque Interdisciplinario Para El Desarrollo Integral de Los Estudiantes. *Rev. Conrado* **2023**, *19*, 231–239.
16. Perdomo López, E.; Piza Piza, J.; Tocora Guzmán, Y. La Lúdica Como Estrategia Pedagógica Para El Fortalecimiento Del Aprendizaje Significativo En Los Niños Del Grado Preescolar Del Centro Educativo Maranatha. **2017**.

Niveles de aceptación de las instituciones de educación superior de la ciudad de Nueva Loja - 2023

Hurtado Abad Jheny del Rocío¹  Quille Chimborazo Wilson Wilfrido¹  Gabriela Cristina Aguilera Flores¹ 

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

✉ Correspondencia: jrhurtado@institutos.gob.ec  + 593 0991955195

DOI/URL: <https://doi.org/10.53313/gwj71120>

Resumen: El estudio se adentra en la comprensión de los niveles de aceptación en las instituciones de educación superior de Nueva Loja durante el año 2023, una fase crucial para entender la dinámica educativa y social de la comunidad. Más allá de simplemente cuantificar la cantidad de estudiantes admitidos, esta investigación busca desentrañar los factores que influyen en las decisiones de los aspirantes, así como evaluar la calidad y accesibilidad de la educación superior en la región. Empleando una metodología que combina enfoques cuantitativos y cualitativos, se realizará una encuesta a 700 estudiantes de tercer año de bachillerato de cuatro unidades educativas destacadas en la ciudad. Esta muestra se determinó utilizando una fórmula que considera la población total y el margen de error deseado, con el propósito de obtener resultados representativos y confiables. Además de la encuesta, se analizarán las necesidades de oferta académica de las instituciones de educación superior en Nueva Loja, así como las preferencias educativas de los estudiantes. Esto permitirá generar una base de datos de la demanda potencial, que servirá como insumo valioso para futuras decisiones y mejoras en el sistema educativo local.

Palabras claves: Instituciones de educación superior, Nueva Loja; estudiantes de tercer año; oferta académica; estudiantes.

Levels of acceptance of higher education institutions in the city of Nueva Loja - 2023.

Abstract: The study delves into understanding the levels of acceptance into higher education institutions in Nueva Loja during the year 2023, a crucial phase in understanding the educational and social dynamics of the community. Beyond simply quantifying the number of students admitted, this research seeks to unravel the factors that influence applicants' decisions, as well as to assess the quality and accessibility of higher education in the region. Using a methodology that combines quantitative and qualitative approaches, a survey of 700 third-year high school students from four leading educational units in the city will be conducted. This sample was determined using a formula that takes into account the total population and the desired margin of error, in order



Check for updates

Cita: Hurtado, J. del rocío, Quille Chimborazo, W. W., & Aguilera, G. C. (2024). Niveles de aceptación de las instituciones de educación superior de la ciudad de Nueva Loja – 2023. Green World Journal, 7(1), 120.

<https://doi.org/10.53313/gwj71120>

Received: 30/January /2024

Accepted: 30/March /2024

Published: 30/April /2024

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.



© 2024 CaMeRa license, Green World Journal. This article is an open access

to obtain representative and reliable results. In addition to the survey, the academic supply needs of higher education institutions in Nueva Loja will be analysed, as well as the educational preferences of students. This will allow the generation of a database of potential demand, which will serve as a valuable input for future decisions and improvements in the local education system.

Keywords: Higher education institutions, Nueva Loja; third year students; academic offer; students.

1. Introducción

La dinámica social y académica en las instituciones de educación superior constituye un componente esencial para entender la evolución educativa de una comunidad. En un contexto global, la competencia por el acceso a la educación superior ha aumentado significativamente en las últimas décadas, impulsada por la demanda de habilidades y conocimientos especializados en un mercado laboral cada vez más competitivo y globalizado. Este fenómeno ha llevado a un aumento en la diversidad de programas académicos y enfoques educativos en todo el mundo, lo que a su vez ha generado una mayor atención sobre los niveles de aceptación y acceso a estas instituciones [1].

Uno de los principales desafíos radica en la disponibilidad y diversidad de programas académicos ofrecidos por estas instituciones. Si bien es cierto que algunas universidades y centros de educación superior en Nueva Loja pueden ofrecer una variedad de opciones de estudio, es posible que no cubran todas las áreas de interés y demanda de los estudiantes locales [2].

Otro aspecto a tener en cuenta es la calidad de la educación impartida por estas instituciones. A pesar de que la cantidad de estudiantes admitidos puede ser un indicador superficial de la aceptación de las instituciones de educación superior, la calidad de la enseñanza y los recursos disponibles para los estudiantes son factores críticos que influyen en la percepción y elección de los aspirantes. La falta de programas académicos pertinentes, recursos educativos adecuados y profesorado calificado puede disminuir la atracción y aceptación de estas instituciones [3].

Además, la accesibilidad financiera y geográfica también puede ser un factor limitante para muchos estudiantes en Nueva Loja. La falta de becas, programas de ayuda financiera o opciones de educación a distancia puede dificultar el acceso de estudiantes de bajos recursos económicos o de áreas remotas a la educación superior. Esto puede contribuir a la exclusión y desigualdad en el acceso a oportunidades educativas en la región [4].

Otro desafío importante es la percepción pública y reputación de las instituciones de educación superior locales. La falta de reconocimiento académico, prestigio o reputación de algunas instituciones puede influir en la decisión de los estudiantes de postularse a ellas. La reputación de una institución puede estar vinculada a factores como la calidad de la educación, la empleabilidad de los graduados y la investigación realizada, entre otros aspectos [5].

En el ámbito nacional, en Ecuador, se observa una tendencia similar en cuanto a la importancia de la educación superior como motor de desarrollo y progreso social. La expansión de la oferta educativa, tanto pública como privada, ha ampliado las oportunidades de acceso a la educación superior para una parte significativa de la población ecuatoriana. Sin embargo, persisten desafíos relacionados con la calidad, equidad y accesibilidad de la educación superior, especialmente en regiones como Nueva Loja, donde factores socioeconómicos y geográficos pueden influir en el acceso y la participación de los estudiantes en programas de educación superior [6].

En Nueva Loja, una ciudad caracterizada por su diversidad cultural y su crecimiento económico, los niveles de aceptación en las instituciones de educación superior son un reflejo de la dinámica social y las aspiraciones educativas de la población local. El acceso a la educación superior en esta

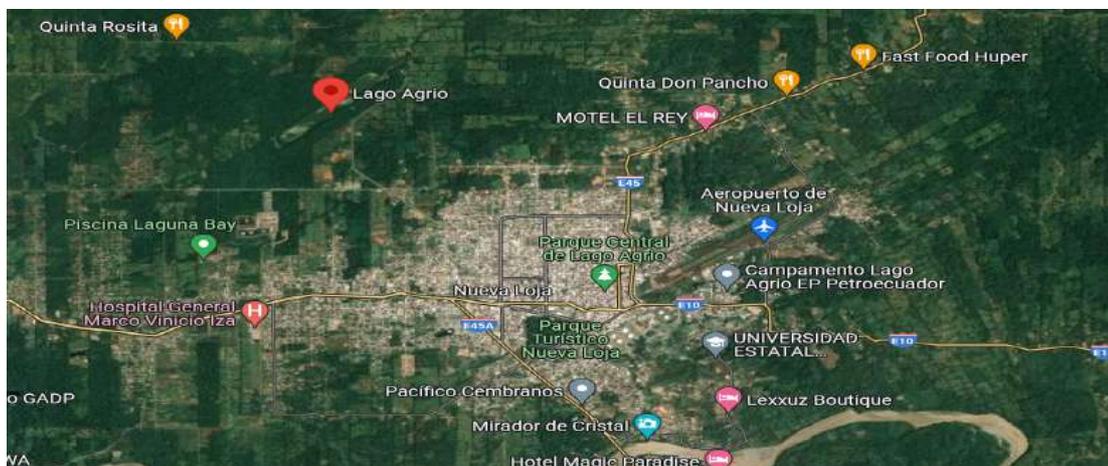
región puede estar influenciado por factores como la disponibilidad de programas académicos, la calidad de la enseñanza, las oportunidades de financiamiento y el apoyo institucional [7]. Por lo tanto, comprender y abordar los niveles de aceptación en las instituciones de educación superior de Nueva Loja es fundamental para promover una educación inclusiva y de calidad que satisfaga las necesidades y aspiraciones de la comunidad local.

2. Materiales y métodos

2.1. Area de estudio

La investigación se llevará a cabo en la ciudad de Nueva Loja, Ecuador, que se encuentra ubicada en la Dirección Distrital 21D02 Lago Agrio – Educación. Esta área abarca 11 circuitos educativos en el cantón Lago Agrio, distribuidos en 07 parroquias rurales y 01 parroquia urbana, con una extensión territorial de 3,151.26 km² y una población de 119,594 habitantes según el censo del INEC en 2010 y el documento del [8].

Ilustración 1 Ubicación de las instituciones de educación superior



Nota: Se detalla la ubicación de cada una de las entidades superiores de la ciudad de Nueva Loja. (GOOGLE MAP, 2023)

2.2. Método

Las instituciones de educación superior en Nueva Loja incluyen la Universidad Estatal Amazónica, la Universidad Técnica de Loja, la Universidad Nacional de Educación, el Instituto Superior Tecnológico Crecer Mas y el Instituto Superior Pedagógico Ab. Martha Bucaram de Roldós. Además, se consideran las unidades educativas locales como la Unidad Educativa Napo, el Colegio del Milenio Dr. Camilo Gallegos Domínguez, la Unidad Educativa Particular y el Colegio Proyecto Jóvenes y Adultos.

Para la investigación se aplicará una metodología mixta, combinando enfoques cuantitativos y cualitativos mediante técnicas de observación, entrevista y encuesta. Se realizará una encuesta a estudiantes de tercer año de bachillerato de cuatro unidades educativas con mayor matrícula en la ciudad. Esto permitirá obtener datos sobre la percepción y aceptación de la oferta académica de las instituciones de educación superior locales, generando así una base de datos de la demanda potencial.

La población objeto de estudio estará compuesta por un total de 700 estudiantes de las cuatro unidades educativas seleccionadas. Para determinar el tamaño muestral representativo, se utilizará la fórmula propuesta por Aguilar Barojas (2005), considerando la constante 4, las probabilidades de éxito y fracaso (p.q), el tamaño de la población (N) y el error seleccionado (E2).

3. Resultados y discusión

3.1. Necesidades de oferta académica

Levantamiento de información, según el cronograma plateado para ejecutar el trabajo se investigación, se realizó la visita a las IES, de la ciudad de Nueva Loja, donde se coordinó con los rectores para que nos proporcione la información correspondiente a la oferta académica que cada una de las instituciones educativas de nivel superior. (Anexo 1.- Visita a las instituciones)

Instituto Superior Pedagógico Ab. Martha Bucaram de Roldós

- Tecnología superior en Desarrollo integral infantil (ISPIB -MBR)
- Tecnología superior en Soldadura (ISPIB -MBR)
- Tecnología superior en Mecatrónica (ISPIB -MBR)
- Tecnología superior en Medición y monitoreo ambiental (ISPIB -MBR)
- Tecnología superior en Seguridad y prevención de riesgos laborales (ISPIB -MBR)
- Tecnología superior en Automatización e instrumentación (ISPIB -MBR)
- Tecnología superior en Mecánica industrial (ISPIB -MBR)

Instituto Superior Tecnológico Crecer Mas

- Tecnología superior en Administración (ISTEC)
- Técnico superior en Enfermería (ISTEC)
- Tecnología superior en Agroforestería (ISTEC)
- Tecnología superior en Procesamiento de alimentos (ISTEC)
- Tecnología superior en Construcción (ISTEC)
- Tecnología superior en Gastronomía (ISTEC)
- Tecnología superior en Desarrollo de Software (ISTEC)

Universidad Nacional de Educación

- Licenciado(a) en educación básica (UNAE – EN LÍNEA)
- Licenciado(a) en educación inicial (UNAE – EN LÍNEA)
- Licenciado(a) en educación inclusiva (UNAE – EN LÍNEA)

Universidad Estatal Amazónica

- Biólogo (UEA – PRESENCIAL)
- Licenciatura en turismo (UEA – PRESENCIAL)
- Economista (UEA – EN LÍNEA)
- Licenciado en Ciencias de la Educación Inicial (UEA – EN LÍNEA)
- Licenciado en Ciencias de la Educación Básica (UEA – EN LÍNEA)
- Ingeniero en Tecnologías de la Información (UEA – EN LÍNEA)

Universidad Técnica de Loja

- Administración de Empresas
- Administración Pública
- Agronegocios
- Comunicación
- Contabilidad y Auditoría
- Derecho
- Economía
- Educación Básica
- Tecnologías de la Información
- Turismo

Acercamiento a las unidades educativas de la localidad, para coordinar con los rectores, la autorización de aplicar la encuesta a todos los estudiantes de tercero de bachillerato.

Para lo cual se tomó en cuenta a las siguientes:

- Unidad Educativa Napo
- Colegio del milenio Dr. Camilo Gallegos Domínguez
- Unidad Educativa Particular
- Colegio Proyecto Jóvenes y Adultos

La investigación se enfocó en comprender las necesidades de oferta académica de las Instituciones de Educación Superior (IES) en Nueva Loja desde la perspectiva de estudiantes de tercer año de bachillerato. Los resultados revelaron la diversidad de intereses entre los encuestados, abarcando disciplinas desde las ciencias sociales hasta las ingenierías. Se destacó la demanda de programas prácticos e integrados, con énfasis en pasantías y habilidades aplicadas. La importancia de la tecnología en la educación y la calidad del cuerpo docente también fue evidente. Estos hallazgos proporcionan una base para la adaptación de la oferta académica, promoviendo la atracción y retención estudiantil y fortaleciendo la relevancia de la educación superior en la comunidad local. En resumen, la investigación no solo identifica las necesidades presentes, sino que también señala oportunidades para la innovación y mejora continua en el ámbito académico.

3.2. Análisis de oferta académica.

Mediante la aplicación de un formulario se ha podido identificar algunas fortalezas y debilidades existentes respecto a la oferta académica y las IES de la localidad. Se realizó la encuesta mediante un formulario de Google.

Según los datos de la primera pregunta, se observa que el 64,9% de los encuestados está al tanto de la presencia de Instituciones de Educación Superior en la ciudad de Nueva Loja, mientras que el 35,1% restante afirma no tener conocimiento sobre su existencia.

Según los datos presentados en la Tabla 2, se evidencia que el 53,4% de los encuestados está familiarizado con la Universidad Técnica Particular de Loja (UTPL) en la ciudad de Nueva Loja. Por otro lado, el 39% reconoce la existencia de la Universidad Estatal Amazónica (UEA), mientras que un 30,7% declara conocer el Instituto Superior Pedagógico Ab. Martha Bucaram de Roldós (ISPIBMBR). Porcentajes inferiores al 20% identifican a la Universidad Nacional de Educación (UNAE), el Instituto Superior Tecnológico Crecer Más (ISTEC) y otras instituciones.

Tabla 1. IES que conoce

Alternativas de respuesta	Frecuencia	Frecuencia porcentual
UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA (<i>UEA</i>)	98	39 %
UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA (<i>UTPL</i>)	134	53,4%
UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACIÓN (<i>UNAE</i>)	35	13,9 %
INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO CRECER MAS (<i>ISTEC</i>)	47	18,7%
INSTITUTO SUPERIOR PEDAGÓGICO "MARTHA BUCARAM DE ROLDOS" (<i>ISPIB -MBR</i>)	77	30,7 %
Otros, ¿Cuál?	52	20,7%
Total		100%

Los resultados obtenidos ofrecen una visión detallada de los aspectos clave que influyen en las preferencias académicas y en la identificación de áreas con una demanda potencial más marcada.

En primera instancia, el análisis de la oferta académica actual revela una amplia variedad de programas en diversas disciplinas. Esta diversidad refleja la capacidad de las instituciones educativas para adaptarse a las cambiantes necesidades de los estudiantes y subraya la importancia de mantener una oferta académica amplia y ajustada a las preferencias del público objetivo.

Asimismo, el análisis identifica áreas específicas de fortaleza y debilidad en la oferta académica. Las disciplinas con una demanda potencial más alta se evidencian mediante la frecuencia de inscripciones en determinados programas, mientras que áreas menos concurridas sugieren oportunidades para diversificar y ampliar la oferta académica. Es relevante resaltar la importancia de las áreas interdisciplinarias y emergentes en este análisis, ya que la identificación de tendencias que abarcan varias disciplinas proporciona una visión integral de las preferencias de los estudiantes, permitiendo a las instituciones anticipar y responder proactivamente a los cambios en el panorama educativo.

La creación de una base de datos sólida a partir de este análisis no solo brinda información valiosa para las instituciones educativas existentes, sino que también puede servir como una guía estratégica para el desarrollo de nuevos programas académicos. La adaptación de la oferta educativa según la demanda potencial identificada contribuirá a una mejor alineación entre las instituciones y las expectativas de los estudiantes, mejorando así la calidad y relevancia de la educación superior en Nueva Loja.

En síntesis, los resultados de este análisis de la oferta académica y la generación de una base de datos de demanda potencial proporcionan una base sólida para la toma de decisiones estratégicas en el ámbito educativo. La integración de estos datos puede mejorar la eficiencia institucional, aumentar la satisfacción estudiantil y fomentar un entorno académico más adaptado a las necesidades de la comunidad estudiantil.

Según los datos obtenidos se observa que el 37.5% de los encuestados muestran interés en estudiar carreras administrativas, mientras que el 26.7% expresan su preferencia por carreras de asistencia, como azafatas, asistentes educativas y comerciales. Además, el 20.3% manifiesta su interés en carreras relacionadas con la medicina, y un 15.5% muestra preferencia por carreras legales. También es notable destacar las carreras con mayor cantidad de estudiantes según la tabla 2 encabezadas por Ingeniería en Tecnología de la Informática (UEA-en línea) en primer lugar, seguida por Técnico Superior en Enfermería (ISTEC) en segundo lugar y Tecnología Superior en Administración (ISTEC) en tercer lugar.

Tabla 2. Cuadro comparativo de la oferta académica.

Instituciones de educación superior – Nueva Loja	Oferta académica	Preferencia o interés según resultados obtenidos en la encuesta.
INSTITUTO SUPERIOR PEDAGÓGICO "MARTHA BUCARAM DE ROLDOS" (ISPIB - MBR)	<input type="checkbox"/> Tecnología superior en Desarrollo integral infantil (ISPIB -MBR)	5.6 %
	<input type="checkbox"/> Tecnología superior en Soldadura (ISPIB -MBR)	2.4 %
	<input type="checkbox"/> Tecnología superior en Mecatrónica (ISPIB -MBR)	2.8 %
	<input type="checkbox"/> Tecnología superior en Medición y monitoreo ambiental (ISPIB -MBR)	1.6 %

	□ Tecnología superior en Seguridad y prevención de riesgos laborales (ISPIB -MBR)	6.8 %
	□ Tecnología superior en Automatización e instrumentación (ISPIB -MBR)	1.2 %
	Tecnología superior en Mecánica industrial (ISPIB -MBR)	1.6 %
INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO CRECER MAS (ISTEC)	Tecnología superior en Administración (ISTEC)	11.2 %
	Técnico superior en Enfermería (ISTEC)	14.7 %
	Tecnología superior en Agroforestería (ISTEC)	0.4 %
	Tecnología superior en Procesamiento de alimentos (ISTEC)	0.8 %
	Tecnología superior en Construcción (ISTEC)	2.8 %
	Tecnología superior en Gastronomía (ISTEC)	3.6 %
	Tecnología superior en Desarrollo de Software (ISTEC)	3.2 %
UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA (UEA)	Biólogo (UEA – PRESENCIAL)	3.6 %
	Licenciatura en turismo (UEA – PRESENCIAL)	2.4 %
	Economista (UEA – EN LÍNEA)	6.4 %
	Licenciado en Ciencias de la Educación Inicial (UEA – EN LÍNEA)	2.4 %
	Licenciado en Ciencias de la Educación Básica (UEA – EN LÍNEA)	1.6 %
	Ingeniero en Tecnologías de la Información (UEA – EN LÍNEA)	17.5 %
UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACIÓN (UNAE)	Licenciado(a) en educación básica (UNAE – EN LÍNEA)	4.4 %
	Licenciado(a) en educación inicial (UNAE – EN LÍNEA)	2.4 %
	Licenciado(a) en educación inclusiva (UNAE – EN LÍNEA)	0.8 %

Fuente: Encuestas aplicadas

3.3. Preferencias educativas

El diagnóstico efectuado sobre las carreras con mayor demanda en las instituciones de educación superior (IES) de la ciudad de Nueva Loja resalta una oportunidad significativa para los jóvenes bachilleres. Este análisis revela la disponibilidad de opciones educativas locales que coinciden con las preferencias de los estudiantes, lo que les permite continuar sus estudios de nivel superior sin necesidad de desplazarse a otras provincias. Esta situación representa una ventaja tanto en términos de accesibilidad como de reducción de costos para los estudiantes y sus familias, al evitar gastos asociados con la mudanza y la vida en otra ciudad.

Tabla 3. Comparación de la oferta académica

CARRERAS	ISTMBR	IST. Crecer Mas	UNAE	UEA	UTPL	PÚBLICO	PRIVADO
TS. en Desarrollo integral infantil						X	
TS. en Soldadura	x					X	
TS. en Mecatrónica	x					X	
TS. en Medición y monitoreo ambiental	x					X	
TS. Seguridad y prevención de riesgos laborales	x					X	
TS. Automatización e instrumentación	x					X	
TS. en Mecánica industrial	x					X	
TS. en Administración		x					X
TS. en Enfermería		x					X
TS. en Agroforestería		x					X
TS. en Procesamiento de alimentos		x					X
TS. en Construcción		x					X
TS. en Gastronomía		x					X
TS. en Desarrollo de Software		x					X
Licenciatura en educación básica (Línea)			X	X		X	
Licenciatura en educación inicial (Línea)			X	X		X	
Licenciatura en educación inclusiva (Línea)			X			X	
Biólogo			X	X		X	
Licenciatura en turismo			X	X		X	
Economista (Línea)			X	X		X	
Ingeniero en Tecnologías de la Información (Línea)			X	X		X	
Administración de Empresas					X		X
Administración Pública					X		X
Agronegocios					X		X
Comunicación					X		X
Contabilidad y Auditoría					X		X
Derecho					X		X
Economía					X		X
Educación Básica					X		X
Tecnologías de la Información					X		X
Turismo					X		X

El análisis comparativo de las cinco instituciones de educación superior (IES) en Nueva Loja revela que algunas de ellas comparten la oferta de dos carreras con la misma modalidad de estudios, como Licenciado(a) en Educación Básica y Licenciado(a) en Educación Inicial (en línea), ofrecidas por la Universidad Nacional de Educación y la Universidad Estatal Amazónica. Por otro lado, se observa una diversidad de programas entre las diferentes IES, tanto públicas como privadas, siendo notables el Instituto Superior Tecnológico Martha Bucaram de Roldós, la Universidad Nacional de Educación y la Universidad Estatal Amazónica como instituciones públicas, y el Instituto Superior Tecnológico Crecer Más y la Universidad Técnica de Loja como privadas.

En relación con la generación de nuevas ofertas académicas, es fundamental alinear la educación superior con los principios de inclusión, equidad y calidad establecidos en la agenda 2030 de la UNESCO. Esto implica desarrollar programas educativos pertinentes que preparen a los estudiantes para abordar problemas reales en diversos sectores. De acuerdo con la Ley Orgánica de Educación, la pertinencia educativa implica que la educación superior responda a las expectativas y necesidades de la sociedad, la planificación nacional y el desarrollo científico, humanístico y tecnológico. Por lo tanto, las propuestas de nueva oferta académica deben estar orientadas a formar profesionales capaces de enfrentar desafíos actuales y futuros, alineados con los objetivos de desarrollo a nivel local, regional y global.

A través de la investigación sobre la oferta académica de las Instituciones de Educación Superior (IES) en la ciudad de Lago Agrio, se empleó la técnica de la encuesta dirigida a estudiantes de tercer año de bachillerato de los colegios locales. Una de las preguntas clave de la encuesta fue la siguiente: "¿Qué carrera le gustaría estudiar?" Al analizar las respuestas, se identificó una clara demanda por nuevas carreras, incluyendo ingeniería, licenciatura y tecnología, que actualmente no están disponibles en la localidad. Estos hallazgos destacan la necesidad de que las IES amplíen su oferta académica para satisfacer las preferencias y aspiraciones de los estudiantes, al tiempo que contribuyen al desarrollo de la matriz productiva de la provincia.

Tabla 4. Nuevas carreras de preferencia

Item	Carreras
1	Tecnología en lenguaje de señas
2	Arquitectura
3	Comercio exterior
4	Cosmetología - Dermatología
5	Criminalística - Médico forense
6	Odontología
7	Tecnología en Diseño gráfico
8	Fisioterapia o Laboratorio Clínico
9	Idiomas
10	Ingeniera en sistemas informáticos
11	Ingeniería ambiental
12	Ingeniería Civil
13	Ingeniería eléctrica
14	Ingeniería en finanzas
15	Tecnología en mecánica automotriz
16	Ingeniero agrónomo
17	La Carrera de Artes (Danza)
18	Licenciatura en Radiología
19	Tecnología Marketing

20	Policía - Tecnología en seguridad civil
21	Psicología
22	Medicina
23	Neonatología
24	Psicología
25	Alimentación y el deporte
26	Tecnología veterinaria

El análisis del cuadro y gráfico revela un marcado interés entre los estudiantes de tercer año de bachillerato por diversas carreras, entre las que se destacan medicina, ingeniería en sistemas informáticos, ingeniería civil, odontología, ingeniería mecánica, ingeniería eléctrica, psicología, arquitectura y marketing. Estas preferencias reflejan las aspiraciones y áreas de interés de los estudiantes en términos de su futura formación académica y profesional. Es importante señalar que el cuadro y el gráfico no detallan las carreras actualmente ofrecidas por las Instituciones de Educación Superior (IES) en la localidad, lo que sugiere una posible desconexión entre la oferta académica existente y las demandas de los estudiantes. Este hallazgo resalta la necesidad de que las IES revisen y adapten su oferta educativa para alinearla con las preferencias y expectativas de los estudiantes, asegurando así una mayor pertinencia y relevancia en la formación que ofrecen.

3.4. Nivel de aceptación para elaboración de escala de posicionamiento.

Según los datos recopilados, se puede observar que la UEA ocupa el primer lugar en términos de reconocimiento, siendo la opción más seleccionada según la pregunta número dos. La UTPL le sigue en la segunda posición, aunque algunos encuestados manifestaron desconocer esta institución. En tercer lugar, se encuentra el ISTECS, con un reconocimiento del 14%, seguido por el ISPIB-MBR con un 13%. La categoría "OTROS" ocupa la quinta posición, mientras que la UNAE se sitúa en la sexta posición.

Tabla 5. IES y su posición según sus niveles de aceptación

IES	NIVEL DE RECONOCIMIENTO			POSICIÓN
	SI	NO		
UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA (UEA)	28,00	78,00	23,00	1
UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA (UTPL)	23,00	65,00	35,00	2
INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO CRECER MAS (ISTEC)	14,00	92,00	9,00	3
INSTITUTO SUPERIOR PEDAGÓGICO "MARTHA BUCARAM DE ROLDOS" (ISPIB -MBR)	13,00	76,00	24,00	4
OTROS	12,00	32,00	68,00	5
UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACIÓN (UNAE)	10,00	89,00	11,00	6

4. Discusión

La investigación sobre la oferta académica de las Instituciones de Educación Superior (IES) en Nueva Loja ofrece una visión detallada de las preferencias y necesidades de los estudiantes de tercer año de bachillerato en la ciudad. En comparación con otras investigaciones similares, se pueden identificar varios puntos de convergencia y divergencia [9].

En primer lugar, los resultados destacan la diversidad de intereses entre los encuestados, abarcando disciplinas desde las ciencias sociales hasta las ingenierías. Esta variedad de preferencias también se ha observado en estudios previos sobre la elección de carreras en contextos similares, lo que sugiere una tendencia común hacia una educación superior diversificada y adaptable a las aspiraciones individuales de los estudiantes [10].

Sin embargo, una diferencia notable es la falta de alineación entre la oferta académica actual y las preferencias de los estudiantes en algunas áreas específicas [11]. Por ejemplo, mientras que hay una demanda marcada por carreras como ingeniería en sistemas informáticos, ingeniería civil y medicina, estas opciones no están plenamente disponibles en las instituciones locales [10]. Esta discrepancia entre la demanda estudiantil y la oferta educativa existente destaca la necesidad de que las IES revisen y adapten sus programas para satisfacer las expectativas de los estudiantes y garantizar la relevancia de la educación superior en el contexto local [12].

Otro aspecto relevante es el nivel de reconocimiento y aceptación de las diferentes IES por parte de los estudiantes [13]. En este sentido, la Universidad Estatal Amazónica (UEA) ocupa el primer lugar en términos de reconocimiento, seguida de la Universidad Técnica Particular de Loja (UTPL) y el Instituto Superior Tecnológico Crecer Mas (ISTEC). Estos hallazgos son consistentes con investigaciones anteriores que han identificado la reputación y la trayectoria institucional como factores determinantes en la elección de una institución educativa [14].

En conclusión, si bien la investigación proporciona una comprensión profunda de las necesidades y preferencias de los estudiantes de tercer año de bachillerato en Nueva Loja, también resalta áreas donde las IES pueden mejorar para satisfacer adecuadamente estas demandas. Al alinear la oferta académica con las preferencias estudiantiles y mejorar el reconocimiento institucional, las IES pueden fortalecer su posición en el mercado educativo local y contribuir de manera más efectiva al desarrollo de la comunidad estudiantil y la sociedad en su conjunto.

5. Conclusión

En primer lugar, se observa una variabilidad significativa en los factores que influyen en la elección de una institución. La oferta académica y la reputación de la institución emergen como elementos determinantes en la toma de decisiones, destacando la importancia de la calidad educativa y la trayectoria institucional. No obstante, es relevante señalar que la proximidad geográfica y la accesibilidad económica también desempeñan un papel significativo, indicando que la ubicación y los costos pueden ser factores cruciales para ciertos grupos de estudiantes.

En cuanto a la percepción de la calidad educativa, los participantes destacaron la importancia de factores como la actualización constante de programas académicos, la presencia de profesorado altamente calificado y la disponibilidad de recursos tecnológicos. Estos resultados sugieren un interés creciente por parte de los estudiantes en acceder a una educación superior que no solo sea teóricamente robusta, sino también adaptada a las demandas del entorno laboral y tecnológico actual. En relación con la elaboración de la escala de posicionamiento, los datos recopilados permiten identificar patrones y preferencias que pueden ser integrados en un sistema de evaluación más amplio. La creación de esta escala tiene el potencial de proporcionar a los estudiantes una herramienta valiosa para evaluar y comparar las instituciones, facilitando así la toma de decisiones informadas y alineadas con sus objetivos académicos y profesionales.

Los resultados de esta investigación ofrecen una visión integral de los factores que inciden en la elección de instituciones de educación superior en Nueva Loja, desde la perspectiva de estudiantes de 3er año de bachillerato. Estos hallazgos no solo tienen implicaciones para los aspirantes a la educación superior, sino que también proveen a las instituciones y autoridades

educativas de valiosa información para mejorar la oferta académica y adaptarse a las necesidades cambiantes de la población estudiantil local.

En cuanto a las recomendaciones, se sugiere desarrollar visitas en sitio a las IES de la localidad de acuerdo con un cronograma de estudio que requiera una observación de al menos un semestre, ya que los momentos de observación podrían influir en el resultado de las entrevistas a las máximas autoridades. Además, es pertinente seleccionar un enfoque metodológico sólido, ya sea cuantitativo, cualitativo o mixto, que se ajuste a los objetivos de la investigación, y diseñar encuestas, entrevistas o grupos focales específicos para capturar las opiniones y percepciones de los estudiantes de 3er año de bachillerato. También se recomienda realizar encuestas detalladas dirigidas a estudiantes, profesores y personal administrativo de las IES en Nueva Loja mediante preguntas específicas que aborden aspectos como la percepción de la calidad académica, las instalaciones, la accesibilidad económica, la reputación institucional y otros factores influyentes en la elección de una institución. Finalmente, es importante comparar los resultados entre las diferentes instituciones de educación superior en Nueva Loja para examinar las fortalezas y debilidades específicas de cada una, así como revisar las implicaciones de los resultados para las instituciones educativas, los estudiantes y las autoridades educativas locales, proporcionando recomendaciones concretas para mejorar los niveles de aceptación.

Referencias

1. Coronado, J.L.; Pírela, R.A.V. Niveles de Resiliencia y Estrategias de Afrontamiento: Reto de Las Instituciones de Educación Superior. *Rev. electrónica Interuniv. Form. del Profr.* **2020**, *23*.
2. Ortiz López, A.; Olmos Migueláñez, S.; Sánchez Prieto, J.C. Calidad En E-Learning: Identificación de Sus Dimensiones, Propuesta y Validación de Un Modelo Para Su Evaluación En Educación Superior. *RIED. Rev. Iberoam. Educ. a Distancia* **2021**.
3. Montoya, L.A.; Benjumea, J.C.C.; Duque, A.M.L. Balanced Scorecard En Instituciones de Educación Superior. *Sci. Tech.* **2005**, *1*.
4. Guzmán, J.C. La Calidad de La Enseñanza En Educación Superior¿ Qué Es Una Buena Enseñanza En Este Nivel Educativo? *Perfiles Educ.* **2011**, *33*, 129–141.
5. Cabana, S.R.; Aguilera, M.I.; Chiang, A.F.; Hurtado, E.I. Análisis Del Liderazgo Sustentable Del Estudiante de Ingeniería En Un Centro de Educación Superior: Desafíos de Gestión Educacional. *Form. Univ.* **2022**, *15*, 75–86.
6. Gazzola, A.L.; Didriksson, A. Tendencias de La Educación Superior En América Latina y El Caribe. **2018**.
7. Rojas, A.; Guzmán, E.C. *Educación a Los Otros: Estado, Políticas Educativas y Diferencia Cultural En Colombia*; Universidad del Cauca Popayán, 2005; ISBN 9589475787.
8. Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de la Provincia de Sucumbios *Plan De Desarrollo Y Ordenamiento Territorial de La Provincia De Sucumbios*; 2018; Vol. 53; ISBN 9788578110796.
9. Botello, J.Á.; Salinas, E.M.C.; Pérez, D.E.R. Estudio de La Satisfacción de Los Estudiantes Con Los Servicios Educativos Brindados Por Instituciones de Educación Superior Del Valle de Toluca. *REICE. Rev. Iberoam. sobre calidad, Efic. y cambio en Educ.* **2015**, *13*, 5–26.
10. Silas Casillas, J.C. Percepción de Los Estudiantes de Nivel Medio Superior Sobre La Educación Superior: Dos Ciudades y Cinco Instituciones. *Sinéctica* **2012**, 1–17.
11. de la Garza Aguilar, J. La Evaluación de Programas Educativos Del Nivel Superior En México: Avances y Perspectivas. *Perfiles Educ.* **2013**, *35*, 33–45.
12. Cañizares González, R.; Febles Rodríguez, J.P.; Estrada Senti, V. Los Objetos de Aprendizaje, Una Tecnología Necesaria Para Las Instituciones de La Educación Superior En Cuba. *Acimed* **2012**, *23*, 102–115.
13. Duran, S.; Fuenmayor, A.; Cárdenas, S.; Hernández, R. Emprendimiento Como Proceso de Responsabilidad Social En Instituciones de Educación Superior En Colombia y Venezuela. *Desarro. Gerenc.* **2016**, *8*, 58–75.

14. Pérez, F.L. Aplicación Del Modelo SERVPERF Para La Medición de La Percepción Sobre La Calidad Del Servicio de La Educación Superior. *Eco matemático* **2017**, 43–50.