

ISSN 2773-7330



ALFA PUBLICACIONES

Revista Científica Indexada
Revisada por pares ciegos



VOL 7 NUM 3
INTELIGENCIA
ARTIFICIAL



JULIO - SEPTIEMBRE
2025

www.alfapublicaciones.com
www.cienciadigitalaeditorial.com



La revista Alfa Publicaciones se presenta como un medio de divulgación científica, se publica en soporte electrónico trimestralmente, abarca temas de carácter multidisciplinar. Dirigida a investigadores, tiene el objetivo de publicar artículos originales e inéditos resultados de investigación, en inglés, portugués y español, de alcance internacional, que cumplan con lo estipulado en el código de ética. El equipo editorial y científico tiene el compromiso ético y de responsabilidad en la aplicación de la política y gestión de la revista, utilizando herramientas de detección de plagio Su periodicidad es trimestral. Publica mínimamente 20 artículos distribuidos en 4 números al año, bajo un sistema Open Access. La revista utiliza el sistema de revisión externa por pares expertos, de forma anónima, mediante el método "doble ciego" (double-blind peer review).

ISSN: 2773-7330 versión electrónica

Los aportes para la publicación están constituidos por:

Artículos Originales, Artículos de Revisión, Informes Técnicos, Comunicaciones en congresos, Comunicaciones cortas, Cartas al editor, Estados del arte & Reseñas de libros.



EDITORIAL REVISTA CIENCIA DIGITAL



Contacto: Ciencia Digital, Ambato- Ecuador

Teléfono: 0998235485

Publicación:

w: www.cienciadigital.org

w: www.cienciadigitaleditorial.com

e: luisefrainvelastegui@cienciadigital.org

e: luisefrainvelastegui@hotmail.com

Director General

Dr.C. Efraín Velastegui López. PhD. ¹

"Investigar es ver lo que todo el mundo ha visto, y pensar lo que nadie más ha pensado".

Albert Szent-Györgyi

¹ Magister en Tecnología de la Información y Multimedia Educativa, Magister en Docencia y Currículo para la Educación Superior, Doctor (PhD) en Conciencia Pedagógicas por la Universidad de Matanza Camilo Cien Fuegos Cuba, cuenta con más de 60 publicaciones en revista indexadas en Latindex y Scopus, 21 ponencias a nivel nacional e internacional, 13 libros con ISBN, en multimedia educativa registrada en la cámara ecuatoriana del libro, una patente de la marca Ciencia Digital, Acreditación en la categorización de investigadores nacionales y extranjeros Registro REG-INV- 18-02074, Director, editor de las revistas indexadas en Latindex Catalogo Ciencia digital, Conciencia digital, Visionario digital, Explorador digital, Anatomía digital y editorial Ciencia Digital registro editorial No 663. Cámara ecuatoriana del libro, director de la Red de Investigación Ciencia Digital, emitido mediante Acuerdo Nro. SENESCYT-2018-040, con número de registro REG-RED-18-0063.

PRÓLOGO

El desarrollo educativo en Ecuador, alcanza la vanguardia mundial, procurando mantenerse actualizada y formar parte activa del avance de la conciencia y la tecnología con la finalidad de que nuestro país alcance los estándares internacionales , ha llevado a quienes hacemos educación, a mejora y capacitarnos continuamente permitiendo ser conscientes de nuestra realidad social como demandante de un cambio en la educación ecuatoriana, de manera profunda, ir a las raíces, para así poder acceder a la transformación de nuestra ideología para convertirnos en forjadores de personalidades que puedan dar solución a los problemas actuales, con optimismo y creatividad de buscar un futuro mejor para nuestras educación; por ello, docentes y directivos tenemos el compromiso de realizar nuestra tarea con seriedad, respeto y en un contexto de profesionalización del proceso pedagógico.

Índice

1. Adaptación Bioclimática y Sostenibilidad de la
Arquitectura Vernácula en Rumicruz, Chimborazo:
Un Estudio de Caso Múltiple

(Karina Elizabeth Cajamarca Dacto, Jean Carlos Montero Riofrio, Israel
Fernando Noriega Cadena, Ana Lucia Cerda Obregón)

06-37

2. Estimación de carbono orgánico liberado por quema
de vegetación en páramo, parroquia San Juan,
Chimborazo

(Miguel Ángel Guallpa Calva, Victor German Guaraca Pomagualli,
Andrea Patricia Guapi Auquilla, Germán Gonzalo Reinoso Muñoz)

38-59

3. Desarrollo de poliuretanos con propiedades
mejoradas

(Luis Santiago Carrera Almendáriz, Ana Gabriela Flores Huilcapi)

60-76

4. Determinación de la concentración de metales
pesados en suelos del cantón Quero-Tungurahua.
Estudio de caso

(Lourdes Cumandá Carrera Beltrán, Juan Carlos González García,
Silvana Paola Ocaña Coello, Cristian David Buñay Estrella, Anderson
David Chimbolema Cepeda)

77-91

5. Relación escuela-empresa en bachillerato técnico de
contabilidad: análisis crítico de la teoría a la práctica

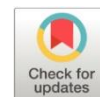
(Jefferson Javier Shiguango Chimbo, Derlyn Liseth Macias Chancay,
Mireya Gioconda Delgado Chavarría, Mireya Stefanía Zúñiga Delgado)

92-113

Adaptación bioclimática y sostenibilidad de la arquitectura vernácula en Rumicruz, Chimborazo: un estudio de caso múltiple

Bioclimatic adaptation and sustainability of vernacular architecture in Rumicruz, Chimborazo: a multiple case study

- ¹ Karina Elizabeth Cajamarca Dacto  <https://orcid.org/0009-0009-3465-302X>
Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH), Riobamba, Ecuador.
Maestría en Arquitectura y Sostenibilidad
karina.cajamarca@unach.edu.ec
- ² Jean Carlos Montero Riofrio  <https://orcid.org/0009-0009-3193-5945>
Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH), Riobamba, Ecuador.
jean.montero@unach.edu.ec
- ³ Israel Fernando Noriega Cadena  <https://orcid.org/0009-0004-3867-2651>
Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH), Riobamba, Ecuador.
ifnoriega.fiar@unach.edu.ec
- ⁴ Ana Lucia Cerda Obregón  <https://orcid.org/0009-0000-8988-2481>
Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH), Riobamba, Ecuador.
ana.cerda@unach.edu.ec



Artículo de Investigación Científica y Tecnológica

Enviado: 12/04/2025

Revisado: 16/05/2025

Aceptado: 04/06/2025

Publicado: 01/07/2025

DOI: <https://doi.org/10.33262/ap.v7i3.617>

Cítese:

Cajamarca Dacto, K. E., Montero Riofrio, J. C., Noriega Cadena, I. F., & Cerda Obregón, A. L. (2025). Adaptación Bioclimática y Sostenibilidad de la Arquitectura Vernácula en Rumicruz, Chimborazo: Un Estudio de Caso Múltiple. *AlfaPublicaciones*, 7(3), 6–37. <https://doi.org/10.33262/ap.v7i3.617>



ALFA PUBLICACIONES, es una revista multidisciplinar, **trimestral**, que se publicará en soporte electrónico tiene como **misión** contribuir a la formación de profesionales competentes con visión humanística y crítica que sean capaces de exponer sus resultados investigativos y científicos en la misma medida que se promueva mediante su intervención cambios positivos en la sociedad. <https://alfapublicaciones.com>

La revista es editada por la Editorial Ciencia Digital (Editorial de prestigio registrada en la Cámara Ecuatoriana de Libro con No de Afiliación 663) www.celibro.org.ec

Esta revista está protegida bajo una licencia Creative Commons Attribution Non Commercial No Derivatives 4.0 International. Copia de la licencia: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>



Palabras claves:

Arquitectura,
Vernáculo,
sostenibilidad,
rural, Bioclimático,
análisis
arquitectónico

Resumen

Introducción. La arquitectura vernácula usa saberes y materiales locales para adaptarse al clima y cultura andina, pero la migración y modernización amenazan su valor y cohesión social. Preservarla es clave para la sostenibilidad y memoria comunitaria. **Objetivo.** Por lo tanto, esta investigación tiene como objetivo: Analizar las características formales, funcionales, constructivas, bioclimáticas, el contexto y estado de conservación de seis viviendas vernáculas de la comunidad de Rumicruz, con el propósito de contribuir al rescate, valoración y preservación de su arquitectura tradicional. **Metodología.** Investigación cualitativa y descriptiva de seis viviendas vernáculas en Rumicruz, Chimborazo, que combina trabajo de campo y revisión documental. Con método etnográfico, analiza aspectos formales, funcionales y bioclimáticos mediante visitas y datos empíricos y teóricos. Incluye viviendas y habitantes, cuyo saber es clave para valorar la arquitectura tradicional como patrimonio y modelo sostenible. **Resultados.** En Rumicruz, a más de 3200 msnm, seis viviendas vernáculas antiguas, mayormente abandonadas, se ubican en un área pequeña por seguridad y acceso a materiales locales. Presentan volúmenes compactos, muros de tapial y adobe, cubiertas inclinadas de paja y pocas aberturas para conservar calor, con orientaciones que protegen del viento y aprovechan el sol. Internamente, espacios multifuncionales reflejan estilos de vida tradicionales. Su diseño bioclimático pasivo optimiza el confort térmico, apoyado en estructuras de madera y materiales locales, aunque recientes cambios han afectado su eficiencia y funcionalidad original. **Conclusión.** La arquitectura vernácula de Rumicruz es una adaptación bioclimática eficiente con técnicas locales que superan construcciones modernas, pero la modernización y migración amenazan su conservación. Revalorizarla con políticas y capacitación integrando saberes tradicionales fortalecerá identidad y resiliencia comunitaria. **Área de estudio general:** Arquitectura. **Área de estudio específica:** Arquitectura Vernácula. **Tipo de estudio:** Artículos originales.

Keywords:

Architecture,

Abstract

Introduction. Introduction: Vernacular architecture uses local

Vernacular,
sustainability,
rural, Bioclimatic,
architectural
analysis

knowledge and materials to adapt to the Andean climate and culture, but migration and modernization threaten its value and social cohesion. Preserving it is key to sustainability and community memory. **Objective.** Therefore, this research aims to: Analyze the formal, functional, constructive, and bioclimatic characteristics, the context and state of conservation of six vernacular houses in the community of Rumicruz, with the purpose of contributing to the rescue, valuation, and preservation of its traditional architecture. **Methodology.** Qualitative and descriptive research of six vernacular houses in Rumicruz, Chimborazo, combining field work and documentary review. With ethnographic method, it analyzes formal, functional, and bioclimatic aspects through visits and empirical and theoretical data. It includes dwellings and inhabitants, whose knowledge is key to value traditional architecture as a heritage and sustainable model. **Results.** In Rumicruz, at more than 3200 meters above sea level, six old vernacular dwellings, mostly abandoned, are in a small area for security and access to local materials. They have compact volumes, adobe, and mud walls, sloping thatched roofs and few openings to conserve heat, with orientations that protect from the wind and take advantage of the sun. Internally, multifunctional spaces reflect traditional lifestyles. Their passive bioclimatic design optimizes thermal comfort, supported by wooden structures and local materials, although recent changes have affected their original efficiency and functionality. **Conclusion.** The vernacular architecture of Rumicruz is an efficient bioclimatic adaptation with local techniques that surpass modern constructions, but modernization and migration threaten its conservation. Revaluing it with policies and training integrating traditional knowledge will strengthen identity and community resilience **General Area of Study:** Architecture. **Specific area of study:** Vernacular Architecture. **Type of study:** Original articles.

1. Introducción

El término arquitectura vernácula es una manifestación constructiva profundamente vinculada a las condiciones locales de una comunidad. Según Rapoport (1969)

constituye un sistema cultural materializado en formas arquitectónicas desarrolladas de manera empírica, en respuesta directa a las necesidades de sus habitantes, el clima y los recursos disponibles. Esta arquitectura se basa en el conocimiento acumulado y transmitido de generación en generación, sin la intervención de arquitectos formales, lo que la convierte en una expresión de sabiduría colectiva y rescate de identidad cultural.

Así también Oliver (2006) destaca que la arquitectura vernácula no es solo un producto material, sino también un contenedor de valores sociales, económicos y ambientales. Es un testimonio vivo de cómo las sociedades humanas pueden habitar el territorio de forma armónica, utilizando materiales autóctonos y técnicas adaptadas a cada entorno. A su vez Mileto et al. (2015) argumentan que esta arquitectura frente a los desafíos contemporáneos como el cambio climático y la crisis energética ofrece soluciones inspiradoras para un diseño sostenible y resiliente, pues conjuga eficiencia energética pasiva, bajo impacto ambiental y pertinencia cultural.

Cabe resaltar que, en América Latina, y especialmente en regiones andinas, la vivienda tradicional ha sido históricamente un modelo de adaptación bioclimática. Es así como de acuerdo con Torres-Quezada & Lituma-Saetama (2023) las casas andinas integran materiales como piedra, adobe, paja y madera local, organizadas para optimizar la protección frente a temperaturas extremas, humedad y precipitaciones. Además, su disposición espacial refleja valores comunitarios y familiares que consolidan la identidad cultural.

Sin embargo, a pesar de su valor, la arquitectura vernácula enfrenta actualmente múltiples amenazas que comprometen su permanencia. Uno de los factores más determinantes es la migración de la población rural hacia centros urbanos o al extranjero, fenómeno ampliamente documentado en contextos andinos (Solórzano, 2019). En el norte de Chile, González (2023) documenta cómo familias indígenas migran a barrios urbanos, donde la autoconstrucción de viviendas ya no sigue los modos ancestrales sino formatos híbridos, generando una pérdida de identidad cultural y territorial.)

Paralelamente, la presión de la modernización impulsa a la población a sustituir técnicas y materiales tradicionales por otros industrializados. Corrales et al. (2021) indican que la introducción de métodos constructivos contemporáneos en comunidades nativas provoca una distorsión de su identidad arquitectónica. Así, muchos pobladores optan por materiales como el cemento, el hierro y el bloque, dejando de lado la arquitectura vernácula, lo que puede comprometer el confort térmico, incrementar los costos energéticos y acelerar el deterioro de las viviendas.

Por otra parte Oliver (2006) señala que la falta de políticas públicas de preservación, junto con la débil valoración social de estas construcciones, profundiza la crisis. Siendo

el resultado de este proceso la pérdida progresiva de identidad cultural. Al cambiar el lenguaje constructivo y la organización espacial de la vivienda, se transforman también los modos de habitar y las prácticas sociales asociadas, debilitando la cohesión comunitaria y el sentido de pertenencia (Torres-Quezada & Lituma-Saetama, 2023).

Por otro parte más allá de su funcionalidad, la arquitectura vernácula constituye un soporte de la identidad cultural de las comunidades. Rapoport (1969) indica que la forma de la vivienda, su orientación y distribución interna reflejan jerarquías sociales, valores familiares y prácticas rituales profundamente arraigadas en la cosmovisión local. Oliver (2006) coincide en que estos espacios no son meros refugios, sino contenedores de memoria colectiva, transmitidos de generación en generación como parte de un legado cultural vivo.

De forma paralela, la desaparición de la arquitectura vernácula representa la erosión de un componente fundamental de la identidad comunitaria. Vidal et al. (2022) señalan que, al abandonar los métodos constructivos tradicionales, las comunidades no solo pierden formas edificatorias, sino también narrativas de resiliencia, adaptación y pertenencia. Por tanto, conservar este patrimonio arquitectónico es esencial para resistir la tendencia a la homogeneización cultural global y mantener viva la memoria colectiva.

Es así como en las comunidades andinas, la vivienda vernácula cumple un rol fundamental como símbolo de cohesión social. Los espacios comunes, patios interiores, cocinas comunales y sistemas constructivos colectivos refuerzan valores de reciprocidad y solidaridad. Este modelo contrasta con la vivienda contemporánea individualizada y estandarizada, que tiende a fragmentar la interacción comunitaria (Mileto et al., 2015).

Cabe añadir que según Oliver (2006) la vivienda rural vernácula es, en esencia, una respuesta bioclimática y funcional a las necesidades básicas de refugio, almacenamiento y actividades domésticas. Tal es el caso, que en el aspecto bioclimático, la arquitectura vernácula ha incorporado, de forma empírica, principios de diseño bioclimático que aseguran un nivel óptimo de confort térmico adaptado a cada contexto geográfico. Torres-Quezada & Lituma-Saetama (2023) señalan que los muros gruesos de adobe y piedra funcionan como masa térmica, acumulando calor durante el día y liberándolo lentamente en la noche, regulando así las fuertes oscilaciones térmicas características de zonas de alta montaña.

Por su parte Vázquez-Torres et al. (2018) resalta cómo la arquitectura vernácula incorpora estrategias pasivas como la orientación solar de las viviendas, la ubicación controlada de aberturas y el uso de materiales naturales disponibles localmente. Estas decisiones no solo responden a condiciones climáticas específicas, sino que posicionan a esta arquitectura como una referencia vigente de sostenibilidad bioclimática.

Es pertinente señalar que Salazar & Meneses (2021) argumentan que la sustitución de materiales tradicionales por industriales como bloque de cemento, planchas de zinc y hormigón armado rompe este equilibrio bioclimático, generando espacios con menor confort y por ende mayor dependencia de sistemas de climatización artificial. Esto implica mayores costos energéticos y económicos para familias rurales, contradiciendo principios de sostenibilidad adaptativa que la arquitectura vernácula encarna de forma ejemplar.

Lamentablemente Mileto et al. (2015) sostienen que frente a la presión de la modernización y la globalización, la vivienda rural vernácula enfrenta un proceso de transformación y, en muchos casos, de desaparición. Factores como la migración rural-urbana, la influencia de modelos de construcción industrializados y la falta de políticas de preservación cultural han impulsado la sustitución de técnicas y materiales locales por otros que no siempre responden a las condiciones climáticas ni a la identidad de la comunidad.

Además como señalan Salazar & Meneses (2021) la transformación de la vivienda rural afecta la estructura social de las comunidades, pues se pierden prácticas constructivas colectivas, la transmisión de conocimientos tradicionales y el sentido de pertenencia asociado a la materialidad y la espacialidad de la casa tradicional.

En este sentido, la revalorización de la vivienda rural vernácula se presenta como una estrategia clave para promover la sostenibilidad ambiental, la eficiencia energética y la resiliencia comunitaria. Preservar y revitalizar estos modelos implica no solo conservar un patrimonio arquitectónico tangible, sino fortalecer la identidad cultural y mejorar la calidad de vida rural, articulando tradición y contemporaneidad en soluciones habitacionales pertinentes y adaptativas. (Mora & Alvear, 2021)

Este proceso de transformación a lo largo del tiempo, presente en la arquitectura, se ha manifestado de forma más evidente en la comunidad de Rumicruz, ubicada en la región andina, donde aún subsiste un importante conjunto de viviendas vernáculas, seis viviendas vernáculas que reflejan técnicas constructivas tradicionales, adaptadas durante siglos a su entorno físico y cultural y que actualmente se encuentran abandonadas. Según Córdor (2019) estas viviendas evidencian la habilidad de la población para generar espacios confortables utilizando recursos locales como piedra, adobe, madera y cubiertas de paja, en armonía con el clima y la topografía.

No obstante como advierte Solórzano (2019) la migración constante de los habitantes hacia ciudades más grandes o incluso fuera del país ha generado un debilitamiento en la transmisión de conocimientos constructivos y una ruptura de los vínculos con la arquitectura vernácula. Al retornar, muchas familias optan por modelos de vivienda “moderna” que, aunque percibidos como signo de progreso, ignoran las condiciones

climáticas y materiales del lugar, y desarticulan la memoria arquitectónica de la comunidad.

Cabe destacar, que la arquitectura vernácula en regiones de alta montaña ha demostrado una eficiencia térmica notable gracias al uso de estrategias pasivas y materiales locales. Singh et al. (2024) estudiaron viviendas en Keylong, Himalayas, evidenciando cómo técnicas constructivas ancestrales con piedra y madera logran un aislamiento térmico eficaz frente a condiciones extremas. De forma similar Bodach et al. (2014) identificaron en Nepal la relevancia de la orientación solar, la ventilación natural y la implantación de los volúmenes como elementos esenciales para mantener confort térmico y reducir el consumo energético, principios que hoy inspiran prácticas de diseño sostenible.

Investigaciones recientes confirman que estos sistemas superan a soluciones modernas en términos de eficiencia y adaptabilidad. Cojocarú & Isopescu (2021) analizaron cúpulas de adobe y disposiciones espaciales vernáculas, demostrando su impacto en la reducción de necesidades energéticas en climas severos. Asimismo Martinovic & Zecevic (2023) comprobaron mediante simulaciones que las viviendas tradicionales de Bosnia integran técnicas de aislamiento y compartimentación estacional altamente efectivas para conservar la temperatura interior, validando su vigencia como modelo para la arquitectura contemporánea de bajo consumo.

A nivel global, diversos estudios destacan la importancia de preservar y revitalizar estas prácticas como parte de políticas de desarrollo sostenible. Zong et al. (2024) señalan en su revisión sistemática que existe un vacío en la incorporación de estrategias vernáculas en normativas y planes de vivienda actuales, lo que limita su potencial para afrontar desafíos climáticos. Por su parte Mehta et al. (2022) demuestran que en Kirguistán la rehabilitación de viviendas vernáculas con intervenciones energéticas respetuosas de la técnica local mejora notablemente la habitabilidad, fomentando la participación comunitaria y la conservación de saberes ancestrales como recurso de resiliencia.

Así también Córdor (2019) identifica la ausencia de investigaciones profundas sobre el valor de la arquitectura vernácula de Rumicruz como una de las principales causas de su deterioro físico y simbólico. Este vacío de conocimiento, junto con las limitaciones económicas de la población, incentiva la importación de materiales industrializados como cemento, hierro y planchas de zinc. Esta práctica conlleva impactos negativos como: aumento en los costos de transporte de materiales externos, uso de materiales sin propiedades térmicas adecuadas, generando pérdida en el confort en las viviendas, rápido deterioro estructural debido a la incompatibilidad de nuevos materiales con las técnicas locales, incremento del consumo energético para climatización artificial, en contraste con la eficiencia pasiva de las técnicas tradicionales, desvinculación de la comunidad con su patrimonio construido, fomentando la pérdida de identidad cultural.

Este contexto crítico subraya la necesidad urgente de investigaciones que reconozcan, analicen y revitalicen la arquitectura vernácula de Rumicruz, integrando soluciones arquitectónicas que respeten los saberes locales, el entorno natural y la bioclimática propia de la región. Solo así será posible frenar la pérdida de patrimonio material e inmaterial, fortalecer la cohesión comunitaria y proponer modelos de vivienda sostenibles y culturalmente pertinentes.

Por lo tanto esta investigación tiene como objetivo: Analizar las características formales, funcionales, constructivas, bioclimáticas, el contexto y estado de conservación de seis viviendas vernáculas de la comunidad de Rumicruz, con el propósito de contribuir al rescate, valoración y preservación de su arquitectura tradicional.

2. Metodología

El diseño de esta investigación es de tipo cualitativo, descriptivo y de estudio de caso múltiple, orientado a comprender en profundidad las características formales, funcionales y bioclimáticas de seis viviendas vernáculas ubicadas en la comunidad de Rumicruz, provincia de Chimborazo, Ecuador.

El enfoque cualitativo se justifica por la necesidad de interpretar fenómenos constructivos y culturales que no pueden ser cuantificados únicamente mediante variables numéricas, sino que requieren ser analizados desde la perspectiva de sus habitantes y el contexto sociocultural en el que se insertan. Asimismo, la investigación es de carácter descriptivo, ya que busca detallar de manera exhaustiva las tipologías arquitectónicas, técnicas constructivas, disposición espacial y estrategias de adaptación climática presentes en las viviendas estudiadas.

Para alcanzar estos fines, se adopta un diseño de estudio de caso múltiple, que permite analizar cada vivienda como una unidad de análisis independiente, identificando sus particularidades y patrones comunes. Esta estrategia facilita la comparación cruzada y la formulación de conclusiones generalizables a contextos similares dentro de la región andina.

El proceso metodológico se organizó en varias etapas. Primero, se realizó una revisión documental de literatura científica sobre arquitectura vernácula, bioclimática y vivienda rural andina, para establecer el marco teórico y contextualizar la problemática. En segundo lugar, se llevó a cabo un trabajo de campo, que incluyó visitas in situ a cada una de las seis viviendas, registro fotográfico detallado, levantamientos de información espacial (área, orientación, altitud) y observación directa del estado de conservación.

Los datos recopilados se organizaron mediante planos esquemáticos y diagramas de emplazamiento para cada vivienda. Posteriormente, se realizó un análisis identificando

similitudes y divergencias en aspectos formales, funcionales, constructivos y bioclimáticos.

Finalmente, los resultados fueron sistematizados e interpretados a la luz del marco teórico y de la literatura revisada, lo que permitió establecer una discusión crítica sobre la pertinencia y vigencia de la arquitectura vernácula como referente para soluciones habitacionales sostenibles y culturalmente pertinentes en la región andina.

La presente investigación se enmarca en un enfoque cualitativo, de alcance descriptivo y de carácter exploratorio-interpretativo, orientado a profundizar en el conocimiento de las características arquitectónicas, funcionales y bioclimáticas de la vivienda vernácula en la comunidad de Rumicruz, Chimborazo.

El enfoque cualitativo permite abordar el objeto de estudio en su contexto natural, interpretando significados culturales, técnicas constructivas empíricas y estrategias de adaptación ambiental que subyacen a cada edificación.

El nivel descriptivo se justifica por la necesidad de detallar sistemáticamente los atributos formales (volumetría, orientación, disposición de espacios), constructivos (materialidad, técnicas tradicionales) y bioclimáticos (estrategias pasivas de confort) de cada una de las seis viviendas seleccionadas como casos de estudio.

De igual forma, se considera exploratorio, dado que la arquitectura vernácula de Rumicruz no ha sido ampliamente documentada ni analizada desde un enfoque académico sistemático, lo cual requiere abrir un primer acercamiento detallado para generar insumos que puedan alimentar futuras investigaciones y políticas de conservación.

Finalmente, la investigación adopta la estrategia de estudio de caso múltiple, donde cada vivienda constituye una unidad de análisis independiente, favoreciendo una comprensión integral del fenómeno vernáculo en el contexto andino.

El nivel de la presente investigación es **descriptivo y exploratorio**, en primer lugar se considera **descriptiva** puesto que se orienta a caracterizar de forma detallada y sistemática las propiedades formales, funcionales, constructivas y bioclimáticas de seis viviendas vernáculas, documentando su estado actual, su contexto físico y su relación con factores ambientales propios de la región andina de Chimborazo. Este nivel de análisis permite generar un registro exhaustivo de información empírica que sirva como base para la interpretación y conservación de estas tipologías habitacionales tradicionales. En segundo lugar, el estudio adquiere un carácter **exploratorio** dado que aborda una temática poco investigada en profundidad dentro del ámbito académico local, como es la arquitectura vernácula de Rumicruz. Este nivel exploratorio posibilita identificar aspectos críticos, problemas emergentes y vacíos de conocimiento, que

servirán como punto de partida para futuras investigaciones orientadas a la preservación, rehabilitación y valoración de este patrimonio constructivo.

De este modo, la combinación de los niveles descriptivo y exploratorio permite no solo registrar las características físicas de las viviendas, sino también contextualizarlas culturalmente y reflexionar sobre su pertinencia como modelo de sostenibilidad habitacional en escenarios rurales contemporáneos.

La modalidad de la presente investigación es de campo y documental, combinadas de forma complementaria para garantizar un análisis integral del objeto de estudio.

La modalidad de campo se fundamenta en la realización de visitas directas a la comunidad de Rumicruz, donde se llevó a cabo la observación in situ de cada una de las seis viviendas vernáculas seleccionadas. Durante este proceso, se ejecutaron levantamientos fotográficos, registro de datos espaciales (ubicación, altitud, orientación), esquemas de distribución interna. Esta modalidad permitió recolectar información empírica de primera mano, registrar el estado actual de conservación de las edificaciones y verificar en contexto sus estrategias de adaptación bioclimática.

En complemento, la modalidad documental se basó en la revisión, análisis y sistematización de bibliografía especializada relacionada con la arquitectura vernácula, la vivienda rural andina, el diseño bioclimático y la sostenibilidad constructiva. Asimismo, se consultaron investigaciones previas, normativas, mapas y fuentes académicas que sirvieron para contextualizar teóricamente los hallazgos obtenidos en campo.

La integración de ambas modalidades permitió confrontar la información empírica con la fundamentación teórica, posibilitando un análisis crítico y profundo de la vivienda vernácula de Rumicruz como patrimonio arquitectónico, cultural y ambiental.

El método de investigación adoptado en este estudio es el método etnográfico-descriptivo, complementado con el análisis de caso múltiple, adecuado para abordar fenómenos arquitectónicos inmersos en contextos socioculturales específicos.

El método etnográfico se justifica porque permite comprender la vivienda vernácula como una manifestación material de la cultura local, revelando prácticas constructivas, valores simbólicos y estrategias de adaptación ambiental. A través de la observación directa, y la interpretación contextual, se logra captar la interacción entre la comunidad y su entorno construido.

De manera complementaria, se aplica el análisis de caso múltiple, dado que cada una de las seis viviendas se considera como una unidad de estudio independiente. Este enfoque facilita examinar en profundidad sus particularidades formales, funcionales y

constructivas, identificando patrones comunes y divergencias que permiten comprender la vivienda vernácula de Rumicruz como un sistema arquitectónico coherente, pero con rasgos específicos según cada propietario y su historia.

El método combina técnicas de recolección de información cualitativa, tales como visitas de campo, levantamientos descriptivos, registro fotográfico, diagramación de espacios y revisión de archivos y fuentes bibliográficas. Posteriormente, se realiza una triangulación de datos entre la información obtenida en campo, la evidencia documental y los aportes teóricos, garantizando así la validez y consistencia del análisis.

Este enfoque metodológico permite generar una interpretación integral de la vivienda vernácula de Rumicruz, considerando su dimensión física, funcional, cultural y bioclimática, y aportando evidencias para su conservación, valorización y posible aplicación como referente en estrategias de vivienda rural sostenible.

El desarrollo de la investigación se organizó en tres fases principales: planificación, trabajo de campo y análisis de información. En la fase de planificación se definió la selección de seis viviendas vernáculas como casos de estudio.

En la fase de trabajo de campo, se realizaron visitas in situ para levantar información técnica mediante mediciones, registro fotográfico y observación directa de características formales, constructivas y bioclimáticas. Paralelamente, se efectuó una revisión documental de literatura especializada y estudios previos para contextualizar y contrastar la información empírica.

Finalmente, se organizaron y sistematizaron los datos realizando una triangulación entre resultados de campo y referentes teóricos para garantizar la validez de los hallazgos. Esta metodología permitió describir y analizar de forma integral las viviendas vernáculas de Rumicruz como manifestación de adaptación cultural y sostenibilidad local.

La población de estudio estuvo conformada por el conjunto de viviendas vernáculas existentes en la comunidad de Rumicruz, situada en la región andina de la provincia de Chimborazo, Ecuador. De acuerdo con Córdor (2019) en esta localidad se identifican seis viviendas tradicionales que representan el legado constructivo y cultural de la zona, constituyendo un ejemplo significativo de adaptación bioclimática y uso de materiales locales.

Cada una de estas viviendas se seleccionó como unidad de análisis, considerando su estado de conservación, su representatividad tipológica y su localización dentro de la comunidad (Solorzano, 2019). Además como fuente de información complementaria se incluyó la participación de habitantes locales, propietarios y personas conocedoras de

las técnicas constructivas tradicionales, quienes aportaron testimonios valiosos sobre la historia, uso y transformaciones de estas edificaciones a lo largo del tiempo.

De esta manera, la población de estudio no se limitó únicamente a las edificaciones físicas, sino que abarcó también el conocimiento empírico y la memoria oral de la comunidad, elementos indispensables para comprender la vivienda vernácula como fenómeno cultural integral.

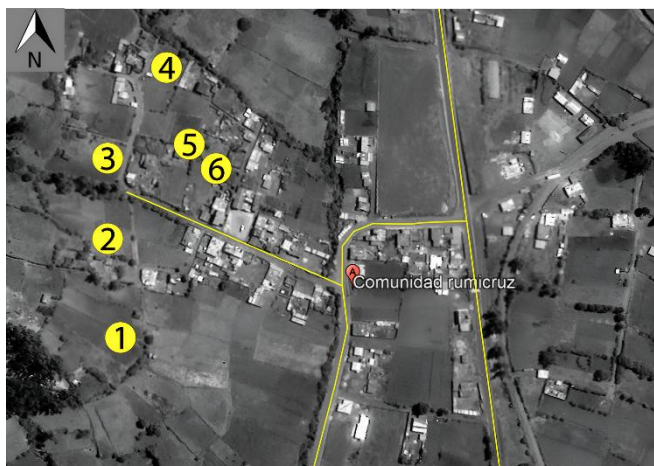
3. Resultados

De acuerdo con Córdor (2019) en la comunidad de Rumicruz se identifican seis viviendas vernáculas ubicadas dentro de un radio de 200 m entre ellas, situadas a una altitud que varía entre los 3218 y 3253 msnm. La localización de estas viviendas en la parte alta de la comunidad responde a una problemática de seguridad que se presentó en la década de 1980. Según Tuaza (2019) la población buscaba asentarse en zonas elevadas para vigilar el territorio y detectar la aproximación de personas extrañas, debido a los frecuentes robos cometidos por los denominados “cuatrerros”.

Como se observa en la **Figura 1** estas viviendas se localizan en el sector oeste de la comunidad, específicamente en la parte alta. Además de la seguridad, otro factor que justificaba esta ubicación era la proximidad a las fuentes de materiales de construcción como paja, carrizo y madera, disponibles en la montaña. Este emplazamiento facilitaba la recolección de recursos sin recorrer grandes distancias y permitía realizar actividades cotidianas, como el pastoreo de animales, en inmediaciones de la vivienda.

Figura 1

Ubicación de viviendas vernáculas en Rumicruz



En la **Tabla 1** se puede observar los datos de ubicación, altitud, propietario y los años de construcción de cada una de las viviendas vernáculas, esta información fue

recopilada por Córdor (2019) que menciona también que de las 6 viviendas mencionadas, 4 de ellas se encuentran en estado de abandono y los 2 restantes se encuentran ocupada por 1 familia cada una de ellas como se muestra en la **Tabla 1**:

Tabla 1

Información General de viviendas vernáculas

# Vivienda	Cuadro De Coordenadas			Información General		
	X(M)	Y(M)	Z(M)	Propietario	Estado	Años construido
1	749401,19	9826052,63	3249	Sr. Santiago Buñay	Abandonada	70 años
2	749365,77	9826105,92	3253	Sr. Toribio Sisa	Abandonada	55 años
3	749381,17	9826213,03	3239	Sr. Manuel Sanunga	Abandonada	70 años
4	749432,5	9826243,51	3237	Sr. Rafael Guamushi	Ocupada	60 años
5	749472,53	9826172,88	3220	Sr. Pedro Guamushi	Ocupada	70 años
6	749492,85	9826161,29	3218	Sr. Fidel Calapiño	Abandonada	60 años

Fuente: Córdor (2019)

3.1. Vivienda Buñay

Contexto y estado de conservación. La vivienda Buñay como se observa en la **Figura 2** perteneciente al señor Santiago Buñay, se construyó aproximadamente en 1949, lo que le otorga una antigüedad de 74 años. Actualmente se encuentra en estado de abandono y presenta un avanzado deterioro, exacerbado por la proliferación de vegetación circundante debido a la falta de mantenimiento durante la pandemia de COVID-19. El difícil acceso y el crecimiento incontrolado de la maleza han contribuido a su progresivo deterioro estructural.

Figura 2

Vivienda Buñay

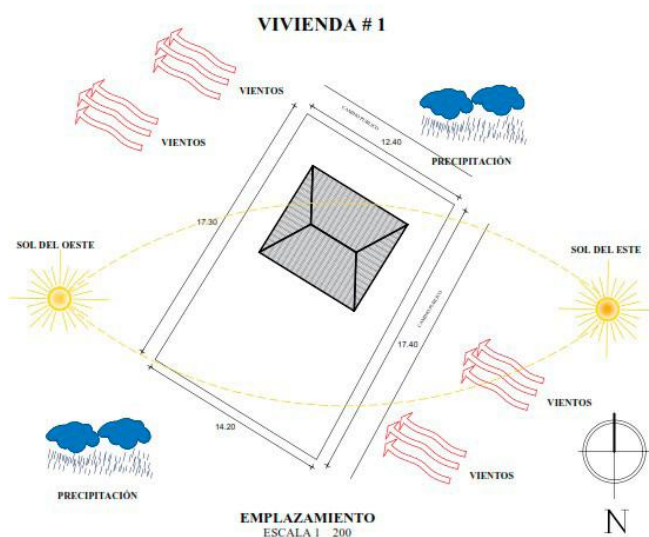


Fuente: Córdor (2019)

Análisis formal. La vivienda se ubica a 3249 msnm en una zona montañosa, y su orientación responde a consideraciones de viento y asoleamiento como observa en la **Figura 3**. Se diseñó con accesos y vanos situados en las fachadas norte y sur, en dirección opuesta a los vientos predominantes de este a oeste, reduciendo así la pérdida de calor interior. La forma compacta y la disposición de sus cuatro fachadas permiten una captación solar homogénea durante todo el día, priorizando la radiación en las fachadas este y oeste.

Figura 3

Emplazamiento vivienda Buñay



Fuente: Córdor (2019)

Análisis funcional. La edificación presenta una superficie total de 39 m², distribuidos en una zona privada de 31,52 m² y una zona pública de 7,47 m². La zona pública está constituida por un corredor de ingreso, mientras que la zona privada integra los espacios de cocina, comedor y dormitorio en un solo ambiente multifuncional. La circulación se desarrolla de forma directa y sin obstáculos, ya que no existen divisiones interiores, reflejando un patrón de vida en el que la mayor parte de las actividades se realizaba en el exterior, usando la vivienda como refugio nocturno, como se visualiza en la **Figura 4**:

Figura 4

Análisis funcional vivienda Buñay



Fuente: Córdor (2019)

Aspectos constructivos. Se observa el uso predominante de materiales locales, como tierra para muros de tapial, bahareque o adobe en la fachada principal, y paja de páramo para la cubierta de cuatro aguas. La técnica de construcción no contempla cimentación formal; en su lugar, el terreno se nivelaba o excavaba superficialmente para erigir los muros directamente sobre tierra apisonada.

Consideraciones bioclimáticas. El diseño arquitectónico evidencia estrategias de adaptación al clima local. La disposición de accesos contrarios al viento minimiza la infiltración de aire frío, mientras que la cubierta inclinada facilita la evacuación de precipitaciones. La escasa presencia de vanos reduce la pérdida de calor, y el uso de la tierra como material principal aporta inercia térmica, manteniendo temperaturas interiores confortables a bajo costo.

3.2. Vivienda Sisa

Contexto y estado de conservación. La vivienda Sisa, como se observa en la **Figura 5** perteneciente al señor Toribio Sisa, fue construida aproximadamente en 1964, por lo que cuenta con una antigüedad de 59 años. Actualmente se encuentra en estado de abandono, con un marcado deterioro estructural y vegetación invasiva tanto en el

terreno como al interior. Este deterioro se intensificó a partir de 2020, aunque para 2019 ya presentaba pérdida significativa de sus materiales originales.

Figura 5

Vivienda Sisa

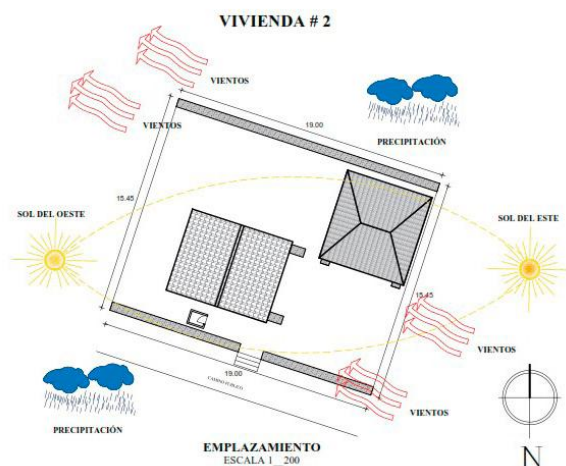


Fuente: Córdor (2019)

Análisis formal. Se sitúa a 3253 msnm y está conformada por dos volúmenes independientes, de forma prismática rectangular. Los volúmenes están orientados de acuerdo con los vientos predominantes, como se observa en la **Figura 6**; sin embargo, solo uno presenta su acceso en sentido opuesto a los vientos, mientras que el otro volumen lo tiene en la misma dirección. Ambos volúmenes se inclinan levemente respecto al norte para maximizar la captación solar en la mayoría de sus fachadas.

Figura 6

Emplazamiento vivienda Sisa

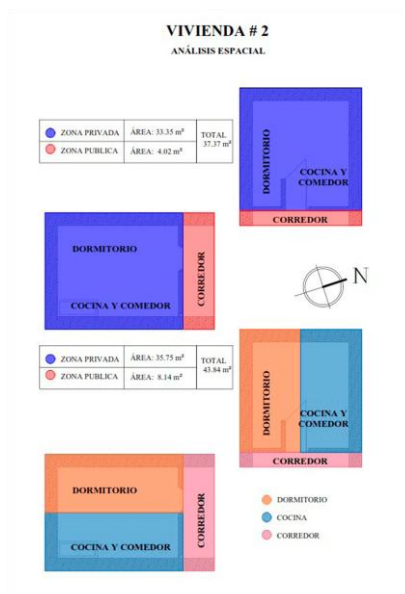


Fuente: Córdor (2019)

Análisis funcional. El primer volumen tiene una superficie de 37,37 m² (33,35 m² zona privada, 4,02 m² zona pública) y el segundo volumen mide 43,89 m² (35,75 m² zona privada, 8,14 m² zona pública). Cada volumen dispone de un corredor como espacio público y una zona privada que integra cocina, comedor y dormitorio en un solo ambiente. La circulación es libre y directa, sin divisiones interiores, salvo por los muros que delimitan el exterior. Entre ambos volúmenes se genera un patio central utilizado como espacio de encuentro.

Figura 7

Análisis funcional vivienda Sisa



Fuente: Córdor (2019)

Aspectos constructivos. Emplea materiales locales, como tierra para la construcción de muros de tapial y bahareque o adobe en la fachada principal. La cubierta, de cuatro aguas, se conforma mediante una estructura de madera de eucalipto, chahuarquero y carrizo, recubierta con paja de páramo. Los detalles constructivos evidencian que todos los materiales empleados provienen del entorno inmediato, destacándose el uso de paja, chahuarqueros y carrizo en la cubierta, así como madera de eucalipto, tierra y ramas de árboles en la mampostería.

Consideraciones bioclimáticas. La disposición de volúmenes favorece la ventilación cruzada, mientras que la orientación de accesos y la inclinación optimizan la ganancia solar y reducen la pérdida de calor. La construcción con tierra incrementa la inercia térmica, contribuyendo a la estabilidad de la temperatura interior.

3.3. Vivienda Sanunga

Contexto y estado de conservación. La vivienda Sanunga, como se muestra en la **Figura 8** perteneciente al señor Manuel Sanunga, fue edificada aproximadamente en 1949, alcanzando una antigüedad de 74 años. Actualmente se encuentra abandonada, con evidente deterioro, especialmente en el volumen cuya cubierta era de teja, mientras que el volumen con cubierta de carrizo y paja presenta mejores condiciones de conservación.

Figura 8

Vivienda Vernácula Sanunga

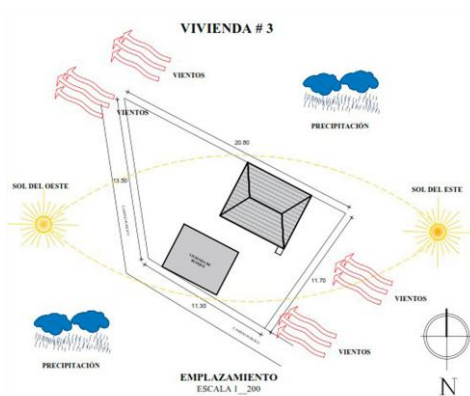


Fuente: Córdor (2019)

Análisis formal. Se emplaza a 3239 msnm y consta de dos volúmenes ubicados de forma que permiten la libre circulación de los vientos predominantes entre ellos. Los accesos están dispuestos en sentido contrario a la dirección de los vientos para minimizar la pérdida de calor, como se visualiza en la **Figura 9**. La orientación con leve inclinación respecto al norte asegura la captación de radiación solar en todas las fachadas.

Figura 9

Emplazamiento vivienda Sanunga

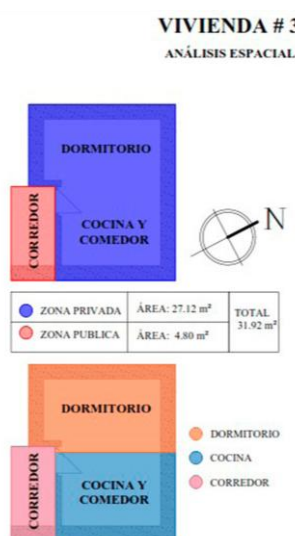


Fuente: Córdor (2019)

Análisis funcional. La vivienda abarca 31,92 m², distribuidos en una zona privada de 27,12 m² y una zona pública de 4,80 m². Presenta un volumen principal de forma irregular debido a una adición posterior. La distribución interna se organiza en espacios multifuncionales: un corredor de ingreso y un ambiente único que sirve como cocina, comedor y dormitorio, sin divisiones internas. Como se muestra en la **Figura 10**:

Figura 10

Análisis funcional vivienda Sisa



Fuente: Córdor (2019)

Aspectos constructivos. Predomina el uso de tapial en muros portantes y bahareque o adobe en la fachada frontal. La cubierta de cuatro aguas combina estructuras de madera de eucalipto, carrizo y chahuarquero, recubierta con paja de páramo.

Consideraciones bioclimáticas. La disposición y orientación de los volúmenes permiten controlar la ventilación y optimizar la ganancia solar. La mínima apertura de vanos y el uso de tierra como material constructivo mejoran la inercia térmica, garantizando un ambiente interior más estable.

3.4. Vivienda Guamushi

Contexto y estado de conservación. La vivienda Guamushi que se muestra en la **Figura 11** perteneciente al señor Rafael Guamushi, fue construida alrededor de 1959, sumando 64 años de antigüedad. Presenta dos volúmenes: uno muestra signos de deterioro, mientras que el otro, producto de una ampliación posterior con materiales alternativos, continúa en uso como núcleo de actividades cotidianas.

Figura 11

Vivienda Guamushi

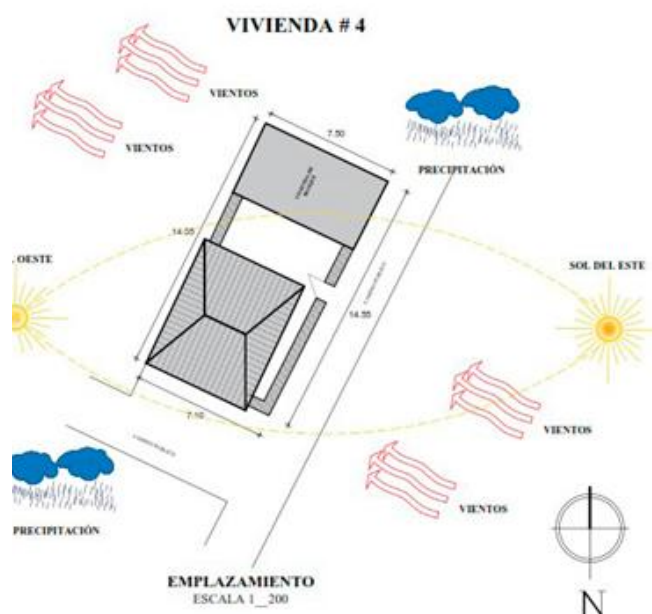


Fuente: Córdor (2019)

Análisis formal. Ubicada a 3237 msnm, la vivienda está compuesta por dos volúmenes prismáticos rectangulares, dispuestos para aprovechar la dirección de los vientos y permitir su paso entre ellos. Los accesos se orientan en sentido contrario a los vientos, evitando pérdidas de calor. La leve inclinación de los volúmenes respecto al norte maximiza la captación de radiación solar como se observa en la **Figura 12**:

Figura 12

Emplazamiento vivienda Guamushi

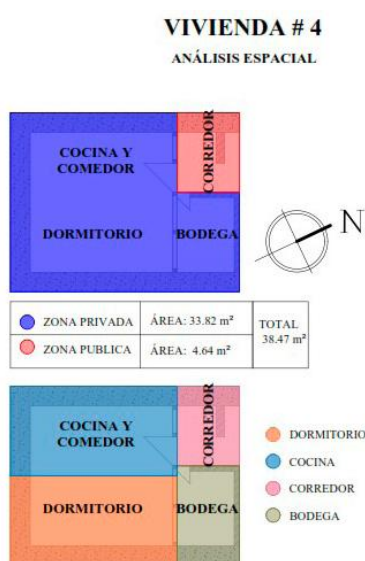


Fuente: Córdor (2019)

Análisis funcional. El volumen principal presenta un área de 38,47 m², distribuida en una zona privada de 33,82 m² y una zona pública de 4,64 m². La zona pública incluye el corredor, mientras que la zona privada alberga cocina, comedor, dormitorio y bodega anexa. La circulación interna es libre, salvo el acceso a la bodega, que está separado por un muro y puerta independiente, como se observa en la **Figura 13**:

Figura 13

Análisis vivienda Guamushi



Fuente: Córdor (2019)

Aspectos constructivos. Construida con muros de tapial, bahareque o adobe, y cubierta de cuatro aguas con estructura de madera, chahuarquero y carrizo, recubierta de paja de páramo.

Consideraciones bioclimáticas. La separación de volúmenes y la orientación controlan la ventilación cruzada. La escasa apertura de vanos y el uso de tierra mantienen la temperatura interior, mientras que la pendiente de la cubierta favorece la evacuación de aguas pluviales.

3.5. Vivienda Guamushi Peña

Contexto y estado de conservación. La vivienda Guamushi Peña que se muestra en la **Figura 14**; perteneciente al señor Pedro Guamushi, fue edificada en 1949, con 74 años de existencia. A diferencia de otras, esta vivienda permanece ocupada por una familia, mostrando desgaste moderado en sus materiales, pero manteniendo su funcionalidad.

Figura 14

Vivienda Guamushi Peña

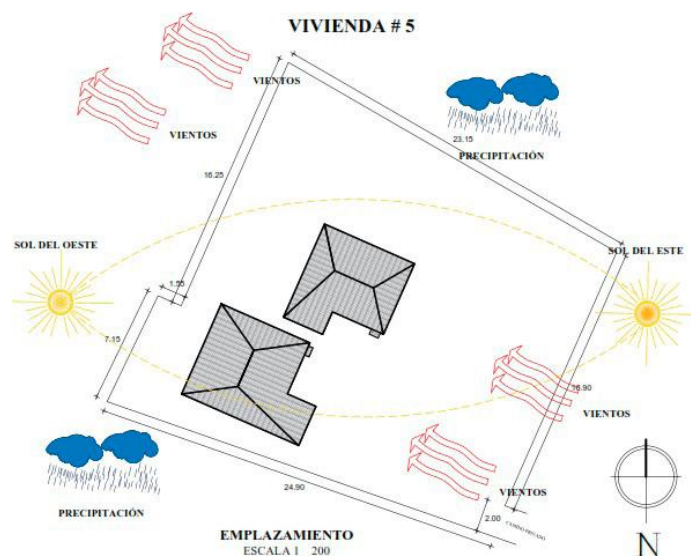


Fuente: Córdor (2019)

Análisis formal. Situada a 3220 msnm, se compone de dos volúmenes dispuestos para permitir el paso de los vientos predominantes entre ellos. Uno de los accesos se encuentra orientado de forma opuesta a los vientos, mientras que el otro no sigue esta lógica. La inclinación de ambos volúmenes respecto al norte facilita la captación de radiación solar en todas sus fachadas, se observa en la **Figura 15**:

Figura 15

Emplazamiento vivienda Guamushi Peña

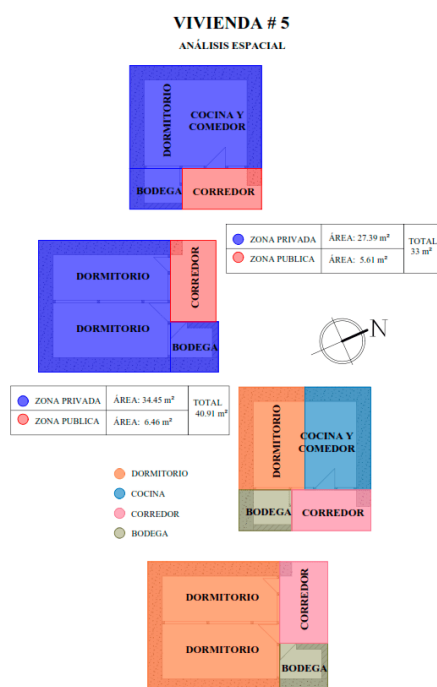


Fuente: Córdor (2019)

Análisis funcional. El primer volumen mide 33 m² (27,39 m² zona privada y 5,61 m² zona pública), mientras que el segundo alcanza 40,91 m² (34,45 m² zona privada y 6,46 m² zona pública). Cada volumen incluye un corredor y áreas privadas con cocina, comedor, dormitorios y bodegas. La circulación es directa y sin divisiones, salvo separaciones internas en el segundo volumen entre dormitorios, se muestra en la **Figura 16**:

Figura 16

Análisis funcional vivienda Guamushi Peña



Fuente: Córdor (2019)

Aspectos constructivos. Emplea muros de tapial y bahareque, techos de cuatro aguas con estructura de madera y recubrimiento de paja de páramo. Las bodegas anexas permiten almacenamiento de herramientas, complementando la funcionalidad de la vivienda.

Consideraciones bioclimáticas. La disposición de volúmenes controla la ventilación, y la orientación optimiza la ganancia solar. La limitación de vanos y la masa térmica de la tierra reducen las pérdidas de calor, garantizando confort interior.

3.6. Vivienda Calapiña

Contexto y estado de conservación. La vivienda Calapiña, que se muestra en la **Figura 17**, perteneciente al señor Fidel Calapiña, fue construida en 1959, por lo que

cuenta con 64 años. Actualmente está en estado de deterioro, sin condiciones para ser habitada por personas, pero utilizada como refugio para animales.

Figura 17

Vivienda Calapiña

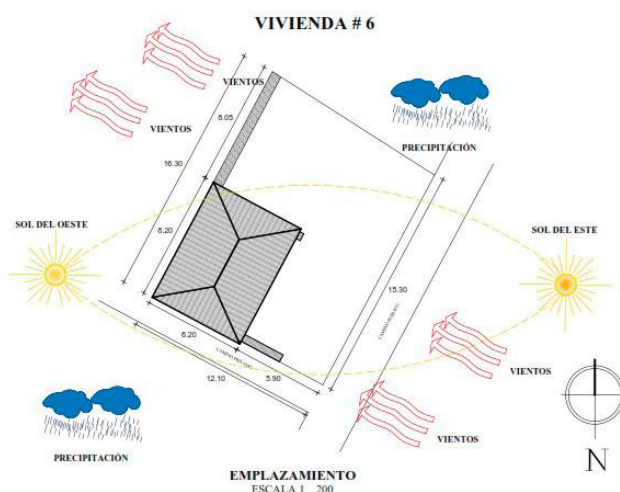


Fuente: Cóndor (2019)

Análisis formal. Se ubica a 3218 msnm, conformada por un único volumen de forma prismática rectangular, orientado en la dirección de los vientos, con acceso alineado a estos. La leve inclinación hacia el norte permite que todas las fachadas reciban radiación solar, esto se observa en la **Figura 18**:

Figura 18

Emplazamiento vivienda Calapiña



Fuente: Cóndor (2019)

Análisis funcional. Presenta un área total de 52 m², la mayor entre las viviendas analizadas, distribuida en una zona privada de 36,80 m² y una zona pública de 15,20 m². La zona pública comprende el corredor, mientras que la zona privada incluye cocina,

comedor y dormitorio. La amplitud sugiere que albergaba a familias de cuatro a seis miembros. La circulación es libre, sin divisiones internas. Se visualiza en la **Figura 19**:

Figura 19

Análisis funcional vivienda Calapiña



Fuente: Córdor (2019)

Aspectos constructivos. Muros de tapial y bahareque, cubierta de cuatro aguas con estructura de madera de eucalipto, chahuarquero y carrizo, y recubrimiento de paja de páramo.

Consideraciones bioclimáticas. La orientación y la pendiente de la cubierta permiten optimizar la captación solar y la evacuación de lluvias. La ausencia de vanos limita la pérdida de calor, mientras que la masa térmica de la tierra asegura un microclima interior estable.

En definitiva el análisis de las viviendas vernáculas de la comunidad de Rumicruz evidencia la presencia de características formales y funcionales comunes, que reflejan una adaptación consciente a las condiciones climáticas y topográficas del lugar. Estas viviendas se caracterizan por su escasa altura, la presencia de cubiertas de pronunciada pendiente, generalmente a cuatro aguas, y un número mínimo de vanos, elementos que limitan la pérdida de calor y protegen de la incidencia directa de los vientos predominantes. Los accesos se orientan de forma contraria a la dirección de los vientos dominantes, reforzando la protección térmica interior. La técnica constructiva

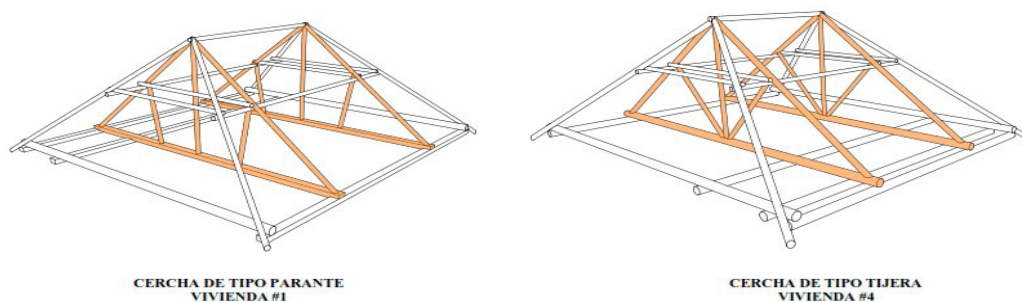
predominante para los muros perimetrales es el tapial, mientras que la fachada principal se construye con bahareque o adobe, lo que facilita la inclusión de vanos mínimos para puertas y, en escasos casos, ventanas. Cada vivienda cuenta con una única puerta de ingreso y un espacio interior de uso múltiple que integra dormitorio, cocina y comedor en un ambiente único. Cabe destacar la ausencia de cimentación formal, pues el terreno se nivelaba o se excavaba superficialmente entre 10 y 20 cm para asentar directamente los muros sobre tierra apisonada. Asimismo, ninguna de las viviendas dispone de instalaciones sanitarias.

Estas características constructivas responden a la necesidad de optimizar el confort térmico mediante estrategias pasivas, como la ganancia de calor por radiación y conducción, la protección frente a vientos fuertes, la conservación del calor en el núcleo de la vivienda y el diseño de cubiertas inclinadas adaptadas a la evacuación eficiente de aguas pluviales. El uso de la tierra como material principal, debido a su bajo costo y sus propiedades de aislamiento térmico, refuerza la eficacia de estas soluciones, mientras que la limitación de vanos contribuye a minimizar la pérdida de calor. (Freire et al., 2023)

De forma general como indica Córdor (2019) y se ilustra en la **Figura 20**, las seis viviendas analizadas se componen de tres elementos estructurales principales: la cubierta, la estructura de la cubierta y el muro portante con su respectiva mampostería. La cubierta, elemento característico de estas edificaciones, comparte similitudes en forma, función y materialidad, destacando el uso de paja de páramo como revestimiento, con longitudes de entre 60 y 80 cm. Esta paja se sujeta a la estructura mediante ataduras con cuerda de cabuya, organizadas en capas que ascienden desde la parte baja hasta la cumbrera, conformando aproximadamente diez filas superpuestas.

Figura 20

Tipo de cercha en la cubierta

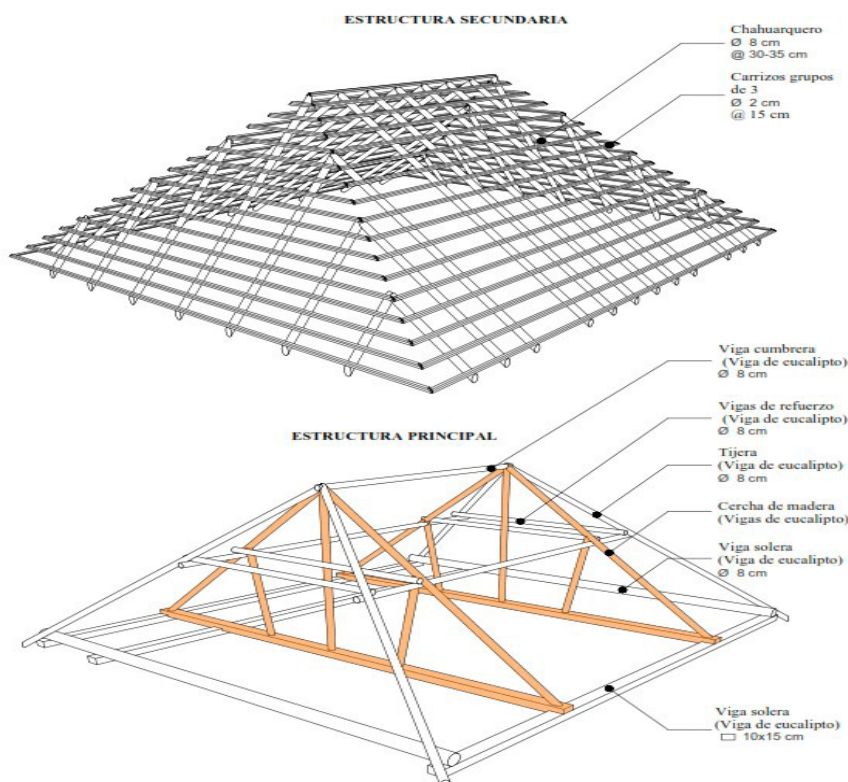


Fuente: Córdor (2019)

La estructura de la cubierta se compone de dos sistemas: uno principal, de mayor peso, y otro secundario, más liviano. La estructura principal se integra por dos cerchas de madera, una viga cumbrera, seis vigas de refuerzo, cuatro tijeras y siete vigas soleras, todas elaboradas con madera de eucalipto labrada, con secciones rectangulares de 10 × 15 cm y secciones circulares de diámetros entre 10 y 15 cm. Las cerchas empleadas corresponden a dos tipos: tipo parantes y tipo tijera, como se muestra en la **Figura 21**. Por su parte, la estructura secundaria está formada por chahuarqueros de aproximadamente 8 cm de diámetro, dispuestos con separaciones de 30 a 35 cm, que sirven de base para los carrizos de 2 cm de diámetro, agrupados de tres en tres con una separación de 15 a 20 cm entre cada conjunto, sobre los cuales se fija la paja de cobertura.

Figura 21

Tipos de estructura en cubierta



Fuente: Córdor (2019)

En cuanto a los muros y la mampostería, el sistema constructivo predominante es el tapial, utilizado como muro portante en tres de las cuatro fachadas de cada vivienda. La fachada principal, destinada al acceso, se resuelve con mampostería de adobe o bahareque, sistemas que permiten abrir vanos para puertas y ventanas, aunque su número es mínimo para evitar pérdidas de calor innecesarias. La **Figura 21** ilustra

detalles constructivos que muestran la unión entre la mampostería de adobe con las pilastras y elementos de madera, anclados mediante piedras como base de apoyo, y la conexión entre el muro portante de tapial y el muro de adobe, que se realiza mediante barro.

El análisis bioclimático de estas viviendas muestra la evolución de la tipología habitacional en Rumicruz. Originalmente las viviendas utilizaban tierra como materia prima para muros y pisos, y carrizo para las cubiertas inclinadas. Su implantación aislada, junto con patios interiores, favorecía la captación de calor y la iluminación natural, mientras que la orientación buscaba maximizar la exposición solar y reducir la pérdida de calor mediante muros sin vanos. Sin embargo, las viviendas contemporáneas han experimentado transformaciones que se alejan de estos principios, adoptando materiales como bloque y hormigón, cubiertas de zinc y abriendo numerosas ventanas que, al carecer de aislamiento, generan pérdidas significativas de calor. Asimismo, se observa la desaparición de espacios productivos y patios internos, factores que afectaron negativamente la calidad de vida de sus habitantes, al perderse la función de la vivienda como refugio térmico y como unidad de producción complementaria.

4. Conclusiones

- La arquitectura vernácula de Rumicruz constituye un ejemplo representativo de adaptación cultural y bioclimática, evidenciando la capacidad de las comunidades andinas para diseñar viviendas que optimizan el uso de recursos locales y responden eficazmente a las condiciones climáticas extremas de alta montaña, mediante técnicas constructivas como el uso de tapial, bahareque, cubiertas de paja y orientaciones estratégicas que maximizan la captación solar y minimizan la pérdida de calor.
- El análisis de las seis viviendas revela patrones formales y funcionales consistentes, tales como la organización espacial mínima, la escasa altura, la reducción de vanos y la integración de áreas multifuncionales. Estas características, combinadas con materiales autóctonos y técnicas ancestrales, garantizan un desempeño térmico eficiente y bajos costos energéticos, aspectos que superan, en muchos casos, a las viviendas rurales contemporáneas construidas con materiales industrializados.
- El deterioro físico y simbólico de estas viviendas refleja la presión de la modernización y la migración rural, factores que interrumpen la transmisión intergeneracional de conocimientos constructivos y favorecen la sustitución de soluciones vernáculas por modelos arquitectónicos foráneos y estandarizados, los cuales resultan inadecuados para el contexto climático local y contribuyen a la pérdida de identidad cultural.

- La investigación confirma la pertinencia de revalorar la vivienda vernácula como recurso estratégico para la sostenibilidad rural, no solo por su eficiencia energética pasiva y bajo impacto ambiental, sino también por su función como contenedor de memoria colectiva, cohesión social y prácticas comunitarias que fortalecen el sentido de pertenencia en la población andina.
- Se hace indispensable promover políticas públicas, programas de capacitación y acciones de conservación participativa, orientadas a la protección, restauración y revitalización de la arquitectura vernácula de Rumicruz. Este enfoque permitiría articular los saberes tradicionales con soluciones habitacionales contemporáneas, contribuyendo así a frenar la pérdida de patrimonio material e inmaterial, mejorar la calidad de vida rural y fortalecer la resiliencia comunitaria frente a los desafíos actuales del cambio climático y la globalización.

5. Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses en relación con el artículo presentado.

6. Declaración de contribución de los autores

Todos autores contribuyeron significativamente en la elaboración del artículo.

7. Costos de financiamiento

La presente investigación fue financiada en su totalidad con fondos propios de los autores.

8. Referencias bibliográficas

- Bodach, S., Lang, W., & Hamhaber, J. (2014). Climate responsive building design strategies of vernacular architecture in Nepal. *Energy And Buildings*, 81, 227-242. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.06.022>
- Cojocar, A., & Isopescu, D. N. (2021). Passive strategies of vernacular architecture for energy efficiency. *Buletinul Institutului Politehnic «Gheorghe Asachi» Din Iași. Secția Construcții. Arhitectură*, 67(2), 33-44. <https://doi.org/10.2478/bipca-2021-0013>
- Cóndor Puli, M. L. (2019). *Arquitectura vernácula andina en la comunidad de Rumicruz* [Tesis pregrado, Universidad Nacional del Chimborazo, Riobamba, Ecuador]. <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/6322>
- Corrales Blanco, J. C., Pineda Iriarte, A. P., & Salazar Rodríguez, C. C. (2021). Revalorización de la arquitectura vernácula: módulo de vivienda para una

- comunidad asháninka de Alto Kamonashiarii. *Limaq*, (7), 175–200.
<https://doi.org/10.26439/limaq2021.n007.518>
- Freire Navas, J. C., Romo Zamudio, C. E., & Trajano Javier, G. R. (2023). Incorporación de estrategias pasivas en el diseño de una vivienda para clima tropical mega térmico semi húmedo, ubicado en Durán provincia del Guayas. *Ciencia Digital*, 7(3), 147-170. <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v7i3.2631>
- González Carrasco, D. A. (2023). Contemporary vernacular architecture as cultural evidence. reflections from urban Aymara housing in Arica, Chile. *Diálogo Andino*, (72), 154-165. <https://dx.doi.org/10.4067/S0719-26812023000300154>
- Martinovic, S., & Zecevic, N. (2023). Energy efficiency features of vernacular house in Bosnia and Herzegovina: a case study of Svrzo's house complex. *Heritage and Sustainable Development*, 5(1), 77–98. <https://doi.org/10.37868/hsd.v5i1.140>
- Mehta, K., Zörner, W., & Greenough, R. (2022). Residential building construction techniques and the potential for energy efficiency in central Asia: example from high-altitude rural settlement in Kyrgyzstan. *Energies*, 15(23), 8869. <https://doi.org/10.3390/en15238869>
- Mileto, C., Vegas, F., & García-Soriano, L. (2015). *Vernacular architecture: towards a sustainable future*. Taylor & Francis.
<https://www.taylorfrancis.com/books/edit/10.1201/b17393/vernacular-architecture-towards-sustainable-future-vegas-mileto-cristini-garc%C3%ADa-soriano>
- Mora Pesantez, C. C., & Alvear Calle, D. A. (2021). Evaluación de estrategias bioclimáticas pasivas para una vivienda de interés social ubicada en el cantón Morona en prospectiva a 50 años.. *Ciencia Digital*, 5(2), 67-80.
<https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v5i2.1574>
- Oliver, P. (2006). *Built to meet needs: cultural issues in vernacular architecture*. Routledge. <https://acortar.link/RpNl4w>
- Rapoport, A. (1969). *House Form and Culture*. Prentice-Hall.
<https://es.scribd.com/doc/76688196/House-Forms-and-Culture-1969-Amos-Rapoport>
- Singh, S. D., Shree, V., & Kaur, H. (2024). Sustainable practices in Keylong's vernacular architecture: a detailed study of construction and thermal efficiency in the Himalayas. *Visions for Sustainability*, 21, 461–490.
<https://doi.org/10.13135/2384-8677/9302>

- Solorzano Zambrano, M. G. (2019). *Determinantes migratorios de la provincia de Chimborazo hacia las grandes ciudades del Ecuador* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba, Ecuador].
<http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/5964>
- Torres-Quezada, J., & Lituma-Saetama, S. (2023). Estrategias de sostenibilidad enfocadas al confort térmico y la energía incorporada de una vivienda emergente en la Región Andina del Ecuador. *Hábitat Sustentable*, 13(1), 42–55.
<https://doi.org/10.22320/07190700.2023.13.01.04>
- Tuaza Castro, A. (2019). Anejos libres e indios sueltos. La Moya y sus alrededores. *Ecuador Debate* 180.
<https://repositorio.flacsoandes.edu.ec/bitstream/10469/16300/1/REXTN-ED108-12-Oquendo.pdf>
- Vázquez-Torres, M. Del R., Navarrete-García, M., Castillo-Reyes, A., & Hernández-Álvarez, A. I. (2018). Vivienda vernácula en la Sierra Norte del Estado de Puebla: La Región Cafetalera. *Revista de Arquitectura y Diseño*, 2(5), 35-43.
https://www.ecorfan.org/spain/researchjournals/Arquitectura_y_Dise%3%BAo_V2_N5_9.pdf
- Vidal Gómez Martínez, J., Ma, G., Pellegrini, P., & Costa, M. R. (2022). *Vernacular architecture and cultural identity in shrinking rural settlements*. *Architecture, City and Environment*, 17(50). <https://doi.org/10.5821/ace.17.50.11389>
- Zong, J., Wan Mohamed, W. S., Zaky Jaafar, M. F., & Ujang, N. (2024). Sustainable development of vernacular architecture: a systematic literature review. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, 1–17.
<https://doi.org/10.1080/13467581.2024.2399685>

El artículo que se publica es de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan el pensamiento de la **Revista Alfa Publicaciones**.



El artículo queda en propiedad de la revista y, por tanto, su publicación parcial y/o total en otro medio tiene que ser autorizado por el director de la **Revista Alfa Publicaciones**.

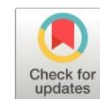


Open policy finder
Formerly Sherpa services

Estimación de carbono orgánico liberado por quema de vegetación en páramo, parroquia San Juan, Chimborazo

Estimation of organic carbon released by burning vegetation in paramo, San Juan parish, Chimborazo

- ¹ Miguel Ángel Guallpa Calva  <https://orcid.org/0000-0001-5392-036X>
Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Riobamba, Ecuador.
Magíster en Manejo Forestal Sostenible
miguel.guallpa@epoch.edu.ec
- ² Victor German Guaraca Pomagualli  <https://orcid.org/0009-0004-0234-9705>
Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Riobamba, Ecuador.
Graduado de Ingeniería Forestal
victor.guaraca@epoch.edu.ec
- ³ Andrea Patricia Guapi Auquilla  <https://orcid.org/0000-0003-0711-6391>
Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Riobamba, Ecuador.
Magíster en Suelos y Nutrición de Plantas
aguapi@epoch.edu.ec
- ⁴ Germán Gonzalo Reinoso Muñoz  <https://orcid.org/0000-0002-4355-3700>
Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Riobamba, Ecuador.
Magíster en Proyectos de Desarrollo e Inversiones Rurales
german.reinoso@epoch.edu.ec



Artículo de Investigación Científica y Tecnológica

Enviado: 13/04/2025

Revisado: 17/05/2025

Aceptado: 11/06/2025

Publicado: 04/07/2025

DOI: <https://doi.org/10.33262/ap.v7i3.621>

Cítese:

Guallpa Calva, M. Ángel, Guaraca Pomagualli, V. G., Guapi Auquilla, A. P., & Reinoso Muñoz, G. G. (2025). Estimación de carbono orgánico liberado por quema de vegetación en páramo, parroquia San Juan, Chimborazo. *AlfaPublicaciones*, 7(3), 38–59. <https://doi.org/10.33262/ap.v7i3.621>



ALFA PUBLICACIONES, es una revista multidisciplinar, **trimestral**, que se publicará en soporte electrónico tiene como **misión** contribuir a la formación de profesionales competentes con visión humanística y crítica que sean capaces de exponer sus resultados investigativos y científicos en la misma medida que se promueva mediante su intervención cambios positivos en la sociedad. <https://alfapublicaciones.com>

La revista es editada por la Editorial Ciencia Digital (Editorial de prestigio registrada en la Cámara Ecuatoriana de Libro con No de Afiliación 663) www.celibro.org.ec

Esta revista está protegida bajo una licencia Creative Commons Attribution Non Commercial No Derivatives 4.0 International. Copia de la licencia: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>



Palabras claves:

Carbono; suelo;
incendios;
biomasa; necro
masa; materia
orgánica.

Resumen

Introducción. Los ecosistemas de páramo constituyen uno de los reservorios de carbono más importantes de la región de alta montaña, desempeñando un papel fundamental en la regulación del ciclo global del carbono y la mitigación del cambio climático. Estos ecosistemas únicos, caracterizados por su alta capacidad de almacenamiento de carbono tanto en la biomasa vegetal como en los suelos orgánicos, enfrentan crecientes presiones antropogénicas, incluyendo el uso del fuego como herramienta de manejo tradicional. **Objetivo.** Este estudio se centró en estimar el contenido de carbono orgánico liberado por una quema controlada de vegetación en el ecosistema páramo de la comunidad Pasguazo de la parroquia San Juan, provincia de Chimborazo. **Metodología.** El área de estudio consistió de 100,035 m² con 3 transectos transversalmente distribuidos en 6 cuadrantes de 0,5 m x 0,5 m a una distancia de 2 m entre cuadrante y de estos se dividió 3 para la zona quemada y 3 para la no quemada; se determinó el carbono orgánico total a dos profundidades de 0-5 cm y 5-10 cm, necro masa y biomasa aérea en t ha⁻¹, la intensidad del incendio por cuadrante para determinar el contenido de carbono orgánico liberado, las propiedades fisicoquímicas antes y después de la quema. Se realizó un análisis estadístico, comprobando los supuestos de normalidad e igualdad de varianza para después realizar la prueba t Student. **Resultados.** El estudio realizado demostró que no existe diferencia significativa en las propiedades fisicoquímicas y en el contenido de carbono orgánico pre y post quema, sin embargo, a la profundidad de 0-5 cm la zona quemada presenta una mayor media de carbono total con 18,01 t ha⁻¹ a diferencia de la zona no quemada con 17,84 t ha⁻¹, la intensidad de la quema se categorizó como baja. Finalmente, la caracterización fisicoquímica del suelo evaluado presenta condiciones adecuadas para la regeneración de especies del estrato herbáceo del ecosistema páramo evaluado después de una quema controlada. **Conclusión.** Se determinó que en la zona donde se aplicó la quema controlada a una profundidad de 0 – 5 cm presenta un mayor contenido de carbono con una media de 18,01 t ha⁻¹ a diferencia de la zona no quemada con una media de 17,84 t ha⁻¹. **Área de estudio general:** Ciencias Forestales.

Área de estudio específica: Suelos. **Tipo de estudio:** Artículos originales.

Keywords:

Carbon; soil; fires;
biomass;
necromass;
organic matter.

Abstract

Introduction. The paramo ecosystems are among the most important carbon reservoirs in high mountain regions, playing a fundamental role in regulating the global carbon cycle and mitigating climate change. These unique ecosystems, characterized by their high carbon storage capacity in both plant biomass and organic soils, are facing increasing anthropogenic pressures, including the use of fire as a traditional management tool. **Objective.** This study focused on estimating the organic carbon content released by a controlled vegetation burn in the páramo ecosystem of the Pasguazo community, San Juan parish, Chimborazo province. **Methodology.** The study area covered 100,035 m² and included three transects, each divided transversely into six quadrants measuring 0,5 m x 0,5 m, with 2 meters between each quadrant. Three quadrants were assigned to the burned area and three to the unburned area. Total organic carbon was determined at two depths: 0–5 cm and 5–10 cm, along with necromass and aboveground biomass (in t ha⁻¹), and fire intensity per quadrant to estimate the amount of organic carbon released. Physicochemical soil properties were analyzed before and after the burn. Statistical analysis included testing for normality and homogeneity of variances, followed by a student's t-test. **Results.** The study showed no significant differences in physicochemical properties or organic carbon content before and after the burn. However, at the 0–5 cm depth, the burned area showed a slightly higher mean total carbon content (18.01 t ha⁻¹) compared to the unburned area (17,84 t ha⁻¹). Fire intensity was classified as low. Lastly, the physicochemical characterization of the soil indicated favorable conditions for the regeneration of herbaceous vegetation in the evaluated páramo ecosystem following a controlled burn. **Conclusion.** It was determined that in the area subjected to controlled burning, the 0–5 cm soil layer had a higher mean organic carbon content (18,01 t ha⁻¹) compared to the unburned area (17,84 t ha⁻¹). **General Area of Study:** Forest Sciences. **Specific area of study:** Soils. **Type of study:** Original articles.

1. Introducción

Los páramos constituyen ecosistemas bioclimáticos únicos de las montañas neotropicales caracterizados por ser desarbolados, fríos y dominados predominantemente por procesos naturales (Díaz et al., 2020). Estos paisajes de alta montaña se extienden desde México hasta el norte de Sudamérica, cubriendo aproximadamente el 7% del territorio ecuatoriano a una altura promedio de 3300 m.s.n.m. (Chuncho & Chuncho, 2019). A diferencia de las sabanas africanas o las praderas norteamericanas, los páramos evolucionaron sin la presencia masiva de grandes herbívoros, lo que les confiere características ecológicas distintivas (Hofstede et al., 2023).

El páramo es un ecosistema proveedor de servicios y beneficios ambientales, concretamente de aprovisionamiento, regulación y soporte (Hofstede et al., 2023). Entre sus servicios ecosistémicos más destacados se encuentra la regulación hídrica, la captura y almacenamiento de carbono es sin duda uno de los reservorios de carbono más importantes de los Andes, almacenando cantidades excepcionales de carbono orgánico en sus suelos y vegetación (Hofstede et al., 2023; Buytaert et al., 2006). La profundidad media del suelo de las turberas en las regiones de páramo alcanza los 3,8 m y contiene un almacenamiento medio estimado de carbono de 1282 Mg ha⁻¹, lo que destaca su importante papel en el ciclo global del carbono (Young et al., 2002).

Sin embargo, a pesar de su importancia ecológica, estos ecosistemas enfrentan diversas amenazas antropogénicas, siendo una de las más significativas el uso del fuego como herramienta de manejo (Ramos et al., 2022). En la región de los Andes, el uso del fuego es una actividad fuertemente relacionada con la conversión de la cobertura terrestre y el mantenimiento de pastos y áreas agrícolas. Continuamente, los agricultores recurren a los incendios como una herramienta efectiva para despejar el suelo antes de realizar actividades agrícolas y agropecuarias (Matson & Bart, 2013).

La vulnerabilidad de las reservas de carbono del páramo a las perturbaciones causadas por incendios es especialmente preocupante, dado el papel de la región en la regulación climática. Los incendios pueden convertir rápidamente siglos de carbono orgánico acumulado en CO₂ atmosférico, lo que contribuye a las emisiones de gases de efecto invernadero y al cambio climático (Sevink et al., 2013).

Aunque en los últimos años se han realizado diversas investigaciones sobre los efectos de los incendios forestales, existe muy poca información sobre el contenido de carbono orgánico liberado en el ecosistema páramo debido a las quemaduras de vegetación (Carrasco et al., 2019). Este estudio se enfoca en la estimación del carbono orgánico liberado como resultado de la quema de vegetación en el páramo de una comunidad ubicada en la parroquia San Juan, provincia de Chimborazo.

El objetivo fue estimar el carbono orgánico liberado por una quema de vegetación en el ecosistema páramo y analizar las propiedades fisicoquímicas de una quema de vegetación herbácea en los compartimientos biomasa, necro masa y suelo de un ecosistema páramo de la zona central de los Andes del Ecuador. Con el fin de establecer bases para realizar quemas controladas que permitan regular el exceso de vegetación, evitando la competencia con otras especies.

Al estimar la liberación del carbono orgánico, podemos determinar si la intensidad de la quema es la adecuada para no perjudicar al suelo y a la flora existente. A su vez, esta investigación sirve de base para futuros estudios en áreas más extensas y con más especies vegetales, mediante toma de decisiones que conlleven a una quema de forma mucho más técnica.

En los Andes la conversión de la cobertura terrestre y el mantenimiento de pastos y áreas agrícolas están fuertemente relacionados con el uso del fuego y en muchas ocasiones los agricultores mencionan que ellos recurren a los incendios como una herramienta efectiva para despejar el suelo y después realizar sus actividades agrícolas y agropecuarias (Matson & Bart, 2013).

2. Metodología

En este estudio se aplicó los enfoques cuantitativo y cualitativo al realizar una recopilación de datos numéricos para cuantificar el carbono liberado por la quema de vegetación, estimar la intensidad de la quema y caracterizar las propiedades fisicoquímicas del suelo del ecosistema páramo. Cuyo abordaje fue fundamental para establecer estrategias de mitigación del cambio climático porque almacena una gran cantidad de dióxido de carbono y cumple con muchos otros servicios ecosistémicos que benefician a los habitantes de esas zonas.

La investigación corresponde a un nivel descriptivo ya que se recopilaban los resultados del carbono orgánico liberado en la biomasa, necro masa y suelo, se pretendió responder si existe o no un efecto de la quema sobre el contenido de carbono orgánico del ecosistema páramo y así aportar en avances de proyectos de investigación respecto a la liberación de carbono orgánico mediante quemas controladas en la región Sierra en Ecuador.

Para la recolección de las muestras de necro masa pre y post quema se tomó del peso verde de necro masa (hojarasca) y la que está en proceso de descomposición; para la recolección de las muestras de biomasa aérea pre y post quema se tomó del peso verde de la vegetación y para la recolección de muestras de suelo pre y post quema se tomó muestras de cada cuadrante a 2 profundidades de 0 a 5 cm y de 5 a 10 cm como se observa en la **Tabla 1**.

Tabla 1

Codificación, zona y profundidad de las áreas de muestreo de suelo del páramo de la comunidad de Pasguazo

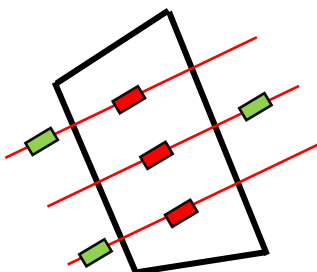
Zona	Codificación	Profundidad
Quemada	V1	C1P1
	V2	C1P2
	V3	C2P1
	V4	C2P2
	V5	C3P1
	V6	C3P2
No Quemada	V7	C1P1
	V8	C1P2
	V9	C2P1
	V10	C2P2
	V11	C3P1
	V12	C3P2

La investigación se realizó en el páramo de la comunidad de Pasguazo parroquia San Juan provincia de Chimborazo a una latitud: -1.742125 y longitud: -78.718881, con una altitud que va desde 3160 msnm – 6210 msnm, la precipitación va desde 500mm - 100 mm, temperatura de 12° a 16° datos del GAD San Juan, 2015.

En un área de 100,035 m² se instalaron tres transectos transversalmente que atravesaron toda el área de terreno. Utilizando la metodología de Suárez et al. (2016) cada transecto se dividió en dos cuadrantes de 0,50 m por 0,50 m con una distancia de 2 metros entre ellos, y se dividieron 3 cuadrantes para la zona quemada y 3 cuadrantes para la zona no quemada como se ve en la **Figura 1**.

Figura 1

Distribución de los cuadrantes para la recolección de las muestras



2.1. Estimación de contenido de carbono orgánico de necro masa y la biomasa

Se calculó el contenido de humedad, luego de pesar las muestras en húmedo se obtiene el peso seco poniéndolo en el horno mufla a una temperatura de 60°C de 48 a 72 horas.

Según lo que establece Serrato et al. (2014) menciona que para calcular la biomasa primero se debe calcular el contenido de humedad mediante la siguiente **ecuación (1)**:

$$CH = pfs - Pss/Pfs * 100 \text{ (1)}$$

Posterior a ello se aplicó la siguiente **ecuación (2)**:

$$B(ton) = (Pft) - (Pft * CH)/1000000 \text{ (2)}$$

Serrato et al. (2014) también menciona que al contenido de carbono y necro masa se considera que la mitad de biomasa seca corresponde a la cantidad de carbono presente, como se observa en la siguiente **ecuación (3)**:

$$CC \text{ (Ton C/ha)} = B * 0.5 \text{ Tmm} \text{ (3)}$$

2.2. Estimación del contenido de carbono orgánico del suelo

Se realizó mediante el método de calcinación de Schulte & Hopkins (1996). A partir del valor obtenido para la materia orgánica se aplicó el factor Van Bemmelen de 1.1724 para calcular el porcentaje de carbono orgánico del suelo (Minasny et al., 2020), basándose en la suposición de que el 58% de materia orgánica está compuesta de carbono (**ecuación 4**).

$$\%CO = \frac{\%MO}{1.1724} \text{ (4)}$$

También Chuncho & Chuncho (2019) mencionan que para el contenido de carbono orgánico se lleve a cabo una estimación mediante el cálculo de carbono orgánico del suelo (COS) en toneladas por hectárea (**ecuación 5**).

$$COS \left(\frac{\text{Ton C}}{\text{ha}} \right) = \%CO * Da * Prof * 100 \text{ (5)}$$

2.3. Cálculo del contenido de carbono orgánico total de la zona de estudio

Ayala et al. (2014) aplicó la fórmula que consiste en que el carbono total es la suma total del carbono liberado en la necro masa, biomasa aérea y suelo, expresado en toneladas por hectárea (**ecuación 6**).

$$CT = COS + CCN + CCB \text{ (6)}$$

2.4. Intensidad lineal de fuego

Para cuantificar la intensidad lineal de fuego se utilizó la fórmula de Byram en donde establece (**ecuación 7**):

$$I = H * w * r \text{ (7)}$$

Donde h es el poder calorífico inferior del combustible, W es la carga consumida y r es la velocidad de propagación (Vega et al., 2000).

Para la interpretación de la intensidad lineal del fuego se establecer la escala como se ve en la **Tabla 2** basada en los datos del estudio del poder calorífico de Carlos Kunst (2011).

Tabla 2

Clasificación de fuegos en función de su intensidad

Intensidad del frente de fuego (kW*m ⁻¹)	Longitud de llamas (m)	Intensidad de fuego
0-258	0-1	Fuegos ‘fríos’. Control mediante herramientas manuales. Fuegos prescritos bajo dosel de pino.
258-2800	1 – 3	Fuegos ‘calientes’. Control mediante cortafuegos y maquinaria. Fuegos prescritos en pastizales.
Más de 2800	Más de 3 m	Fuego en copas de los árboles ('Coronamiento'). Control mediante ataque indirecto.

Fuente: Kunst (2011)

2.5. Velocidad de propagación del fuego

Se considera como la velocidad de avance del frente (m/min o km/h o m/s) hacia delante, hacia atrás o en los flancos como se ve en la **Tabla 3** (Blanco et al., 2008).

Tabla 3

Velocidad de propagación del fuego

Velocidad de propagación	m/min	km/h
Lenta hasta	2	0.1
Media hasta	10	0.6
Media-alta hasta	34	2
Alta hasta	83	5
Extrema si más de	83	5

Fuente: Blanco et al. (2008)

Para determinar la tasa de propagación se empleó el modelo por propuesto por Rothermel (1972) además este se basa en la teoría de conservación de la energía basado en la observación de Trabaud (1979) para estimar la velocidad de propagación se debe conocer la velocidad del viento, y la altura de vegetación:

$$r = 0,066 * V^{0,439} * h_v^{0,345} \quad (8)$$

$$r = \frac{5,72 * V^{0,400} * h_y^{0,345}}{U^{1,12}} \quad (9)$$

Donde:

r = velocidad de propagación del fuego, representada en cm s^{-1}

V = velocidad media del viento, representada en cm s^{-1}

h_v = altura de la vegetación, en centímetros “cm”

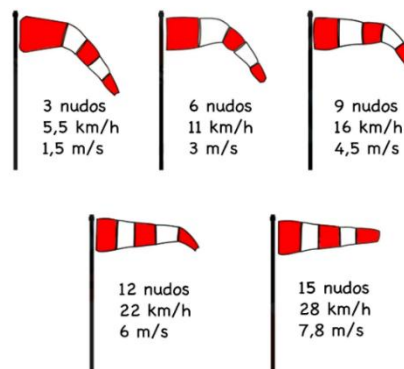
U = contenido de humedad de la vegetación, representada en % del peso verde (Giler, 2020).

2.6. Velocidad del viento

Se adaptó la metodología de la manga de viento (**Figura 2**), reemplazándola con una cinta de marcaje, para según la posición en la que esta se encuentre establecer la velocidad media del viento del lugar de estudio.

Figura 2

Metodología de la manga



Fuente: Ferreiro & Sendra (2008)

2.7. Poder calorífico

Se calculó mediante la fórmula de GOUTAL donde se calculó de los resultados de contenido de humedad, materiales volátiles, cenizas y carbono fijo (Godoy, 2022).

$$PC = 82c + AV \text{ Kcal kg}^{-1} \quad (10)$$

2.8. Cálculo del material volátil

Se tomó en cuenta las normas ASTM (Norma D3175-89(02)) internacional

$$\%MV = \left(\frac{C-D}{D} * 100 \right) - \%HUMEDAD \quad (11)$$

2.9. Cálculo del contenido de cenizas

Se tomó en cuenta las normas ASTM (Norma D3175-89(02)) internacional empleando la siguiente ecuación:

$$\%C = \left(\frac{A-B}{C} \right) * 100 \quad (12)$$

2.10. Carbono fijo

Se tomó en cuenta las normas ASTM (Norma D3175-89(02)) internacional empleando la siguiente ecuación

$$CF = 100 - (\% HUMEDAD + \% MATERIAL VOLÁTIL + \% DE CENIZAS) \quad (13)$$

2.11. Propiedades físicas del suelo

La propiedad del color se determinó mediante el método de Munsell, textura (método de Bouyoucos), densidad aparente en g cm⁻³(cilindro biselado), densidad real g cm⁻³(método del picnómetro), porosidad (relación entre densidad aparente y densidad real).

2.12. Propiedades Químicas

Nitrógeno (método de Kjeldahl), fósforo y potasio (método de Olsen)

Las propiedades físicas y químicas indicadas se determinaron en el Laboratorio de suelos de la facultad de Recursos Naturales de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

2.13. Análisis estadístico

Se probó el comportamiento de todas las variables, al verificar que, si se cumple el supuesto de normalidad, igualdad de variancia se aplicó el ADEVA en el programa INFOSTAT.

3. Resultados

En la investigación se analizó el efecto de la quema de la vegetación en el páramo sobre la liberación de carbono orgánico en la parroquia San Juan, Chimborazo. En este apartado, se presentan los resultados obtenidos, los cuales evidencian el efecto de la quema sobre la necromasa y biomasa, el contenido de carbono orgánico, las propiedades físicas y químicas del suelo.

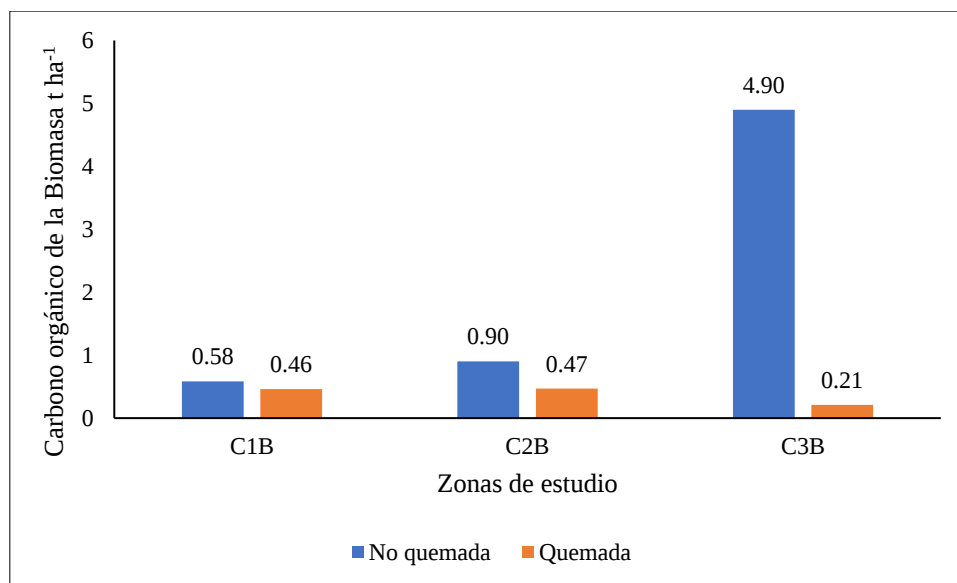
3.1. Necro masa y biomasa

Como se observa en la **Figura 3** en la zona no quemada en lo que corresponde a la biomasa el que presenta mayor valor se encuentra en el cuadrante 3 con un valor de $4,90 \text{ t ha}^{-1}$ y el de menor valor se encuentra en el cuadrante 2 con un valor de $0,90 \text{ t ha}^{-1}$; así mismo en la zona quemada el que presenta mayor carbono orgánico está en el cuadrante 2 con un valor de $0,47 \text{ t ha}^{-1}$ y el de menor valor en el cuadrante 3 con un valor de $0,21 \text{ t ha}^{-1}$.

El contenido de carbono en la biomasa posee un promedio de $2,51 \text{ t ha}^{-1}$, de este valor $2,13 \text{ t ha}^{-1}$ corresponde a la zona no quemada y $0,38 \text{ t ha}^{-1}$ a la zona quemada existiendo una disminución del $1,75 \text{ t ha}^{-1}$. Esto se asemeja con lo obtenido por Eguiguren et al. (2015) en su estudio en los páramos de PNP donde señala que el carbono de la biomasa encontrada en el páramo herbáceo con un valor de $2,9 \text{ t ha}^{-1}$. En el páramo de Pasguazo encontramos pajonal perteneciente a una vegetación de tipo herbáceo.

Figura 3

Comparación del carbono orgánico presente en la biomasa de un páramo de la comunidad Pasguazo

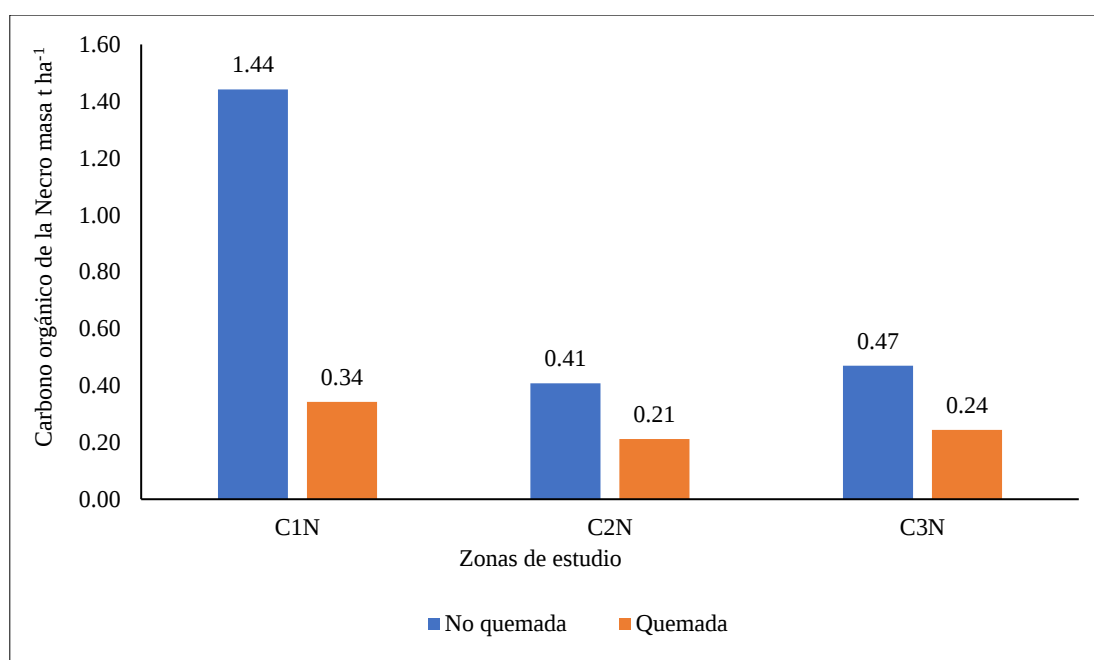


Como se observa en la **Figura 4** con respecto a la necro masa en la zona no quemada el que presenta mayor valor se encuentra en el cuadrante 1 con un valor de $1,44 \text{ t ha}^{-1}$ y el de menor valor en el cuadrante 2 con un valor de $0,41 \text{ t ha}^{-1}$; a su vez en la zona quemada el que presenta mayor valor con respecto a la necro masa está en el cuadrante 1 con $0,34 \text{ t ha}^{-1}$ y el de menor valor en el cuadrante 2 con $0,21 \text{ t ha}^{-1}$.

El contenido de carbono en la necro masa posee un promedio $1,04 \text{ t ha}^{-1}$ correspondiente a la zona no quemada $1,45 \text{ t ha}^{-1}$ y $0,32 \text{ t ha}^{-1}$ a la quemada. Esto se corrobora con lo obtenido por Eguiguren et al. (2015) en su estudio en los páramos de PNP donde señala que el carbono de necro masa encontrada en el páramo herbáceo con un valor de $2,9 \text{ t ha}^{-1}$.

Figura 4

Comparación del carbono orgánico presente en la necro masa de un páramo de la comunidad Pasguazo



3.2. Carbono orgánico t ha^{-1}

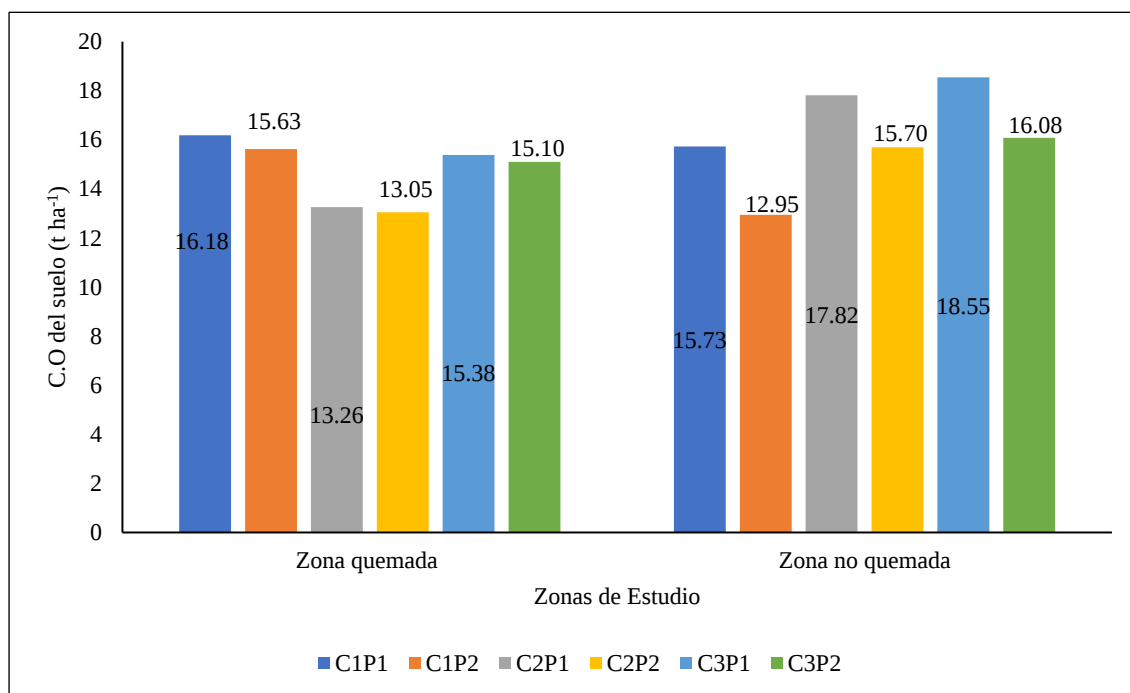
Como se observa en la **Figura 5** a una profundidad de 0-5 cm en la zona quemada cuadrante 1 se presenta el valor máximo de carbono orgánico $16,18 \text{ t ha}^{-1}$ y un valor mínimo de $13,05 \text{ t ha}^{-1}$ correspondiente al cuadrante 2 a una profundidad de 5-10 cm y para la zona no quemada un valor máximo de $18,55 \text{ t ha}^{-1}$ en el cuadrante 3 a una profundidad de 0-5 cm y un valor mínimo en el cuadrante 1 a una profundidad de 5-10 cm con un valor de $12,95 \text{ t ha}^{-1}$.

De acuerdo con Mena & Ortega (2020) existe gran cantidad de materia orgánica localizada en los suelos de los páramos y eso se ratifica con los resultados en la **Figura 5**. con un promedio de $14,77 \text{ t ha}^{-1}$ para la zona quemada y $16,14 \text{ t ha}^{-1}$ para la no quemada; a su vez Ayala et al. (2014) indican que debido a la descomposición de materia orgánica lenta, existe una gran cantidad de carbono almacenado en una capa gruesa de hojarasca, donde como es el caso de los páramos de El Ángel, hasta dos metros de profundidad,

donde se tiene una concentración de materia orgánica. También menciona que a medida que se profundiza el muestreo en páramos herbáceos el contenido de MO y CO disminuye corroborando con nuestros resultados en la **Figura 5**.

Figura 5

Comparación del carbono orgánico presente en el suelo del ecosistema páramo de la comunidad de Pasguazo



3.3. Carbono orgánico total del área de estudio

Como puede apreciarse en la prueba t- Student **Tabla 4** el valor t con un alfa de 0,05 y 6 grados de libertad es de 0,907 siendo este valor mayor que el alfa, aceptando así la hipótesis nula en donde la quema de vegetación tiene un efecto similar sobre el contenido de carbono orgánico del ecosistema páramo de la comunidad de Pasguazo a una profundidad de 0-5 cm. Para el contenido total de carbono orgánico a una profundidad de 5-10 cm el valor fue de 0,215 siendo este mayor que el alfa de 0,05 aceptando así la hipótesis nula en donde la quema de vegetación tiene un efecto similar sobre el contenido de carbono orgánico del ecosistema paramó de la comunidad de Pasguazo.

Tabla 4

Prueba t-Student del contenido de carbono orgánico total en el ecosistema páramo de la comunidad de Pasguazo

		T	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de confianza de la diferencia	
							Inferior	Superior
Cos total (0-5cm)	Se asumen varianzas iguales	0,12	6	0,907	0,16	1,37	-3,19	3,53
Cos total (5-10)	Se asumen varianzas iguales	-1,385	6	0,215	-1,94	1,4	-5,37	1,48

3.4. Intensidad de la quema

La comunidad de Pasguazo presento una intensidad de quema baja, esta no presento un efecto estadísticamente diferente entre la pre y post quema, esto se justifica con lo mencionado por Mena & Ortega (2020) los incendios de baja intensidad son de pequeño impacto y promueven la vegetación herbácea, incrementan la disponibilidad de nutrientes.

La **Tabla 5** muestra la información correspondiente a la velocidad de propagación (r), poder calorífico (H) e intensidad de la quema del páramo de la comunidad de Pasguazo.

Tabla 5

Características de propagación de fuego (r), poder calorífico, nivel e intensidad de la quema

Codificación	r m s ⁻¹	PC Kcal/Kg	Intensidad de la quema Kcal /m s	Nivel de Intensidad
V1	0,018	1636,85	2,6	Muy Bajo
V2	0,018	2751,01	16,5	Muy Bajo
V3	0,018	1984,03	5,5	Muy Bajo
V4	0,018	2714,22	4,5	Muy Bajo
V5	0,018	1627,78	21,8	Muy Bajo
V6	0,018	1761,58	2,4	Muy Bajo

Tabla 5

Características de propagación de fuego (r), poder calorífico, nivel e intensidad de la quema (continuación)

Codificación	r m s ⁻¹	PC Kcal/Kg	Intensidad de la quema Kcal /m s	Nivel de Intensidad
V7	0,018	2811,22	5,5	Muy Bajo
V8	0,018	4981,10	29,4	Muy Bajo
V9	0,018	2869,23	5,9	Muy Bajo
V10	0,018	5201,20	22,0	Muy Bajo
V11	0,018	1909,04	1,2	Muy Bajo
V12	0,018	3701,53	6,3	Muy Bajo

r= Velocidad de propagación del fuego; PC= Poder calorífico

3.5. Propiedades físicas del suelo

Textura, color y % de Porosidad. El páramo de Pasguazo posee una textura franco limosa y franco arenoso, el color va de 10YR 2/1 (Negro) hasta 10YR 3/1 (Pardo Oscuro), a su vez Celis et al. (2015) menciona que las sustancias resultantes de la descomposición de la materia orgánica se oxidan y adquieren una coloración oscura; también posee una porosidad de 45,76%. Según Carúa et al. (2008) en su estudio los suelos de páramo tenían una textura franco arenosa, ya que su origen fue resultado de varias erupciones volcánicas. En Ecuador y Colombia los suelos de páramo se consideran de origen volcánico según Llambí et al. (2012) el color de los suelos de los páramos posee tonalidades muy oscuras debido a la alta presencia de materia orgánica del suelo y la porosidad para un suelo de páramo intervenido (comprendiendo al tipo de páramo que fue intervenido por animales de pastoreo o maquinaria) varía entre valores del 48% al 54%, corroborando así los resultados obtenidos en la presente investigación.

Densidad aparente (g cm⁻³). La densidad aparente promedio del páramo de la comunidad Pasguazo fue de 1,15 g cm⁻³ y según menciona Llambí et al. (2012) los suelos de páramo se caracterizan por una baja densidad aparente inferior a la del agua (1 g cm⁻³) oscilando entre los rangos de 0,4 y 0,8 g cm⁻³. A su vez Hofstede et al. (2023) mencionan que valores mayores de densidad aparente son ocasionados por alteraciones en la estructura del suelo, como la ocasionada por la compactación provocada por el pisoteo de los animales de pastoreo, esto concuerda con los residuos de excremento encontrado en algunas muestras de suelo.

Densidad real (g cm^{-3}). La densidad real del páramo de la comunidad de Pasguazo presenta un valor promedio de $2,15 \text{ g cm}^{-3}$, lo que se asemeja a lo mencionado por Llambí et al. (2012) estableciendo que la densidad real asume un valor fijo de $2,65 \text{ g cm}^{-3}$.

3.6. *Propiedades Químicas del suelo*

Potencial de Hidrogeno pH. El pH en el páramo de Pasguazo en la zona quemada oscila un promedio de 5,95 a diferencia del pH en la zona no quemada de 5,70 son resultados superiores a los obtenidos en la investigación que realizaron en el páramo de Chingaza de (3,7 – 5,5) (Cárdenas, 2013). Según menciona Varela et al. (2007) los valores de pH en los suelos quemados usualmente se incrementan debido a la reducción de ácidos orgánicos y al aporte de cenizas con carácter alcalino, y estos se producen cuando la intensidad de un incendio es alta, produciendo una gran combustión de la materia orgánica del suelo.

Conductividad Eléctrica. La conductividad eléctrica en el páramo de Pasguazo para la zona quemada determinó un promedio de $126,92 \mu\text{S cm}^{-1}$ a diferencia de la zona no quemada con una media de $123,36 \mu\text{S cm}^{-1}$, a su vez Guaraca (2024) en su estudio reporto para la conductividad eléctrica $300 \mu\text{S cm}^{-1}$ en el sitio donde hubo una quema, aunque no significativa con respecto a la no quemada $200 \mu\text{S cm}^{-1}$. Celis et al. (2015) mencionan que esto puede suceder ya que la conductividad eléctrica al exponerse a temperaturas puede aumentar por la incorporación de sales solubles procedentes de la combustión de la materia orgánica.

Nitrógeno NH_4^+ . En la zona no quemada se presentó una media de 13,79 ppm de nitrógeno, mientras que en la zona quemada se determinó un promedio de 16,84 ppm de nitrógeno, Hofstede et al. (2003) mencionan que cuando la descomposición del suelo sea lenta, el nitrógeno mineral baja. En el páramo de Pasguazo el promedio de nitrógeno encontrado es de 15,39 ppm correspondiente a un nivel bajo esto debido a que estos presentan una alta cantidad de materia orgánica, pero debido a las bajas temperaturas presenta una descomposición lenta del suelo.

Fósforo P. En la zona quemada en el cuadrante 3 se obtuvo una media de 10,16 ppm de fósforo y en la zona no quemada un valor de 12,71 ppm. El fósforo del páramo de Pasguazo oscila en promedio considerable de 11,47 ppm considerado en un nivel bajo y según menciona Quinteros et al. (2013) en sus estudios sobre la comparación química de suelos en PNC establecen que, en suelos de páramo por la lenta descomposición de la materia orgánica, estos retienen nutrientes dentro de su estructura; esto sucede específicamente con el fósforo.

Potasio K^+ . El K^+ en la zona quemada posee un promedio de $0,36 \text{ meq } 100\text{g}^{-1}$ en cambio en la zona no quemada un valor de $0,29 \text{ meq } 100\text{g}^{-1}$ ambos correspondientes a un nivel

bajo, con un valor similar al que determinaron Gualan & Orbe (2019) en el páramo de pestillo donde se encontró un nivel bajo $0,33 \text{ meq } 100\text{g}^{-1}$ de k en la zona afectada (quemada) y muy bajo en la zona no afectada $0,25 \text{ meq } 100\text{g}^{-1}$ (no quemada).

4. Conclusiones

- La quema controlada de baja intensidad ($10,3 \text{ kcl/m s}$) en el páramo de Pasguazo demostró una liberación moderada de carbono orgánico, con un promedio de $14,77 \text{ t ha}^{-1}$ para la zona quemada y $16,14 \text{ t ha}^{-1}$ para la no quemada, lo que indica que una fracción significativa del carbono se incorporó al suelo en forma de cenizas y materia orgánica parcialmente carbonizada.
- La disminución significativa en la biomasa y necromasa del suelo de páramo podría comprometer temporalmente la función del ecosistema como sumidero de carbono, la conservación de las propiedades fisicoquímicas del suelo y el ligero incremento en el contenido de carbono edáfico indican una capacidad de resiliencia notable que preservar este tipo de ecosistema.

5. Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses en relación con el artículo presentado.

6. Declaración de contribución de los autores

Todos autores contribuyeron significativamente en la elaboración del artículo.

7. Costos de financiamiento

La presente investigación fue financiada en su totalidad con fondos propios de los autores.

8. Referencias bibliográficas

- Ayala, L., Villa, M., Aguirre, Z., & Aguirre, N. (2014). Cuantificación del carbono en los páramos del Parque Nacional Yacuri, provincias de Loja y Zamora Chinchipe, Ecuador. *Cedamaz*, 4(1).
<https://revistas.unl.edu.ec/index.php/cedamaz/article/view/237/220>.
- Blanco, J., García, D., Castellnou, M., Molina, D., Grillo, F., Pous, E. (2008). *Curso básico de incendios forestales destinado a personal de operaciones de extinción*. Universitat de Lleida. <https://www.researchgate.net/publication/238746577>
- Buytaert, W., Célleri, R., De Bièvre, B., Cisneros, F., Wyseure, G., Deckers, J., & Hofstede, R. (2006). Human impact on the hydrology of the Andean páramos. *Earth-Science Reviews*, 79(1–2). <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2006.06.002>

- Cárdenas, C. de los Á. (2013). *El fuego y el pastoreo en el páramo húmedo de Chingaza (Colombia): efectos de la perturbación y respuestas de la vegetación* [Tesis doctoral, Universitat Autònoma de Barcelona, Barcelona, España]. https://ddd.uab.cat/pub/tesis/2013/hdl_10803_120219/cac1de1.pdf
- Carrasco R., T., & Nuñez Moreno, M. S. (2019). Los incendios forestales y su impacto ambiental en reservas ecológicas.. *Explorador Digital*, 3(3), 104-113. <https://doi.org/10.33262/exploradordigital.v2i1.324>
- Carúa, J., Proaño, M., Suárez, D., & Podwojewski, P. (2008). Determinación de retención de agua en los suelos de los páramos: estudio de caso en la subcuenca del río San Pedro, Cantón Mejía, Pichincha, Ecuador. In *Serie Páramo* (Issue 26). https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/cc-2010/010047425.pdf
- Celis, R., Jordán, A., & Zavala, L. (2015). Efectos del fuego en las propiedades biológicas, físicas y químicas del suelo. *Grandes Incêndios Florestais, Erosão, Degradação e Medidas de Recuperação Dos Solos*. https://www.uc.pt/fluc/nicif/riscos/pub/outros_livros/viiegfa/Artigo_12_Reyes_de_Celis.pdf
- Chuncho, C., & Chuncho, G. (2019). Páramos del Ecuador, importancia y afectaciones: Una revisión. *Bosques Latitud Cero*, 9(2). https://drive.google.com/file/d/1_m4ZobqzjfgTfv2S3CvB4AIjSh5ILPnS/view
- Díaz Acevedo, C. J., Romero-Alarcon, L. V., & Miranda-Esquivel, D. R. (2020). Páramos Neotropicales como unidades biogeográficas. *Revista de Biología Tropical*, 68(2). <https://doi.org/10.15517/rbt.v68i2.39347>
- Eguiguren, P., Santín, A., V., Vidal, E., & Aguirre, N. (2015). Reservorios de carbono en los páramos del Parque Nacional Podocarpus. En: Aguirre, N., Ojeda-Luna, T., Eguiguren Velepucha, P., & Aguirre, Z. (Editores), *Cambio climático y Biodiversidad: Estudio de caso de los páramos del Parque Nacional Podocarpus, Ecuador* (pp. 211-220). https://redgloria.condesan.org/wp-content/uploads/2021/01/Nikolay-et-al-2015.-Libro_Cambio-climatico-y-biodiversidad-Parque-Nacional-Podocarpus_Optimized.pdf#page=213
- Ferreiro, D. G., & Sendra, J. B. (2008). Generación de un mapa de vientos en un sig. In *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles* (Issue 47). <https://bage.age-geografia.es/ojs/index.php/bage/article/view/2029/1942>
- Giler Rivera, L. X. (2020). *Comportamiento del fuego en combustibles superficiales de una plantación de Eucalyptus sp. en Santa Ana, Manabí, Ecuador* [Tesis de pregrado, Universidad Estatal del Sur de Manabí, Jipijapa, Ecuador].

<https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5586/1/iniapeeptesisLGILER2020.pdf>

Godoy Valdiviezo, P. C. (2022). *Análisis del poder calorífico de Eucalyptus globulus y Piptocoma discolor para la elaboración del carbón en el cantón Guano, provincia de Chimborazo* [Tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador].

<https://dspace.esPOCH.edu.ec:8080/server/api/core/bitstreams/663acc6f-8149-450c-8b02-8e5f369a2253/content>

Gualan, A., & Orbe, K. (2019). *Plan de reforestación de zonas afectadas por incendios forestales nivel 2 en la comunidad Pesillo - cantón Cayambe* [Tesis de pregrado, Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito, Quito, Ecuador].

<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/17695/1/UPS%20-%20ST004289.pdf>

Guaraca Pomagualli, V. G. (2024). *Estimación de carbono orgánico liberado por una quema de vegetación en el ecosistema paramo de una comunidad en la parroquia san juan provincia de Chimborazo* [Tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica De Chimborazo, Riobamba, Ecuador].

<https://dspace.esPOCH.edu.ec:8080/server/api/core/bitstreams/9f9d86fa-3d10-4d76-a540-ffe61da1f102/content>

Hofstede, R., Mena, P., & Suárez, E. (2023). Los páramos del Ecuador: pasado, presente y futuro. In *Los páramos del Ecuador: Pasado, presente y futuro*.

<https://doi.org/10.18272/usfqpress.71>

Kunst, C. (2011). Ecología y uso del fuego en la región Chaqueña Argentina: una revisión. *Boletín De*, 10(10).

https://www.researchgate.net/publication/277178374_Ecologia_y_uso_del_fuego_en_la_region_chaquena_Argentina

Llambí, L. D., Soto-W, A., Céleri, R., De Bievre, B., Ochoa, B., & Borja, P. (2012). *Páramos Andinos Ecología, hidrología y suelos de páramos. Proyecto Páramo Andino*. Monsalve Moreno.

https://www.researchgate.net/publication/263280481_Ecologia_Hidrologia_y_Suelos_del_Paramo

Matson, E., & Bart, D. (2013). Interactions among fire legacies, grazing and topography predict shrub encroachment in post-agricultural páramo. *Landscape Ecology*, 28(9). <https://doi.org/10.1007/s10980-013-9926-5>

- Mena Lojan, L. F., & Ortega Avilés, A. A. (2020). *Determinación del protocolo para quemas experimentales simulando incendios forestales con diferentes intensidades, en suelos extraídos de las zonas: parque metropolitano "guangüiltagua", "cerro ungüi y páramo de paquiestancia - Cayambe", a nivel de laboratorio* [Tesis pregrado, Universidad Politécnica Salesiana, Quito, Ecuador].
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/18607/1/UPS%20-%20ST004521.pdf>
- Minasny, B., McBratney, A. B., Wadoux, A. M., Akeeb, E. N., & Sabrina, T. (2020). Precocious 19th century soil carbon science. *Geoderma Regional*, 22, e00306.
<https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2020.e00306>
- Quinteros, P., Piercosimo, T., & Rafaella, A. (2013). *Comparación química de suelos en distintas coberturas vegetales del PNC mediante métodos de clúster análisis*. □ Editorial ABYA-YALA - Universidad Politécnica Salesiana.
<https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/11169>
- Ramos Veintimilla, R. A., Vera Vélez, R., Grijalva Olmedo, J. E., & Ramos Veintimilla, M. R. (2022). Carbono en el suelo de bosque secundario y pasturas. *ConcienciaDigital*, 5(3.2), 91-106.
<https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v5i3.2.2322>
- Rothermel, R. C. (1972). *A mathematical model for predicting fire spread in wildland fuels* (Intermountain Forest & Range Experiment Station, Forest Service, & US Department of Agriculture., Eds.; Vol. 115).
https://play.google.com/books/reader?id=27n_RugVVK0C&pg=GBS.PP6&hl=es
- Schulte, E. E., & B. G. (1996). *Estimation of soil organic matter by weight loss-on-ignition* (Hopkins 1st edition). SSSA Special Publication Series (pp. 21-31).
<https://doi.org/10.2136/sssaspecpub46.c3>
- Serrato Cuevas, R., Adame Martínez, S., López García, J., & Flores Román, D. (2014). Carbono orgánico de la hojarasca en los bosques de la reserva de la Biósfera Mariposa Monarca, caso santuario sierra Chincua, México. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 5(1), 29-45.
<https://doi.org/10.22490/21456453.905>
- Sevink, J., Tonneijck, F. H., Kalbitz, K., & Cammeraat, E. L. H. (2013). Dinámica del carbono en los ecosistemas de páramo de los Andes neotropicales: Revisión de literatura sobre modelos y parámetros relevantes. *Journal of Arid Environments*, 49(2). <https://hdl.handle.net/11245/1.415726>
- Suárez Duque, D., Acurio, C., Chimbolema, S., & Aguirre, X. (2016). Análisis del carbono secuestrado en humedales altoandinos de dos áreas protegidas del

Ecuador. *Ecología Aplicada*, 15(2), 171-177.

<https://doi.org/10.21704/rea.v15i2.756>

Trabaud, L. (1979). Etude du comportement du feu dans la Garrigue de Chêne kermès à partir des températures et des vitesses de propagation. In *Annales Des Sciences Forestieres. EDP Sciences.*, 36(1), 13–38. https://www.afs-journal.org/articles/forest/pdf/1979/01/AFS_0003-4312_1979_36_1_ART0002.pdf

Varela, M. E., Rodríguez Allires, M., & Benito, E. (2007). Impacto del fuego en la degradación física de dos suelos forestales en Galicia. *Cadernos Do Laboratorio Xeoloxico de Laxe*, 32. https://www.researchgate.net/publication/277106129_Impacto_del_fuego_en_la_degradacion_fisica_de_dos_suelos_forestales_en_Galicia

Vega, J. A., Pérez-Gorostiaga, P., Cuiñas, P., Alonso, M., Fontúrbel, M. T., Fernández, C., & Rozados, M. J. (2000). Patrones espaciales de temperaturas en el tronco y copa de P. Pinaster durante fuegos prescritos. *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales*, 9, 91–99. https://secforestales.org/publicaciones/index.php/cuadernos_secf/article/view/9186/9104

Young, K. R., Ulloa Ulloa, C., Luteyn, J. L., & Knapp, S. (2002). Plant evolution and endemism in Andean South America: an introduction. *Botanical Review*, 68(1), 4-21. <https://www.jstor.org/stable/4354408>

El artículo que se publica es de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan el pensamiento de la **Revista Alfa Publicaciones**.



El artículo queda en propiedad de la revista y, por tanto, su publicación parcial y/o total en otro medio tiene que ser autorizado por el director de la **Revista Alfa Publicaciones**.



Open policy finder
Formerly Sherpa services

Desarrollo de poliuretanos con propiedades mejoradas

Development of polyurethanes with enhanced properties

- ¹ Luis Santiago Carrera Almendáriz  <https://orcid.org/0000-0002-3262-5895>
Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Riobamba, Ecuador.
Facultad de Ciencias
luissantiago.carrera@epoch.edu.ec
- ² Ana Gabriela Flores Huilcapi  <https://orcid.org/0000-0001-8748-7859>
Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Riobamba, Ecuador.
Facultad de Recursos Naturales
ana.flores@epoch.edu.ec



Artículo de Investigación Científica y Tecnológica

Enviado: 14/04/2025

Revisado: 18/05/2025

Aceptado: 26/06/2025

Publicado: 15/07/2025

DOI: <https://doi.org/10.33262/ap.v7i3.628>

Cítese:

Carrera Almendáriz, L. S., & Flores Huilcapi, A. G. (2025). Desarrollo de poliuretanos con propiedades mejoradas. *AlfaPublicaciones*, 7(3), 60–76. <https://doi.org/10.33262/ap.v7i3.628>



ALFA PUBLICACIONES, es una revista multidisciplinar, **trimestral**, que se publicará en soporte electrónico tiene como **misión** contribuir a la formación de profesionales competentes con visión humanística y crítica que sean capaces de exponer sus resultados investigativos y científicos en la misma medida que se promueva mediante su intervención cambios positivos en la sociedad. <https://alfapublicaciones.com>

La revista es editada por la Editorial Ciencia Digital (Editorial de prestigio registrada en la Cámara Ecuatoriana de Libro con No de Afiliación 663) www.celibro.org.ec

Esta revista está protegida bajo una licencia Creative Commons Attribution Non Commercial No Derivatives 4.0 International. Copia de la licencia: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>



Palabras claves:

Poliol, isocianato,
fluorados,
hidrofobicidad,
elastómeros

Keywords:

Polyol, isocyanate,
fluorinated
compounds,
hydrophobicity,
elastomers

Resumen

Introducción: Esta investigación explora la mejora de las propiedades superficiales de poliuretanos elastoméricos mediante la incorporación de aditivos antiadherentes en masa y superficie. **Objetivos:** El objetivo fue optimizar el procesado del poliuretano de bajas prestaciones y evaluar el efecto de diferentes aditivos fluorados y de sílice funcionalizada sobre su hidrofobicidad y propiedades mecánicas. **Metodología:** Se siguió una metodología experimental cuantitativa, utilizando formulaciones estándar de poliol e isocianato, a las que se incorporaron aditivos tanto en masa como en recubrimiento (coating), y se caracterizaron las muestras mediante ensayos de ángulo de contacto. **Resultados:** Los resultados mostraron que aditivos como F1 y F2 al 1 % en coating y F2 al 1 % en masa incrementan significativamente el ángulo de contacto sin comprometer las propiedades mecánicas. **Conclusiones:** Se concluye que los aditivos de sílice funcionalizada con flúor (NS1 y NS2) son especialmente prometedores, y que esta estrategia es aplicable al desarrollo de poliuretanos antiadherentes de altas prestaciones para aplicaciones industriales. **Área de estudio general:** Química. **Área de estudio específica:** Poliuretanos. **Tipo de estudio:** Artículos originales.

Abstract

Introduction: This research explores the improvement of the surface properties of elastomeric polyurethanes by incorporating non-stick additives in mass and surface. **Objectives:** The objective was to optimize the processing of low-performance polyurethane and to evaluate the effect of different fluorinated and functionalized silica additives on its hydrophobicity and mechanical properties. **Methodology:** A quantitative experimental methodology was followed, using standard formulations of polyol and isocyanate, to which additives were incorporated both in mass and in coating, and the samples were characterized by contact angle tests. **Results:** The results showed that additives such as F1 and F2 at 1% in coating and F2 at 1% in mass significantly increased the contact angle without compromising mechanical properties. **Conclusions:** It is concluded that fluorine-functionalized silica

additives (NS1 and NS2) are especially promising, and that this strategy is applicable to the development of high-performance non-stick polyurethanes for industrial applications. **General area of study:** Chemistry. **Specific study area:** Polyurethanes. **Type of study:** Original articles.

1. Introducción

Las gomas (Poliuretanos Elastoméricos PU) se usan ampliamente debido a su ligereza, flexibilidad de diseño y capacidad de procesamiento. Sin embargo, estos materiales compuestos exhiben propiedades mecánicas menos atractivas, tales como baja resistencia y bajo módulo en comparación con metales y cerámicas. La adición de partículas de relleno inorgánico de tamaño micrométrico o nanométrico para reforzar los materiales poliméricos ha sido una práctica estándar en la industria de los compuestos durante décadas. En la actualidad se utilizan rellenos funcionales que, además de modificar las propiedades mecánicas y reológicas de las gomas, afectan a otras propiedades como la reactividad química, la biodegradabilidad, el color, las propiedades térmicas, magnéticas o eléctricas. Las propiedades mecánicas y físicas del material compuesto están dominadas principalmente por la naturaleza del relleno, mientras que la matriz polimérica determina las características ambientales del material compuesto. Por lo tanto, las propiedades compuestas se pueden adaptar para que se ajusten a la aplicación deseada a través de la elección adecuada de relleno y resina de matriz (Kim et al., 2011; Akram et al., 2022).

En bibliografía científica se han encontrado algunos ejemplos de la modificación de la energía superficial de materiales mediante adición de cargas y aditivos. Existen principalmente dos factores que ayudan a crear una “superhidrofobicidad” en la superficie: componentes con baja energía superficial, como sustancias que contienen flúor o sílice y estructuras de rugosidad a escala micro y nanométrica. Según Ganesh et al. (2011): preparó un poliuretano en base agua hidrófobo a partir de nano-SiO₂ (nanopartículas de sílice, en adelante SiNPs) y dependiendo del porcentaje de SiNPs añadido se consiguen diferentes grados de hidrofobicidad hasta llegar a la súperhidrofobicidad con un ángulo de contacto mayor de 150°. Las SiNPs se fabrican por el método Stöber utilizando TEOS (tetraetoxisilano) como precursor y modificado con TMES (trimetiletoxisilano) (Wu et al., 2019).

Las SiNPs son buenas candidatas para ser utilizadas durante este proyecto debido a su gran área específica, pequeño tamaño de partícula, estabilidad térmica y su

disponibilidad comercial. Además, la incorporación de SiNPs en películas de polímero es también conocida para potenciar las propiedades mecánicas de la película y para reducir su degradación térmica a alta temperatura, mejorando también sus propiedades de aislamiento, y aumentando las propiedades de barrera a los disolventes y productos volátiles (Guerrero-Vacas et al., 2023). También es común que las nanopartículas se recubran con moléculas de cadena larga fluoradas, dotándolas de este modo de una superficie hidrofóbica (Diao et al., 2024). Para algunas aplicaciones se ha desarrollado un efecto surfactante adsorbiendo moléculas anfifílicas con segmentos hidrofóbicos e hidrofílicos (Liberman et al., 2014).

Además, se han creado recubrimientos de Poliuretano (PU) superhidrófobo de SiO₂NPs diseñado bajo el proceso de sol-gel basado en la reacción entre los grupos GPTS (3-Glicidoxipropiltrimetoxisilano) activados en la superficie de FAS-SiO₂NPs, monómeros de poliol, octamina e isocianato. Este nuevo recubrimiento superhidrofóbico exhibe una buena dureza y repele el agua con ángulos de contacto (CA) de 159° (Zhang et al., 2022). La fácil fabricación del revestimiento de PU-SiO₂ con hidrofobicidad y durabilidad mejoradas proporciona una nueva vía para el desarrollo de superficies superhidrofóbicas de alto rendimiento (Huang et al., 2024). Las propiedades sobresalientes del recubrimiento de PU-SiO₂ sintetizado se deben principalmente a la reducción de la energía superficial por los fluoroalquilsilanos, la formación de estructuras de rugosidad jerárquica a escala micro y nanométrica en la superficie del recubrimiento y la adhesión estable de SiO₂NPs en resina de poliuretanos después de la reticulación con isocianato (Yousefi et al., 2018; Rodríguez-Alabanda et al., 2019).

Existen técnicas novedosas que mediante un proceso simple combinado con plantillas de papel de lija y adornos de nanosílice a la superficie de Poliuretano Termoestable (TSU) genera estructuras micro y nano altamente hidrófobas. Usando papeles de lija con tamaños de grano que variaban de 240 a 700 granos para obtener una rugosidad de microescala en una superficie del TSU hidrófila intrínseca (Li et al., 2022). Se encontró que el mayor ángulo de contacto de la superficie del TSU sin nanopartículas a $102 \pm 3^\circ$ se obtuvo cuando la plantilla era papel de lija de grano 240 y el progreso del moldeado comenzó después de 45 minutos de curado del TSU. Las nanopartículas de sílice modificadas con polidimetilsiloxano se dispersaron sobre las superficies tanto del polímero como de la plantilla para construir las nanoestructuras deseables (Yang et al., 2018).

Existen formulaciones comerciales con recubrimiento de fluoropolímero basadas en Politetrafluoroetileno (PTFE) y Perfluoroalcoxialcanos (PFA) que proporcionan superficies de baja energía en sustratos metálicos. Las porosidades presentes en las

superficies de PTFE permiten la penetración de la resina y después del curado se adhieren mediante enclavamiento mecánico (Sánchez-Urbano et al., 2018).

En la revisión de bibliografía se cita que la aplicación de cargas a la formulación del elastómero confiere mejora en sus propiedades mecánicas. Los Nanocristales de Celulosa (CNC) producidos a partir de materias primas celulósicas renovables se han utilizado en el refuerzo de polímeros, lo que ha dado como resultado mejoras significativas en las propiedades mecánicas (Naranjo et al., 2020). La adición de un 0,5% de CNC en peso a la resina de Poliuretano (PU) produce un aumento en la resistencia a la tracción, el módulo de Young, el alargamiento a la rotura y la resistencia a la abrasión de aproximadamente un 30%, 55%, 70% y 40%, respectivamente (Kong et al., 2018). Por otra parte, el empleo de calcita (CaCO_3) y dolomita $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ de 6nm al 35% mejora la resistencia a la tracción y alargamiento a la rotura más que los rellenos de las mismas moléculas a micro y macroescala en materiales flexibles de espuma de poliuretano (Larrea et al., 2020).

El adhesivo de Poliuretano a Base de Agua (WPU) modificado con nano- SiO_2 en el rango de 2,0% a 2,5%, mostró que la concentración de nano- SiO_2 tuvo un impacto significativo en estas propiedades como rendimiento mecánico y resistencia al agua (Jia-Hu et al., 2015), además el poliuretano elastomérico con carga de negro de carbón ISAF del 10 % presenta una resistencia a la tensión de 2,010 MPA y al adicionar un 8% más en peso de negro de carbón se tiene una resistencia a la tensión de 2,746 MPa (Benli et al., 1998).

2. Metodología

Esta investigación plantea que la modificación de poliuretanos elastoméricos mediante la incorporación de aditivos antiadherentes en masa y superficie mejora sus propiedades superficiales sin comprometer significativamente sus propiedades mecánicas. El Poliuretano Elastoméricos (PU) de bajas prestaciones utilizado corresponde a un sistema bicomponente. El componente A es un poliol conformado por una mezcla de polioles que contienen catalizadores, agentes reticulantes y tensoactivos. El componente B es un isocianato constituido por Difenilmetanodiisocianato Modificado (MDI). La relación de mezcla A/B es de 100/65 en peso. Las características físico-mecánicas de este sistema PU se presentan en la **Tabla 1**. Este tipo de poliuretano se emplea debido a que permite realizar pruebas de optimización del procesado y ensayos con aditivos antiadherentes sin requerir altas temperaturas ni condiciones de vacío para desgasificar el poliol.

Tabla 1
Poliuretano elastomérico de bajas prestaciones

Características	Unidades	PU bajas prestaciones
Tiempo de gel	min	4 ± 1
Densidad	kg / m ³	1100
Dureza Shore	ShA	95
Resistencia Tracción	kg /cm ²	150 ± 20
Resistencia Elongación	%	150 ± 50
R. Desgarro	kg /cm	50 ± 10

Fuente: Deutsches Institut für Normung (2000). Norma DIN 53505:2000-08

Para el revestimiento o coating de la superficie de los poliuretanos elastoméricos se utiliza una pintura de poliuretano constituida por el componente A: polioliol y el componente B: isocianato. Como disolvente se utiliza acetato de butilo (densidad: 0,88 g/mL). Los aditivos utilizados están constituidos por partículas fluoradas y nanopartículas de sílice funcionalizadas con flúor, como se observa en la **Tabla 2**.

Tabla 2
Aditivos antiadherentes

Código	Aditivo
F1	Fluorado líquido 1
F2	Fluorado con sílice líquido 2
F3	Fluorado polvo 3
F4	Fluorado polvo 4
NS1	Nano partículas sílice con flúor 1
NS2	Nano partículas sílice con flúor 2

El objetivo principal de esta investigación es desarrollar poliuretanos elastoméricos con propiedades mejoradas mediante la incorporación de aditivos antiadherentes en masa y coating. Los objetivos específicos incluyen: optimizar las condiciones de procesamiento del sistema PU de bajas prestaciones; evaluar la dispersión y eficacia de diferentes aditivos fluorados y a base de sílice funcionalizada; y analizar el efecto del recubrimiento superficial sobre las propiedades mecánicas y de adhesión del material.

La investigación se plantea bajo un enfoque cuantitativo y experimental, con el propósito de validar la hipótesis formulada. Se elaboran muestras de PU a partir de una

formulación estándar bicomponente, a las cuales se aplica un recubrimiento superficial con aditivos seleccionados y en masa. Posteriormente, se realizan ensayos para la caracterización superficial (hidrofobicidad). Finalmente, se lleva a cabo un análisis comparativo entre las muestras sin modificar y aquellas tratadas con aditivos, con el fin de determinar el efecto de las modificaciones sobre las propiedades finales del material.

3. Resultados

En esta sección se detallará el procedimiento seguido para optimizar el procesado del poliuretano de bajas prestaciones, incluyendo las variables de temperatura, tiempo de curado y manipulación. Seguidamente, se analizará el impacto de la incorporación de distintos aditivos, tanto en masa como por recubrimiento superficial, sobre la hidrofobicidad y propiedades mecánicas del material. Se expondrán de forma ordenada las comparaciones entre formulaciones y las repeticiones realizadas para validar la reproducibilidad de los ensayos. Finalmente, se establecerán criterios claros para la selección de condiciones que posteriormente se aplicarán en el desarrollo del poliuretano de altas prestaciones.

3.1. Pruebas de procesado de poliuretano

El procesado del poliuretano de bajas prestaciones al requerir bajas temperaturas y no necesitar vacío para desgasificar el polirol, lo hace manejable, permitiendo ensayar con diferentes temperaturas y tiempos de curación, como se observa en la **Tabla 3**. Las condiciones que determinen el mejor curado de la probeta se replicarán para el procesado del poliuretano de altas prestaciones. El tiempo probado de gelificación o manipulación para la preparación del poliuretano de bajas prestaciones se tiene en 2min 56 s.

Tabla 3

Pruebas de procesado de poliuretano elastomérico de bajas prestaciones

Prueba	Tiempo trabajo (min)	Temperatura (°C)	Tiempo curado (min)	Observaciones
1	2'38	30	10	Consistencia blanda y pegajosa
2	2'33	30	15	Consistencia blanda y pegajosa
3	2'33	30	20	Consistencia blanda
4	2'54	40	10	Superficie pegajosa y con burbujas
5	2'48	40	15	Burbujas en superficie
6	2'51	40	20	Burbujas en superficie

Tabla 3

*Pruebas de procesamiento de poliuretano elastomérico de bajas prestaciones
(continuación)*

Prueba	Tiempo trabajo (min)	Temperatura (°C)	Tiempo curado (min)	Observaciones
7	2'40	50	10	Superficie pegajosa
8	2'32	50	15	Bordes pegajosos y burbujas en superficie
9	2'41	50	20	Curado completo
10	2'52	50	30	Degradación de poliuretano. Pegaduras y cuarteaduras

El análisis de los resultados obtenidos en las pruebas de curado del poliuretano revela cómo las variables de tiempo de trabajo, temperatura y tiempo de curado influyen significativamente en las propiedades físicas finales del material como se observan en la **Figura 1** y **Figura 2**.

Figura 1

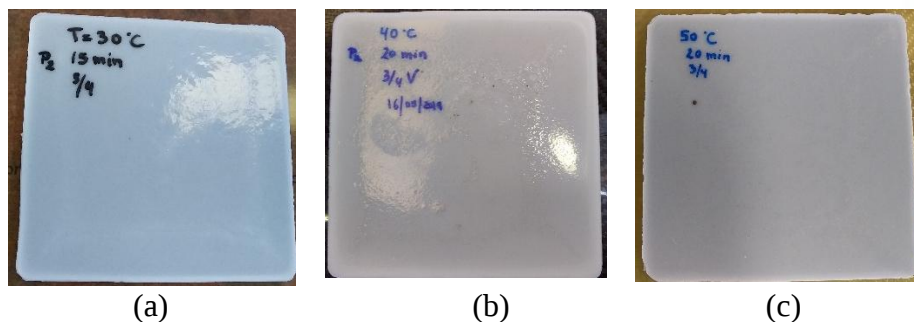
Pruebas de procesamiento de poliuretano elastomérico de bajas prestaciones



La **Tabla 3** muestra que a 30 °C el curado es insuficiente, manteniéndose la muestra blanda y pegajosa. A 40 °C mejora la reticulación, pero persisten burbujas en la superficie. A 50 °C con 20 minutos de curado se logra un poliuretano completamente curado, sin defectos. Superar este tiempo a dicha temperatura genera degradación del material. El tiempo de trabajo se mantiene constante y no depende significativamente de la temperatura.

Figura 2

Probetas obtenidas a 30°C (a), 40°C (b) y 50 °C (c)



3.2. Pruebas de incorporación de aditivos en masa

En esta fase del proyecto se ha llevado a cabo la evaluación de los diferentes aditivos antiadherentes incorporándolos en la formulación en masa del polioli e isocianato de modo comparativo, de tal manera que los resultados son contrastados con una muestra de poliuretano blanco.

Tabla 4

Incorporación de aditivos anti-adherentes en polioli de poliuretano de bajas prestaciones y evaluación del ángulo de contacto

Aditivo	Prueba (%)	Ángulo de contacto (°)	
-	blanco	105	105,3
	1	102,9	103,5
F1	5	95,6	97
	10	96	95
	1	112	110
F2	5	97	97
	10	112	110
F3	5	103,5	103,9
F4	15	-	-

Como se observa en la **Tabla 4** la adición del 10 % de los aditivos fluorados líquidos F1, F2 y 5 % del aditivo F3 al polioli afectan las propiedades mecánicas del poliuretano obtenido, mostrándose quebradizo y con pegaduras en el molde, sin embargo, las adiciones de 1% y 5% conservan sus propiedades. El aditivo fluorado con micropartículas sólidas F4 al incorporarse al polioli desarrolla un polímero espumoso con memoria debido a que el aditivo actúa como agente espumante, de tal manera que no se puede evaluar su ángulo de contacto.

Tabla 5

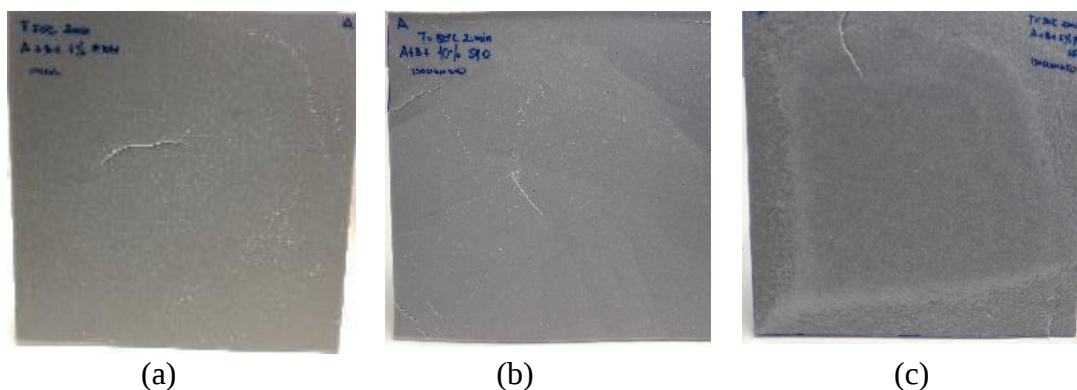
Incorporación de aditivos antiadherentes en isocianato de poliuretano de bajas prestaciones y evaluación del ángulo de contacto

Aditivo	Prueba (%)	Ángulo de contacto (°)	
		blanco	
F1		105,0	105,3
	1	105,4	104,5
	5	100,1	98,5
	10	96,0	97,1
F2	1	112,3	113,5
	5	101,4	102,0
	10	103,8	104,3
F3	5	103,1	102,8

La adición de aditivos en isocianatos no es usual debido a la alta reactividad que derivan en la disminución de enlaces uretanos que pueden modificar propiedades mecánicas y viscosidad como se observa en la **Figura 3**. Sin embargo, sólo se observa afectación en las propiedades mecánicas cuando se adiciona 10 % de los aditivos fluorados líquido F1, F2 y 5% de F3 del poliuretano obtenido, mostrándose quebradizo y con pegaduras en el molde (ver **Figura 3**). La incorporación de 1% del aditivo fluorado líquido F2 tanto en el polioliol como en isocianato incrementa el ángulo de contacto de 105° a 112°, siendo el aditivo F2 el que mejores resultados obtiene según la **Tabla 5**.

Figura 3

Degradación de estructura de poliuretano incorporando en masa 10 % de los aditivos F1(a) y F2(b); 5% de F3 (c)



3.3. Pruebas de incorporación de aditivos en superficie

En esta fase del proyecto se ha llevado a cabo la evaluación de los diferentes aditivos antiadherentes incorporándolos en la pintura de base poliuretano que servirá como coating de las superficies del poliuretano de bajas prestaciones, de tal manera que los resultados son contrastados con una muestra revestida con la pintura de poliuretano sin aditivos.

Tabla 6

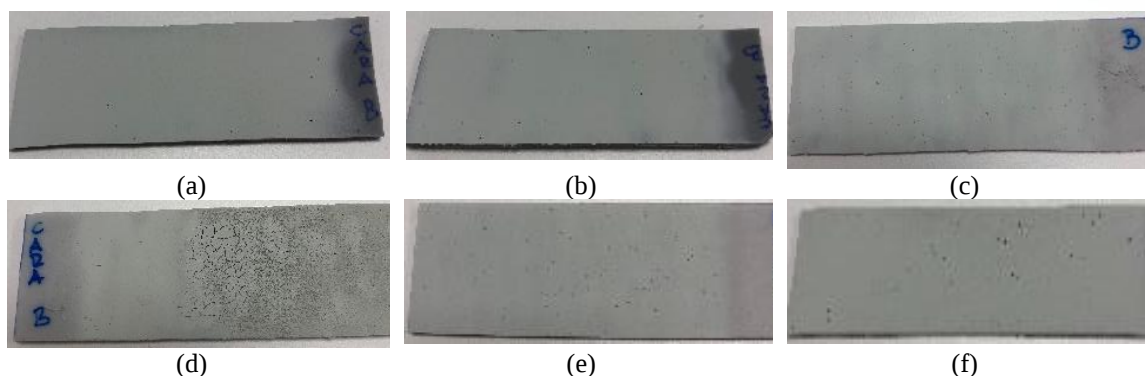
Incorporación de aditivos antiadherentes en coating sobre poliuretanos elastomérico de bajas prestaciones y evaluación del ángulo de contacto.

Aditivo	Prueba (%)	Ángulo de contacto (°)	
	blanco	101,8	100,6
F1	0,5	117,3	117,9
	1	120,7	119,1
	3	76,8	78,7
	5	69,4	73,4
F2	0,5	114,8	120,9
	1	118,8	120,4
	3	109,1	107,6
	5	101,8	103,3
F3	4	103,9	103,2
F4	15	145,9	148,6
NS1	2,5	126,5	129,3
NS2	2,5	139,9	137,7

En la **Tabla 6** se observa que el aditivo que resulta en una superficie de mayor hidrofobicidad es F4 al 15 % sin embargo su recubrimiento es rugoso, genera dificultad para su aplicación y a priori no sería válido para obtener las superficies con la calidad requerida en el recubrimiento de piezas como también se observa en la **Figura 4**. Los aditivos al 1 % de F1 y F2 presentan resultados de ángulo de contacto mayores respecto al blanco. Los aditivos NS1 y NS2 presentan mejor adherencia y homogeneidad de la superficie, como se observa en **Figura 4**.

Figura 4

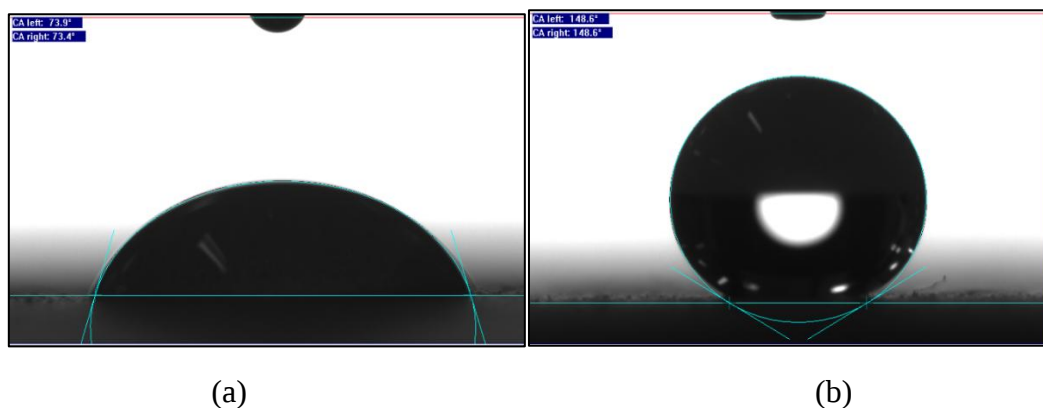
Coating con aditivos antiadherentes aplicados a poliuretano elastomérico de bajas prestaciones F1 al 1 % (a), F2 al 1 % (b), F3 al 4 % (c), F4 al 15 % (d), NS1 al 2,5 % (e) y NS2 al 2,5 % (f)



La **Figura 5** muestra una comparación de los ángulos de contacto medidos en superficies tratadas con diferentes aditivos aplicados mediante recubrimiento (coating). En la imagen (a), se observa una superficie hidrófila con un ángulo de contacto de $73,4^\circ$, correspondiente a la formulación con un 5 % del aditivo F1. En contraste, la imagen (b) presenta una superficie hidrófoba con un ángulo de contacto significativamente mayor, de $148,6^\circ$, obtenido mediante la aplicación del aditivo F4 al 15 %. Esta diferencia evidencia la influencia del tipo y concentración del aditivo en la modificación de la mojabilidad de la superficie del poliuretano.

Figura 5

Comparación ángulos de contacto medidos. (a) Superficie hidrófila: $73,4^\circ$ por aplicación coating con aditivo F1 al 5% y (b) superficie hidrófoba: $148,6^\circ$ por aplicación coating con aditivo F4 al 15 %



3.4. Verificación de reproducibilidad

Con la combinación de parámetros de procesamiento y aditivos que han mostrado mejores resultados, se ha llevado a cabo la repetición de las muestras para asegurarnos la repetibilidad de estos.

Tabla 7

Verificación de reproducibilidad de incorporación del aditivo fluorado F2 en masa y coating en poliuretano de bajas prestaciones y evaluación de ángulos de contacto.

Aditivo	Tipo de prueba	Adición (%)	Ángulo de contacto (°)	
F2	Coating	0,5	108	109,5
		1	123,5	128,5
		3	108,3	107,2
	En masa de componente A	1	111	110
		5	111	113

Según la **Tabla 7** el 5 % de adición en masa de F2 no resulta similar al mostrado en las pruebas iniciales según **Tabla 6**, seguramente en la primera prueba no se ejecutó correctamente el ensayo, ya que los demás resultados tienen órdenes de magnitud similar (entorno al 110°) según **Tabla 7**. Sin embargo, se justifica que es mejor adicionar 1% de F2 pues se obtienen resultados parecidos que al 5 %, de tal manera que se utiliza menos material y se comprometería menos las propiedades mecánicas del poliuretano elastomérico.

Los aditivos NS1 y NS2 de nano partículas de sílice funcionalizadas con cadenas hidrocarbonadas con flúor presentan ángulos de contacto más elevados. Los resultados de las evaluaciones ángulos de contacto altos obtenidos en coating al 1 % de F1, 1 % de F2, y 5 % de F4 y en masa del 1 % de F2 se probarán en el poliuretano elastomérico de altas prestaciones objeto del proyecto.

El desarrollo experimental ha conseguido optimizar el procesamiento para la obtención de probetas de poliuretano elastomérico de bajas prestaciones en 50 ° C durante 20 min. Se ha incorporado aditivos fluorados líquidos, partículas de fluoropolímeros y nano partículas de sílice funcionalizadas con flúor en masa y coating en poliuretano elastomérico de bajas prestaciones. Los aditivos fluorados líquidos F1 y F2 aplicados como coating en proporciones de 0,5% y 1% aumentan el ángulo de contacto significativamente. Los aditivos de nanopartículas de sílice funcionalizadas con cadenas hidrocarbonadas con flúor SN1 y SN2 muestran un aumento considerable del ángulo de contacto de la superficie, quedando como una línea de investigación abierta para este

tipo de materiales. La adición del 15 % del aditivo F4 muestra ángulos elevados de contacto, pero presenta falta de adherencia y cuarteaduras en la superficie del poliuretano. El aditivo F2 incorporado en masa en proporciones bajas mejora el ángulo de contacto de la superficie del poliuretano.

4. Conclusiones

- Con base en las publicaciones científicas revisadas y la experiencia a través de este proyecto se recomienda la adición de cargas con partículas y nanopartículas de sílice funcionalizadas con flúor y partículas de fluoropolímeros como aplicación de recubrimientos, denominados *coatings*, en la capa superficial del poliuretano. Las nanopartículas de sílice de diferente tamaño funcionalizadas con cadenas hidrocarbonadas fluoradas presentan una línea amplia de investigación para la fabricación de materiales antiadherentes a ser estudiados. Los resultados planteados pueden ser escalables en la aplicación de poliuretanos antiadherentes de altas prestaciones utilizados para el revestimiento de moldes a nivel industrial.

5. Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses en relación con el artículo presentado.

6. Declaración de contribución de los autores

Todos autores contribuyeron significativamente en la elaboración del artículo.

7. Costos de financiamiento

La presente investigación fue financiada en su totalidad con fondos propios de los autores.

8. Referencias bibliográficas

- Akram, N., Saeed, M., & Usman, M. (2022). Role of macrodiols in the synthesis and thermo-mechanical behavior of anti-tack water borne polyurethane dispersions. *Polymers* 14(3), 572. <https://doi.org/10.3390/polym14030572>
- Benli, S., Yilmazer, Ü., Pekel, F., & Özkar, S. (1998). Effect of fillers on thermal and mechanical properties of polyurethane elastomer. *Journal of Applied Polymer Science*, 68(7), 1057–1065. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/%28SICI%291097-4628%2819980516%2968%3A7%3C1057%3A%3AAID-APP3%3E3.0.CO%3B2-E>

- Diao, S., Zhang, Y., Zhao, C., Wang, M., & Yu, J. (2024). Preparation of waterborne polyurethane with high solid content: the crystallinity control of soft segment and the organosilicon modification. *Polymer Bulletin*, 81(1), 317–333. <https://doi.org/10.1007/s00289-023-04718-4>
- Deutsches Institut für Normung. (2000). *DIN 53505: Testing of rubber – Shore A and Shore D hardness test*. DIN Media. <https://www.dinmedia.de/en/standard/din-53505/24622623>
- Ganesh, V. A., Raut, H. K., Nair, A. S., & Ramakrishna, S. (2011). A review on self-cleaning coatings. *Journal of Materials Chemistry*, 21(41), 16304–16322. <https://doi.org/10.1039/c1jm12523k>
- Guerrero-Vacas, G., Rodríguez-Alabanda, O., Martín-Fernández, F. D., & Martín-Sánchez, M. J. (2023). Performance and durability of non-stick coatings applied to stainless steel: subtractive vs. additive manufacturing. *Materials*, 16(17), 5851. <https://doi.org/10.3390/ma16175851>
- Huang, X., Mo, Y., Wu, W., Ye, M., & Hu, C. (2024). Preparation and Properties of Waterborne Polyurethane/Carbon Nanotube/Graphene/Cellulose Nanofiber Composites. *Processes*, 12(9), 1913. <https://doi.org/10.3390/pr12091913>
- Jia-Hu, G., Yu-Cun, L., Tao, C., Su-Ming, J., Hui, M., Ning, Q., Hua, Z., Tao, Y., & Wei-Ming, H. (2015). Synthesis and properties of a nano-silica modified environmentally friendly polyurethane adhesive. *RSC Advances*, 5(56), 44990–44997. <https://doi.org/10.1039/c5ra01965f>
- Kim, J. K., Pal, K., & Sridhar, V. (2011). Role of different nanoparticles in elastomeric nanocomposites bt- recent advances in elastomeric nanocomposites. Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-15787-5_1
- Kong, X., Wolodko, J., Zhao, L., & Curtis, J. M. (2018). The preparation and characterization of polyurethane reinforced with a low fraction of cellulose nanocrystals. *Progress in Organic Coatings*, 125(8), 207–214. <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2018.08.034>
- Larrea Moreano, A. D., Redrobán Dilon, C. D., & Castillo Medina, A. G. (2020). Priorización del mantenimiento mediante la determinación del número prioritario de riesgo, y el análisis de modos y efectos de fallos de una máquina de inyección de poliuretano de alta presión. *Ciencia Digital*, 4(3), 317–335. <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v4i3.1353>
- Li, W., Zhou, Y., Liu, H., Yang, J., & Pei, K. (2022). Improved strength, toughness and electrical properties of rigid polyurethane composites reinforced with Ni-coated

carbon fibers. *Polymer Bulletin*, 79(7), 5235–5245.

<https://doi.org/10.1007/s00289-021-03771-1>

Liberman, A., Mendez, N., Trogler, W. C., & Kummel, A. C. (2014). Synthesis and surface functionalization of silica nanoparticles for nanomedicine. *Surface Science Reports*, 69(2–3), 132–158.

<https://doi.org/10.1016/j.surfrep.2014.07.001>

Naranjo Vargas, E. M., Moyano Arévalo, J. R., Damián Yambay, C. G., & Malán Ortiz, J. P. (2020). Elaboración y análisis de resistencia mecánica de bloque de cemento-poliuretano-polvo de caucho. *Ciencia Digital*, 4(1), 270-291.

<https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v4i1.1099>

Rodríguez-Alabanda, Ó., Romero, P. E., Soriano, C., Sevilla, L., & Guerrero-Vaca, G. (2019). Study on the main influencing factors in the removal process of non-stick fluoropolymer coatings using Nd:YAG Laser. *Polymers*, 11(1), 123.

<https://doi.org/10.3390/polym11010123>

Sánchez-Urbano, F., Paz-Gómez, G., Rodríguez-Alabanda, Ó., Romero, P. E., Cabrerizo-Vílchez, M., Rodríguez-Valverde, M. Á., & Guerrero-Vaca, G. (2018). Non-Stick coatings in aluminum molds for the production of polyurethane foam. *Coatings*, 8(9), 301.

<https://doi.org/10.3390/coatings8090301>

Wu, G., Liu, D., Chen, J., Liu, G., & Kong, Z. (2019). Preparation and properties of super hydrophobic films from siloxane-modified two-component waterborne polyurethane and hydrophobic nano SiO₂. *Progress in Organic Coatings*, 127(5), 80–87. <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2018.06.016>

Yang, G., Song, J., & Hou, X. (2018). Fabrication of highly hydrophobic two-component thermosetting polyurethane surfaces with silica nanoparticles. *Applied Surface Science*, 439(5), 772–779.

<https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2018.01.017>

Yousefi, E., Ghadimi, M. R., Amirpoor, S., & Dolati, A. (2018). Preparation of new superhydrophobic and highly oleophobic polyurethane coating with enhanced mechanical durability. *Applied Surface Science*, 454(10), 201–209.

<https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2018.05.125>

Zhang, X., Liu, Z., Wang, X., Xu, X., Wu, Y., & Wu, D. (2022). Comparative study of anti-sticking properties of coatings for tire molds. *Coatings*, 12(11), 1740.

<https://doi.org/10.3390/coatings12111740>

El artículo que se publica es de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan el pensamiento de la **Revista Alfa Publicaciones**.



El artículo queda en propiedad de la revista y, por tanto, su publicación parcial y/o total en otro medio tiene que ser autorizado por el director de la **Revista Alfa Publicaciones**.

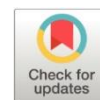


Open policy finder
Formerly Sherpa services

Determinación de la concentración de metales pesados en suelos del cantón Quero-Tungurahua. Estudio de caso

Determination of the concentration of heavy metals in soils of the Quero-Tungurahua canton. Case Study

- ¹ Lourdes Cumandá Carrera-Beltrán  <https://orcid.org/0000-0002-0266-4893>
Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Riobamba, Ecuador.
lourdes.carrera@epoch.edu.ec
- ² Juan Carlos González García  <https://orcid.org/0000-0001-9066-1600>
Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Riobamba, Ecuador.
juan.gonzalez@epoch.edu.ec
- ³ Silvana Paola Ocaña Coello  <https://orcid.org/0000-0002-3339-0987>
Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Riobamba, Ecuador.
socana@epoch.edu.ec
- ⁴ Cristian David Buñay Estrella  <https://orcid.org/0009-0004-6522-1936>
Investigador independiente, Chimborazo, Ecuador
estrellacristian@gmail.com
- ⁵ Anderson David Chimbolema Cepeda  <https://orcid.org/0009-0004-0933-6114>
Investigador independiente, Chimborazo, Ecuador
david_ldu4@outlook.es



Artículo de Investigación Científica y Tecnológica

Enviado: 14/05/2025

Revisado: 18/06/2025

Aceptado: 02/07/2025

Publicado: 29/07/2025

DOI: <https://doi.org/10.33262/ap.v7i3.629>

Cítese:

Carrera Beltrán, L. C., González García, J. C., Ocaña Coello, S. P., Buñay Estrella, C. D., & Chimbolema Cepeda, A. D. (2025). Determinación de la concentración de metales pesados en suelos del cantón Quero-Tungurahua. Estudio de caso. *AlfaPublicaciones*, 7(3), 77–91. <https://doi.org/10.33262/ap.v7i3.629>



ALFA PUBLICACIONES, es una revista multidisciplinar, **trimestral**, que se publicará en soporte electrónico tiene como **misión** contribuir a la formación de profesionales competentes con visión humanística y crítica que sean capaces de exponer sus resultados investigativos y científicos en la misma medida que se promueva mediante su intervención cambios positivos en la sociedad. <https://alfapublicaciones.com>

La revista es editada por la Editorial Ciencia Digital (Editorial de prestigio registrada en la Cámara Ecuatoriana de Libro con No de Afiliación 663) www.celibro.org.ec

Esta revista está protegida bajo una licencia Creative Commons Attribution Non Commercial No Derivatives 4.0 International. Copia de la licencia: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>



Palabras claves:

Cantón Quero,
contaminación,
metales pesados,
macronutrientes.

Resumen

Introducción: el cantón Quero ubicado en la provincia de Tungurahua, eminentemente agrícola y ganadero, en los últimos años ha sufrido una reducción en el rendimiento de los cultivos. **Objetivos:** el objetivo de la investigación fue determinar la calidad de suelo de uso agrícola para asegurar la calidad alimentaria. **Metodología:** se inició con la determinación de los puntos de muestreo considerando las facilidades prestadas para el acceso a los terrenos, se procedió a tomar la muestra de suelos, posterior tratamiento, análisis físico-químico y químico, y finalmente interpretación. **Resultados:** los resultados indican una variación de pH de 4.30 -7.18 (variando de extremadamente ácido a neutro,) una conductividad eléctrica entre 39.40 y 123.25 uS/cm (valores despreciables de salinidad), una densidad aparente entre 1.02-1.20 g/ml, densidad real 2.52-2.85 g/ml, contenido de MO entre 1.42-2.87 %, la textura identificada fue en su gran mayoría franco-arenoso. El contenido de N varió entre 100-1100 mg/kg, el P entre 304.33-316.33 mg/kg, el K entre 411.68-1780.35 mg/kg, el Ca de 143.44 mg/kg a 541.81 mg/kg, el Mn entre 77.58 mg/kg y 159.55 mg/kg y el Zn entre 9.75 mg/kg y 20.71 mg/kg. Los resultados de los análisis de metales pesados Cd, Pb y Hg indicaron valores inferiores al límite de detección del equipo (0.25 mg/kg), el contenido de Se varió entre 0.02 y 0.09, mientras el As presentó una variación entre el límite de detección 0.25 mg/kg y 0.84 0.25 mg/kg; el Cd, Pb, Se y As cumplieron con los valores referenciales de la Normativa ecuatoriana, por lo que se puede concluir que no existe un riesgo de contaminación por metales pesados en los productos cultivados en estos suelos. **Conclusiones:** El análisis de metales pesados valores de Cd, Pb, Se y As fueron inferiores al valor referencial establecido por la normativa ecuatoriana vigente, con lo cual se evidencia que no existe contaminación por metales pesados en estos suelos. **Área de estudio general:** agropecuaria. **Área de estudio específica:** gestión sustentable de los recursos naturales. **Tipo de artículo:** original

Keywords:

Quero Canton,
pollution, heavy
metals,
macronutrients

Abstract

Introduction: The Quero canton located in the province of Tungurahua, eminently agricultural and livestock, has suffered a reduction in crop yields in recent years. **Objectives:** The objective of the research was to determine the quality of soil for agricultural

use to ensure food quality. **Methodology:** it began with the determination of the sampling points considering the facilities provided for access to the land, proceeded to take the soil sample, subsequent treatment, physical-chemical and chemical analysis, and finally interpretation. **Results:** the results indicate a pH variation of 4.30 -7.18 (ranging from extremely acidic to neutral), an electrical conductivity between 39.40 and 123.25 uS/cm (negligible salinity values), a bulk density between 1.02-1.20 g/ml, real density 2.52-2.85 g/ml, OM content between 1.42-2.87%, the texture identified was mostly sandy-loam. The N content ranged from 100-1100 mg/kg, the P from 304.33-316.33 mg/kg, the K from 411.68-1780.35 mg/kg, the Ca from 143.44 mg/kg to 541.81 mg/kg, the Mn from 77.58 mg/kg to 159.55 mg/kg, and the Zn from 9.75 mg/kg to 20.71 mg/kg. The results of the heavy metal analyses Cd, Pb and Hg indicated values below the detection limit of the equipment (0.25 mg/kg), the Se content varied between 0.02 and 0.09, while As presented a variation between the detection limit 0.25 mg/kg and 0.84 0.25 mg/kg; the Cd, Pb, Se and As complied with the reference values of the Ecuadorian Regulations, so it can be concluded that there is no risk of contamination by heavy metals in the products grown in these soils. **Conclusions:** The heavy metal analysis values of Cd, Pb, Se and As were lower than the reference value established by current Ecuadorian regulations, which shows that there is no contamination by heavy metals in these soils. **General study area:** agriculture. **Specific area of study:** sustainable management of natural resources. **Item Type: Original**

1. Introducción

El suelo constituye un recurso indispensable para la vida de plantas, animales y el hombre, un suelo se considera fértil por su disponibilidad de los macro-elementos como el Nitrógeno (N), Fósforo (P) y Potasio (K), y en general por sus propiedades físicas, químicas y biológicas, su capacidad de ser sostenibles, producir alimentos sanos y mitigar la contaminación medioambiental (García & Bello, 2004).

A partir de 1950 inicia el uso de agroquímicos para contrarrestar el ataque de plagas a los cultivos, y mejorar el rendimiento en las cosechas (Oliver, 2017); sin embargo el

desconocimiento del impacto negativo por abuso y mal uso de estos sobre los componentes bióticos del suelo han provocado una serie de problemas, las plagas se han adaptado y se han vuelto resistentes (Castañeda et al., 2024).

Los agroquímicos pueden contener metales pesados que constituyen un riesgo potencial, debido a que muchas especies vegetales comestibles pueden absorber del suelo grandes cantidades de Cadmio (Cd), Plomo (Pb), Níquel (Ni), Cobalto (Co), Cobre (Cu) y Zinc (Zn) considerados potencialmente tóxicos, para plantas, animales y seres humanos, poniendo en riesgo la seguridad alimentaria (Rai et al., 2019; Fernández & Fernández, 2020).

El Ecuador no es ajeno a esta situación y dentro de ello el cantón Quero en la provincia de Tungurahua, que se destaca por su producción agrícola y ganadera y cuyos productos son comercializados dentro y fuera de la provincia, por lo que el objetivo de esta investigación fue evaluar la calidad de los suelos de las parroquias La Matriz y San Felipe de Rumipamba del cantón Quero.

2. Metodología

El estudio se desarrolló con un enfoque cuantitativo, aplicando un diseño experimental completamente al azar, con el objetivo de caracterizar las propiedades físico-químicas, nutricionales y contaminantes del suelo en distintas comunidades del cantón Quero, provincia de Tungurahua. La selección de esta metodología estuvo en función de la necesidad de obtener datos representativos y comparables entre zonas geográficas diferentes, considerando la heterogeneidad del terreno y el uso agrícola predominante (Camani, 2017). Se optó por un muestreo probabilístico por conglomerados, complementado con un muestreo sistemático en zig-zag, lo que permitió abarcar de manera eficiente y estructurada las áreas de interés (Galindo et al., 2001). Una metodología muestral sugerida para la estimación de la población de la chinche de los pastos en la sabana de Bogotá.

Esta estrategia metodológica facilitó la recolección de muestras en puntos estratégicos, garantizando la validez estadística de los resultados y su aplicabilidad en la toma de decisiones para el manejo sostenible del recurso suelo.

2.1. Área de estudio

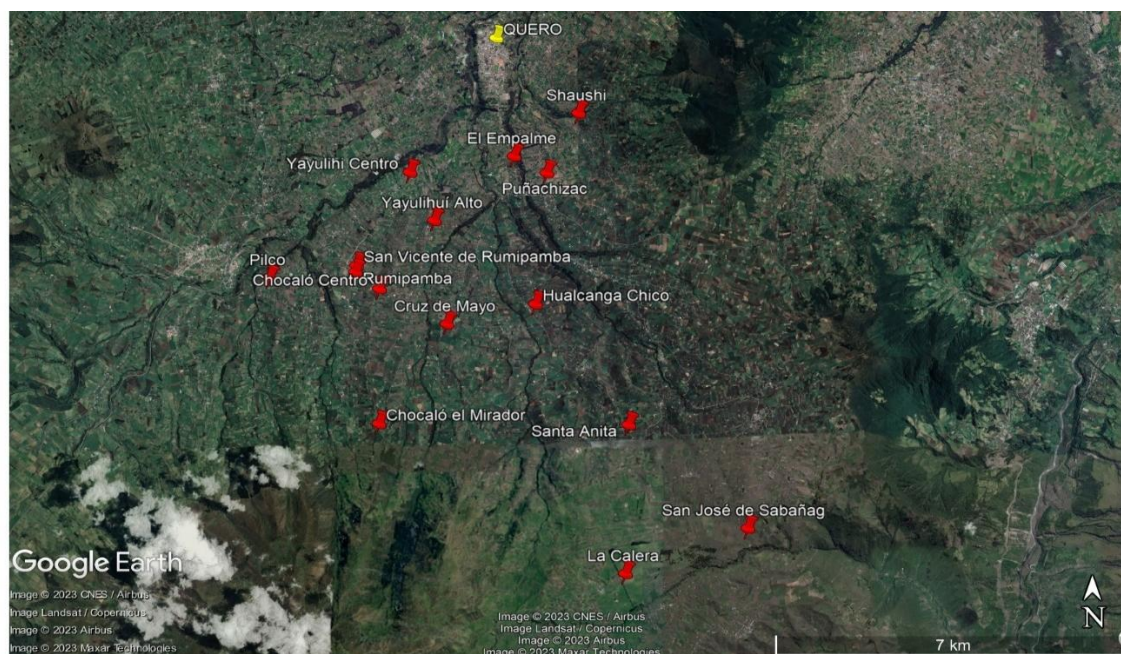
La zona de estudio se localiza en el cantón Quero-Provincia de Tungurahua, con una extensión territorial de 173.81 km², de los cuales 99.323 km² corresponden a la parroquia La Matriz, 39.467 km² a la Parroquia Yanayacu y 35.02 km² a la parroquia Rumipamba. Se ubica a 78° 30' latitud sur y 1° 15' longitud oeste, a una altura media de 3380 m.s.n.m., su temperatura varía entre los 10° y 12° C (GAD Quero, 2017, p. 1).

2.2. Muestreo

Se inició con un reconocimiento de la zona donde se definieron 15 puntos de muestreo, mismos que se observan en la **Figura 1**, la selección se realizó bajo un enfoque probabilístico considerando la geología del terreno, las áreas con vegetación y la facilidad de acceso para la recolección de muestras. En cada punto se tomó muestras compuestas de suelos (Rai et al., 2019).

Figura 1

Localización de los puntos de muestreo



EL estudio se realizó en las comunidades: San José de Sabañag, La Calera, Santa Anita, Hualcanga Chico, El Empalme, Shaushi, Puñachizac y Yayulihú Centro. Dentro de las comunidades de la parroquia San Felipe de Rumipamba: Yayulihú Alto, Rumipamba, Cruz de Mayo Chócalo Centro, San Vicente de Rumipamba, Chócalo El Mirador y Pilco. La ubicación de los puntos de control ambiental se proyectó con ayuda de los programas Arc GIS y Google Earth Pro, como se muestra en la **Figura 1**.

Se aplicó el método de muestreo probabilístico por conglomerados para el cual se seleccionó de forma aleatoria ciertas comunidades de las dos parroquias, posteriormente se escogieron sectores más pequeños y finalmente se seleccionó terrenos como unidades de muestreo (Otzen & Manterola, 2017). Se aplicó un muestreo sistemático en zig-zag, considerando distancias uniformes con puntos equidistantes de 50 metros que abarcando toda el área de los terrenos seleccionados (Villagrán et al., 2002; Retureta et al., 2022; Galindo et al., 2001).

La georreferenciación se realizó mediante un GPS de precisión y posterior ingreso de datos al programa *Google Maps*.

Las muestras de suelos fueron recolectadas por triplicado, a una profundidad entre 10 y 30 cm con un peso aproximado de 2 kg cada uno, cantidad suficiente para el análisis, sin embargo, inferior a la recomendada por Díaz-Romeu & Hunter (1978) y Argüello-Navarro & Moreno-Rozo (2014).

2.3. Preparación y análisis de muestras

Las muestras de suelos fueron secadas inicialmente a temperatura ambiente por 15 días y posteriormente se colocaron en una estufa a 105 °C por 24 h, se las pasó por un tamiz de 2 mm (Gupta et al., 2012), y finalmente fueron analizadas mediante métodos de análisis mixtos.

Para el análisis de macro - micronutrientes y metales pesados en suelo fueron sometidas a digestión ácida por el método de calcinación - vía húmeda, con HNO₃ (65%) en una relación p/v de 1:20. Posteriormente, se midieron las concentraciones de Pb, Cd, Hg, As y Se por espectroscopia de absorción atómica, siguiendo los protocolos estándar descritos en publicaciones previas (Carrera-Beltrán et al., 2024). Para cada lote de muestras se utilizó blancos para asegurar el control de calidad.

El Límite de Detección (LD) se calculó como la media de las concentraciones del blanco más tres veces la desviación estándar de las concentraciones del blanco, multiplicada por el factor de dilución. El LOD para los metales pesados fue 0.25 mg/kg para Cd, Pb, Hg y As.

2.4. Análisis físico químicos

El análisis físico-químico en suelo se realizó aplicando la metodología de Chuquín et al. (2023). El pH y la Conductividad Eléctrica (CE) se determinaron por potenciometría (en una suspensión acuosa p/v de 1:10) y conductimetría (en una suspensión 1:50) respectivamente). La MO se determinó por calcinación a 430 °C por 24 h. La densidad aparente (DA) se determinó por el método de la probeta, y la Densidad Real (DR) por el método del aforo en los dos casos se consideró una relación p/v de 1:10, finalmente la textura se por el método de Bouyoucos. El análisis del contenido de P y K inició con la digestión ácida (H₂SO₄) (Paneque et al., 2010), y posterior análisis del P por espectrofotometría UV-VIS, mientras el K por fotómetro de llama. El contenido de N en suelos se determinó en un ANALIZADOR ELEMENTAL DE COMBUSTIÓN DIRECTA (EUROVECTOR EA3000).

Los metales pesados Pb y Cd se determinaron por absorción atómica a la llama, previa digestión ácida y dilución 1:100; mientras el As y Hg se determinaron por absorción atómica con generador de hidruros.

2.5. Análisis estadístico

Los resultados de los análisis de los parámetros físico-químicos, micro-macronutrientes y metales pesados en suelos, fueron de carácter cuantitativo; estos fueron sometidos a análisis estadístico considerando un diseño experimental completamente al azar, a los que se aplicó una estadística descriptiva (Bustos et al., 2017; Badii et al., 2007).

3. Resultados

El análisis de los parámetros fisicoquímicos del suelo constituye un componente esencial para evaluar su calidad, fertilidad y capacidad de soporte para actividades agrícolas (Echeverría et al., 2023). Aquí se presentan los resultados de pH, CE, Da, Dr, contenido de MO y textura del suelo, mismos que se observan en la **Tabla 1**, indicadores importantes para conocer las condiciones edáficas de la zona de estudio, y su influencia en la disponibilidad de nutrientes, la retención de agua y la dinámica de los elementos químicos presentes (Yakabi, 2014). La interpretación de estos parámetros se realiza en función de normativas técnicas y estudios previos, lo que permite establecer comparaciones relevantes y valorar el estado actual del recurso suelo.

El contenido de macronutrientes en suelos constituye un indicador de la fertilidad y capacidad para sostener cultivos saludables (Echeverría et al., 2023). Aquí se presentan los resultados las concentraciones de N, P, K, Ca, Mn y Zn, los cuales se muestran en la **Tabla 2**. Estos elementos son esenciales para el desarrollo vegetal, y su disponibilidad está influenciada por factores como el pH, la materia orgánica y las prácticas agrícolas (Silva, 1998).

La evaluación de estos nutrientes se realizó en función de los valores de referencia establecidos por organismos internacionales y estudios previos en la región, lo que permite identificar deficiencias o excesos que podrían afectar la productividad del suelo.

La presencia de metales pesados en el suelo constituye un riesgo potencial para la salud humana y el ambiente, especialmente en zonas agrícolas donde pueden incorporarse a la cadena alimentaria. Aquí se presentan los resultados del análisis de Cd, Pb, Hg, Se y As, resumidos en la **Tabla 3**. Estos elementos fueron evaluados en función de los límites permisibles establecidos por la normativa ecuatoriana vigente.

3.1. Parámetros fisicoquímicos en suelos

El resultado de los parámetros fisicoquímicos en suelos se presenta en la **Tabla 1**. El pH presentó una variación desde 4.30 (fuertemente ácido) hasta 7.18 (neutro) (Gobierno de México, 2002), valores similares a los encontrados por Zúñiga et al. (2016) superiores a los reportados por Briceño et al., 2020b) dentro del mismo cantón; el pH, influye directamente en la biodisponibilidad de metales del suelo, determina la asimilabilidad de los nutrientes y a su vez en el crecimiento de plantas (Osorio, 2012; Rivera et al., 2018).

La EC presentó efectos despreciables de salinidad ($<1000 \text{ uS/cm}$) (Gobierno de México, 2002), similares a las encontradas por Zúñiga et al. (2016) e inferiores a los reportados por Briceño et al. (2020b). Las muestras presentaron un bajo contenido de materia orgánica (Gobierno de México, 2002), inferiores a los reportados por Zúñiga et al. (2016) y Briceño et al. (2020a). La CE junto con el pH influyen en la disponibilidad de nutrientes (Vargas et al., 2022).

La textura corresponde a suelos arenosos-francos y franco-arenosos, mientras se observó una densidad aparente similar a la reportada por Zúñiga et al. (2016).

Tabla 1
Propiedades físico-químicas del suelo

Muestra	pH	CE (uS/cm)	Da (g/ml)	Dr (g/ml)	MO (%)	Textura
1	6.17	75.65	1.16	2.72	3.94	Franco arenoso
2	4.83	69	1.25	2.99	1.37	Franco arenoso
3	4.49	87.3	1.07	2.65	2.83	Franco arenoso
4	4.77	64.65	1.07	2.70	2.79	Franco arenoso
5	5.24	61.5	1.07	2.70	2.23	Arenoso franco
6	4.30	123.25	1.04	2.52	1.75	Arenoso franco
7	5.16	62.5	1.19	2.52	2.04	Arenoso franco
8	5.78	69.6	1.13	2.74	1.69	Franco arenoso
9	6.22	60.35	1.08	2.71	1.95	Franco arenoso
10	6.25	54.8	1.02	2.74	1.42	Franco arenoso
11	6.96	83.5	1.07	2.76	2.87	Franco arenoso
12	7.18	72.85	1.08	2.81	1.47	Franco arenoso
13	7.02	53.5	1.20	2.85	1.99	Franco arenoso
14	5.36	39.4	1.04	2.69	1.77	Franco arenoso
15	7.03	109.65	1.14	2.79	2.3	Franco arenoso
Mínimo	4.30	39.40	1.02	2.52	1.42	
Máximo	7.18	123.25	1.20	2.85	2.87	
Mediana	5.8	64.65	1.07	2.71	1.99	
Promedio	5.83	72.53	1.09	2.70	2.08	

Nota: pH: potencial de hidrógeno, CE: conductividad eléctrica, Da: densidad aparente, Dr: densidad real, MO: materia orgánica

3.2. Macronutrientes del suelo

La **Tabla 2** muestra los resultados de los contenidos de macro y micronutrientes. Las muestras presentaron niveles muy pobres en N ($> 1000 \text{ mg/kg}$) (Food and Agriculture Organization [FAO] & World Health Organization [WHO]. 20115); sin embargo superiores a los valores reportados por Zúñiga et al. (2016).

Se encontró niveles bajos de P y K (< 1200 mg/kg) según FAO & WHO (2015), y aún más bajos de los requerimientos en suelos (K: 10000 - 50000 mg/kg y fósforo: 2000 mg/kg) señalados por Echeverría et al. (2023). Las concentraciones bajas de P se pueden atribuir a los valores de pH (4.30 y 7,18) en los suelos analizados. El P, K y la MO se relacionan con la fertilidad del suelo (Maldonado-Mares et al., 2006).

Los resultados señalan niveles bajos de Ca (0-25100 mg/kg), Mn (< 600 mg/kg) y Zn (50 mg/kg) según lo establecido por FAO & WHO (2015); sin embargo los valores de Ca y Mn fueron superiores a los reportados por Zúñiga et al. (2016) a diferencia de los valores de Zn que resultaron inferiores a los reportados por el mismo autor. Los valores de Mn encontrados por Briceño et al. (2020a) en el mismo cantón fueron inferiores al de este estudio, a diferencia de los valores de Zn que fueron superiores.

Tabla 2
Contenido de macro y micronutrientes del suelo

Muestra	N (mg/kg)	P (mg/kg)	K (mg/kg)	Ca (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Zn (mg/kg)
1	400	293.88	574.77	92.96	111.64	10.23
2	700	303.33	898.05	371.43	130.49	10.83
3	200	304.33	740.97	207.45	89.6	11.38
4	100	305.33	878.91	459.23	103.6	9.88
5	100	306.33	745.36	224.15	97.55	9.75
6	200	307.33	1027.24	327.91	138.24	19.82
7	700	308.33	411.68	345.12	159.55	20.71
8	300	309.33	897.07	263.32	148.06	15.04
9	200	310.33	1227.57	441.88	149.58	13.63
10	200	311.33	1780.35	143.44	77.58	9.81
11	500	312.33	889.31	486.83	137.69	18.71
12	400	313.33	981.81	334.38	119.4	12.29
13	300	314.33	595.79	541.81	144.15	11.05
14	1100	315.33	862.77	285.38	131.01	13.93
15	500	316.33	702.18	227.07	136.12	17
Mínimo	100.00	304.33	411.68	143.44	77.58	9.75
Máximo	1100.00	316.33	1780.35	541.81	159.55	20.71
Mediana	300.00	310.33	878.91	327.91	136.12	13.63
Promedio	369.23	310.33	903.15	329.84	125.55	14.08

Nota: N: nitrógeno, P: fósforo, K: potasio, Ca: calcio, Mn: manganeso, Zn: zinc

3.3. Metales pesados en suelos

La **Tabla 3** resume los resultados de los análisis de metales pesados (Pb, Cd, Hg, As) en suelos a través de la estadística descriptiva. El Cd, Pb y Hg presentaron concentraciones por debajo del límite de detección del equipo utilizado (0,25 mg/kg en cada caso), sin embargo, los valores de Cd y Pb fueron inferiores a 0.5 mg/kg y 19 mg/kg respectivamente, cumpliendo

con lo señalado en la normativa ecuatoriana vigente. El Pb presentó valores inferiores a los reportados por Briceño et al. (2020b).

De forma similar las concentraciones de Se y As encontrados en este estudio fueron inferiores a los valores referenciales de la normativa ecuatoriana vigente 1mg/kg (Se) y 12 mg/kg (As).

Los metales pesados que se acumulan en el suelo, el agua y los tejidos vegetales constituyen un riesgo para la salud pública. Su presencia se puede relacionar con la producción agrícola, y el uso excesivo de agroquímicos. El contenido de Cd y Zn se puede deber al uso de abonos fosfatados, por lo que se recomienda reducir el uso de agroquímicos (Mendoza-Escalona et al., 2021).

Tabla 3

Contenido de metales pesados del suelo

Muestra	Cd (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Hg (mg/kg)	Se (mg/kg)	As (mg/kg)
1	<0,25	<0,25	<0,25	0.0337	<0,25
2	<0,25	<0,25	<0,25	0.0339	0.55
3	<0,25	<0,25	<0,25	0.0368	0.53
4	<0,25	<0,25	<0,25	0.028	0.58
5	<0,25	<0,25	<0,25	0.0338	0.51
6	<0,25	<0,25	<0,25	0.0304	0.63
7	<0,25	<0,25	<0,25	0.0352	0.55
8	<0,25	<0,25	<0,25	0.022	0.76
9	<0,25	<0,25	<0,25	0.036	0.55
10	<0,25	<0,25	<0,25	0.0255	0.68
11	<0,25	<0,25	<0,25	0.0314	0.84
12	<0,25	<0,25	<0,25	0.0288	0.51
13	<0,25	<0,25	<0,25	0.0248	<0,25
14	<0,25	<0,25	<0,25	0.035	<0,25
15	<0,25	<0,25	<0,25	0.0945	<0,25
Mínimo	<0,25	<0,25	<0,25	0.02	<0,25
Máximo	<0,25	<0,25	<0,25	0.09	0.84
Mediana	<0,25	<0,25	<0,25	0.03	0.57
Promedio	<0,25	<0,25	<0,25	0.04	0.61

Nota: Cd. Cadmio, Pb: plomo, Hg: mercurio, Se: selenio, As: arsénico

4. Conclusiones

- Los suelos analizados indican una variación del pH desde fuertemente ácido hasta neutro, efectos despreciables de salinidad, un bajo contenido de materia orgánica, una textura arenosa-franca - franca-arenosa. Se encontró niveles muy pobres en N, bajos

niveles de P, K, Mn y Zn, evidenciando un fuerte desgaste de los suelos probablemente por el tipo de cultivo desarrollado. El análisis de metales pesados valores de Cd, Pb, Se y As fueron inferiores al valor referencial establecido por la normativa ecuatoriana vigente, con lo cual se evidencia que no existe contaminación por metales pesados en estos suelos.

5. Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses en relación con el artículo presentado.

6. Declaración de contribución de los autores

Todos autores contribuyeron significativamente en la elaboración del artículo.

7. Costos de financiamiento

La presente investigación fue financiada en su totalidad con fondos propios de los autores.

8. Referencias bibliográficas

Argüello-Navarro, A. Z. & Moreno-Rozo, L. Y. (2014). Evaluación del potencial biofertilizante de bacterias diazótrofes aisladas del cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.). *Acta Agronómica*, 63(3), 238–245. <https://doi.org/10.15446/acag.v63n3.41033>

Badii, M. H., Castillo Rodríguez, M., Wong, A., & Villalpando, P. (2007). Diseños experimentales e investigación científica. *Innovaciones de Negocios*, 4(8), 283–330. <https://doi.org/10.29105/rinn4.8-5>

Briceño, J., Tonato, E., Silva, M., Paredes, M., & Armado, A. (2020a). Evaluación del contenido de metales en suelos y tejidos comestibles de *Allium fistulosum* L. cultivado en zonas cercanas al volcán Tungurahua. *LA GRANJA. Revista de Ciencias de La Vida*, 32(2), 114–126. http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?pid=S1390-85962020000200114&script=sci_arttext. <https://doi.org/10.17163/lgr.n32.2020.09>

Briceño, J., Tonato, E., Silva, M., Paredes, M., & Armado, A. (2020b). Impact of metal content in agricultural soils near the Tungurahua volcano on the cultivation of *Allium fistulosum* L. *La Granja*, 32(2), 114-126. <https://doi.org/10.17163/lgr.n32.2020.09>. <https://lagranja.ups.edu.ec/index.php/granja/article/view/32.2020.09>

Bustos, A., Rodríguez Caicedo, D., & Cantor, F. (2017). ANDEVA para Diseño Completamente al Azar (DCA). *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, 4(1-2), 143–148. <https://revistas.umng.edu.co/index.php/rfcb/article/view/2240>

Camani Champi, C. (2017). *Diseño completamente al azar* [Tesis de pregrado, Universidad

- José Carlos Mariátegui, Moquegua, Perú].
https://repositorio.ujcm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12819/305/Cesar_TrabajoDeSuficienciaProfesional_titulo_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Carrera-Beltrán, L., Gavilanes-Terán, I., Idrovo-Novillo, J., Valverde, V. H., Rodríguez-Pinos, A., Paredes, C., Signes-Pastor, A. J., & Carbonell-Barrachina, Á. A. (2024). Environmental pollution by heavy metals within the area influenced by the Tungurahua volcano eruption–Ecuador. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 270, 115919. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0147651323014239>
- Castañeda García, B. A., Ramírez Rangel, C. C., & Trujillo Suárez, D. M. (2024). Efecto de los agroquímicos en la actividad enzimática del suelo agrícola: Una revisión bibliográfica. *Revista Sistemas de Producción Agroecológicos*, 15(2), e- 1082. <https://doi.org/10.22579/22484817.1082>
- Chuquín, C., Gavilanes Terán, I. del C., & Valverde Orozco, V. H. (2023). *Técnicas de Análisis de Laboratorio para Caracterización de Suelos, Residuos Orgánicos, Compost y Alimentos* (1ra edición). Puerto Madero Editorial. <https://doi.org/10.55204/pmea.37>
- Díaz-Romeu, R., & Hunter, A. (1978). *Metodologías de muestreo de suelos, análisis químico de suelos y tejido vegetal y de investigaciones en invernadero* [Serie Materiales de Enseñanza – CATIE, número 12]. <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/3115>
- Echeverría Pérez, E. G., Castañeda Hidalgo, E., Robles, C., Martínez Gallegos, V., Santiago Martínez, G. M., & Rodríguez-Ortiz, G. (2023). Indicadores de calidad como herramientas útiles para evaluar el estado de la fertilidad del suelo. *Revista Mexicana de Agroecosistemas*, 10(1). <https://doi.org/10.60158/rma.v10i1.376>
- Fernández Guevara, E., & Fernández Guevara, D. (2020). Revisión de la concentración de metales pesados por uso de agroquímicos en agua de riego, suelo y cultivo de arroz [Tesis de pregrado, Universidad Peruana Unión, Tarapoto, Perú]. <https://repositorio.upeu.edu.pe/items/23fe4097-7760-42c5-ad3e-53ac2765eb13>
- Food and Agriculture Organization [FAO] & World Health Organization [WHO]. (2015). Codex Alimentarius Commission. <https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/home/es/>
- GAD QUERO. (2017). *Plan de desarrollo y ordenamiento territorial del cantón Santiago de Quero*. <https://www.quero.gob.ec/ordenanzas/>. <https://www.quero.gob.ec/wp-content/uploads/2025/06/OrdenazaPDOT-PUG2025.pdf>
- Galindo, J. R., Barreto, N. & Ospina, D. (2001). Una metodología muestral sugerida para la estimación de la población de la chinche de los pastos en la sabana de Bogotá.

Agronomía Colombiana, 18(1-3), 128–134.

<https://revistas.unal.edu.co/index.php/agrocol/article/view/21719>

García Álvarez, A., & Bello, A. (2004). *Diversidad de los organismos del suelo y transformaciones de la materia orgánica* [I Conferencia Internacional eco-biología del suelo y el compost, León, México, 15 - 17 de Septiembre de 2004].

<https://www.uv.mx/personal/tcarmona/files/2010/08/Garcia-y-bello-2004.pdf>

Gobierno de México. (2002). Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000, que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos.

Estudios, muestreo y análisis. *Diario Oficial de La Federación*, 85.

<https://platiica.economia.gob.mx/normalizacion/nom-021-semarnat-2000/>

Gupta, I. C. & Yaduvanshi, N.P.S. & Gupta, S.K. (2012). *Standard methods for analysis of soil plant and water*. Scientific Publishers (India).

https://www.researchgate.net/publication/282757570_Standard_Methods_for_Analysis_of_Soil_Plant_and_Water

Maldonado-Mares, F., Jasso-Mata, J., Palma-López, D. J., Salgado-García, S., & González-Hernández, V. A. (2006). Dinámica de materia orgánica, P y K en suelos de sistemas agroforestales ‘cedro-plátano’ en Tabasco, México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 29(3), 223-223.

<https://www.revfitotecnia.mx/index.php/RFM/article/view/789>

Mendoza-Escalona, B., Torres-Rodríguez, D., Marcó, L. M., Gómez, C., Estanga-Barrios, M., & García-Orellana, Y. (2021). Concentración de metales pesados en suelos agrícolas bajo diferentes sistemas de labranza. *TecnoLógicas*, 24(51), 4-15.

<https://www.redalyc.org/journal/3442/344265925001/html/>

Oliver Cortez, Jonhy Cesar. (2017). Rendimiento de dos variables de papa (*Solanum tuberosum* L.) con la aplicación de tierra negra y fertilizantes inorgánicos. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 4(2), 56-69.

http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2409-16182017000200008&lng=es&tlng=es.

Osorio, N. W. (2012). pH del suelo y disponibilidad de nutrientes. *Manejo Integral del Suelo y Nutrición Vegetal*, 1(4), 1-4.

<https://www.bioedafologia.com/sites/default/files/documentos/pdf/pH-del-suelo-y-nutrientes.pdf>

Otzen, T., & Manterola, C. (2017). Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio. *International journal of morphology*, 35(1), 227-232.

<https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0717->

[95022017000100037&script=sci_arttext&tlng=pt](https://doi.org/10.4067/S0717-95022017000100037)

- Otzen, T., & Manterola, C. (2017). Técnicas de Muestreo sobre una población a estudio. *International Journal of Morphology*, 35(1), 227-232. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022017000100037>
- Paneque Pérez, V. M., Calaña Naranjo, J. M., Calderón Valdés, M., Borges Benítez, Y., Hernández García, T. C., & Caruncho Contreras, M. (2010). *Manual de técnicas analíticas para análisis de suelo, foliar, abonos orgánicos y fertilizantes químicos*. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA). https://ediciones.inca.edu.cu/files/folletos/folleto_suelos.pdf
- Rai, P. K., Lee, S. S., Zhang, M., Tsang, Y. F., & Kim, K. H. (2019). Heavy metals in food crops: Health risks, fate, mechanisms, and management. *Environment international*, 125, 365–385. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.01.067>
- Retureta Aponte, A., Hernández Romero, A. H., & Acar Martínez, N. B. (2022). *Capítulo II: La importancia del suelo como recurso y del muestreo y análisis para su aprovechamiento como recurso*. En: Retureta Aponte, A., & Hernández González, D. F., & Acar Martínez, N. B. (2022). *Transición hacia una nueva agricultura* (1ra edición). MaJoMa Editorial. <https://www.researchgate.net/publication/379078582>
- Rivera, E., Sánchez, M., & Domínguez, H. (2018). pH como factor de crecimiento en plantas. *Revista de Iniciación Científica*, 4, 101-105. <https://doi.org/10.33412/rev-ric.v4.0.1829>
- Silva, A. (1998). *La materia orgánica del suelo*. Montevideo: Facultad de Agronomía. <https://bibliofagro.pbworks.com/f/materia%20organica%20del%20suelo.pdf>
- Vargas Ramírez, A. F., Ramírez, I. M., & Arroyave, A. F. (2022). Relación entre el PH y las mediciones de conductividad eléctrica en un suelo cultivable ubicado en Medellín, Colombia. *Ingenierías USBMed*, 13(2), 56–62. <https://revistas.usb.edu.co/index.php/IngUSBmed/article/view/4706>
- Villagrán, M., Jiménez, A., Soria, F. J., & Ocete, M. E. (2002). Muestreo aleatorio simple y muestreo sistemático de las poblaciones de *Curculio elephas* (Gyllenhal)(Col: curculionidae) y *Cydia fagiglandana* (Zeller)(Lep: tortricidae) en encinas. *Boletín de Sanidad Vegetal - Plagas*, 28(1), 59-66. <https://core.ac.uk/download/pdf/51406832.pdf>
- Yakabi Bedriñana, K. S. (2014). Estudio de las propiedades edáficas que determinan la fertilidad del suelo en el sistema de andenería de la comunidad campesina San Pedro de Laraos, provincia de Huarochirí [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica de Perú, Lima, Perú]. <https://tesis.pucp.edu.pe/items/9425b6df-3b22-4558-8a77-b3425a00b486>

Zúñiga, F., Buenaño, M., & Risco, D. (2016). Caracterización física y química de suelos de origen volcánico con actividad agrícola, próximos al volcán Tungurahua. *Revista Ecuatoriana de Investigaciones Agropecuarias*, 1(1), 5-10.
<https://www.researchgate.net/publication/307917624>

El artículo que se publica es de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan el pensamiento de la **Revista Alfa Publicaciones**.



El artículo queda en propiedad de la revista y, por tanto, su publicación parcial y/o total en otro medio tiene que ser autorizado por el director de la **Revista Alfa Publicaciones**.

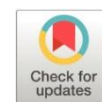


Open policy finder
Formerly Sherpa services

Relación escuela-empresa en bachillerato técnico de contabilidad: análisis crítico de la teoría a la práctica

School-business relationship in technical accounting baccalaureate: a critical analysis from theory to practice

- ¹ Jefferson Javier Shiguango Chimbo  <https://orcid.org/0009-0003-0931-9632>
Universidad Bolivariana del Ecuador (UBE), Guayaquil, Ecuador.
Maestría en Pedagogía en Formación Técnica y Profesional
jjshiguangoc@ube.edu.ec
- ² Derlyn Lisseth Macias Chancay  <https://orcid.org/0009-0006-3262-4784>
Universidad Bolivariana del Ecuador (UBE), Guayaquil, Ecuador.
Maestría en Pedagogía en Formación Técnica y Profesional
dmaciasc@ube.edu.ec
- ³ Mireya Gioconda Delgado Chavarría  <https://orcid.org/0009-0000-4880-0574>
Universidad de la Rioja (UR), Logroño, La Rioja, España.
Master in Business Administration
mgdelgadoc@ube.edu.ec
- ⁴ Mireya Stefanía Zúñiga Delgado  <https://orcid.org/0000-0002-4458-5771>
Universidad de Oriente (UO), Santiago de Cuba, Cuba.
Doctor en Ciencias Pedagógicas
mszunigad@ube.edu.ec



Artículo de Investigación Científica y Tecnológica

Enviado: 14/04/2025

Revisado: 18/05/2025

Aceptado: 13/06/2025

Publicado: 29/07/2025

DOI: <https://doi.org/10.33262/ap.v7i3.634>

Cítese:

Shiguango Chimbo, J. J., Macias Chancay, D. L., Delgado Chavarría, M. G., & Zúñiga Delgado, M. S. (2025). Relación escuela-empresa en bachillerato técnico de contabilidad: análisis crítico de la teoría a la práctica. *AlfaPublicaciones*, 7(3), 92–113. <https://doi.org/10.33262/ap.v7i3.634>



ALFA PUBLICACIONES, es una revista multidisciplinar, **trimestral**, que se publicará en soporte electrónico tiene como **misión** contribuir a la formación de profesionales competentes con visión humanística y crítica que sean capaces de exponer sus resultados investigativos y científicos en la misma medida que se promueva mediante su intervención cambios positivos en la sociedad. <https://alfapublicaciones.com>
La revista es editada por la Editorial Ciencia Digital (Editorial de prestigio registrada en la Cámara Ecuatoriana de Libro con No de Afiliación 663) www.celibro.org.ec

Esta revista está protegida bajo una licencia Creative Commons Attribution Non Commercial No Derivatives 4.0 International. Copia de la licencia: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>



Palabras claves:

Educación tradicional, aprendizaje activo, software contable, perfil de egreso, demanda laboral.

Resumen

Introducción. La educación tradicional ha influido durante mucho tiempo en la forma de aprender, particular que se evidencia en la Unidad Educativa Archidona, cuyos estudiantes del Bachillerato Técnico en Contabilidad enfrentan dificultades para conectar lo aprendido en clases con la realidad empresarial. Incorporar herramientas digitales como un software contable en su formación resulta clave para motivarlos y fortalecer su aprendizaje práctico con un enfoque laboral. **Objetivo.** La presente investigación tuvo como objetivo analizar la relación escuela-empresa entre la teoría y práctica en la formación técnica de bachilleres de contabilidad. **Metodología.** Se utilizó un enfoque mixto combinado con datos cualitativos y cuantitativos. Para ello, se optó por un estudio descriptivo, aplicado y con trabajo de campo. Se aplicaron métodos de nivel teórico como: inducción-deducción, análisis-síntesis e histórico-lógico, que sirvieron de base para estructurar el proceso investigativo. Se aplicaron herramientas como la observación, entrevista y encuesta para recolectar información directamente de los actores involucrados. Se trabajó con una muestra de 56 estudiantes de tercer año de bachillerato en contabilidad y 2 docentes de la asignatura de contabilidad general. **Resultados.** Se identificó la aplicación de una enseñanza tradicional poco alineada con el mundo laboral y la falta de familiaridad con herramientas digitales. Los involucrados en la problemática consideraron que implementar un software contable mejoraría significativamente el aprendizaje permitiendo alcanzar el perfil de salida de la asignatura. **Conclusión.** La incorporación de un software contable colaborará de manera efectiva en la formación del bachiller técnico en contabilidad permitiéndole alinearse con las demandas del mercado laboral actual. **Área de estudio general:** Educación. **Área de estudio específica:** Pedagogía. **Tipo de estudio:** Artículos originales.

Keywords:

Traditional education, active learning, accounting software, graduate

Abstract

Introduction. Traditional education has long influenced learning approaches, a situation evident at Unidad Educativa Archidona, where students in the Technical Baccalaureate in Accounting face challenges in connecting classroom learning with real-world business environments. Incorporating digital tools such as accounting software in their education is key to motivating students

profile, labor
market demand.

and strengthening their practical learning with a focus on employment. **Objective.** This research aimed to analyze the school-business relationship between theory and practice in the technical training of accounting baccalaureate students. **Methodology.** A mixed-methods approach was used, combining qualitative and quantitative data. The study was descriptive, applied, and included fieldwork. Theoretical-level methods such as induction-deduction, analysis-synthesis, and historical-logical reasoning were employed as a basis for structuring the research process. Tools such as observation, interviews, and surveys were applied to collect information directly from the involved actors. The study was conducted with a sample of 56 third-year accounting students and 2 teachers of the general accounting subject. **Results.** The findings revealed a traditional teaching approach that is not well aligned with the labor market and a lack of familiarity with digital tools. Stakeholders involved in the issue believed that implementing accounting software would significantly enhance learning and support the achievement of the subject's exit profile. **Conclusion.** The incorporation of accounting software will effectively support the training of technical accounting graduates, enabling them to align with the demands of the current labor market. **General area of study:** Education. **Specific area of study:** Pedagogy. **Type of study:** Original articles.

1. Introducción

Es fundamental reconocer que el conocimiento impartido en las aulas no siempre se traduce de manera efectiva en las competencias prácticas requeridas por las empresas. La metodología educativa suele enfocarse más en la teoría que en la aplicación práctica, lo que resulta en un déficit significativo en las habilidades de los alumnos. Existe una brecha considerable entre la formación recibida y las exigencias del mercado laboral contemporáneo (Angulo et al., 2024). Muchos estudiantes carecen del saber necesario para aplicar la información aprendida en el colegio cuando se enfrentan a situaciones laborales reales, lo que genera una desconexión entre lo que adquieren y lo que realmente necesitan dominar.

Además, durante las pasantías, las organizaciones tienen la oportunidad de participar activamente en el desarrollo de los jóvenes. Sin embargo, muchas de ellas muestran

reticencia a invertir tiempo en capacitar a personas sin experiencia. Esta realidad subraya la urgencia de establecer una comunicación efectiva entre las instituciones educativas y el sector empresarial (Zambrano et al., 2024). Es fundamental fomentar una sinergia efectiva entre el ámbito académico y el empresarial para dotar a los estudiantes de las habilidades necesarias para el futuro laboral, sólo de este modo se podrá adaptar el contenido educativo a las demandas del mercado laboral, permitiendo así a los jóvenes a mejorar su desempeño profesional (Reinoso et al., 2024).

La educación en el bachillerato técnico ha experimentado una evolución significativa para atender las necesidades de la comunidad, convirtiéndose en un motor clave para el desarrollo social y económico. Al ofrecer diversas oportunidades, se prepara a los estudiantes para emprender tras su formación académica, beneficiando tanto a los individuos como a su entorno. Esta modalidad se presenta como una alternativa eficaz para ingresar rápidamente al mercado laboral con una carrera técnica (Alvarez et al., 2024). No sólo facilita el acceso al empleo, sino que también proporciona una variedad de oportunidades laborales, subrayando la relevancia de las habilidades prácticas en un entorno profesional en constante transformación.

El bachillerato técnico en Contabilidad se ha convertido en una de las opciones más solicitadas por los estudiantes, quienes buscan mejorar su empleabilidad y adquirir competencias para enfrentar retos profesionales. Esta tendencia beneficia al país, ya que fomenta el desarrollo de habilidades financieras que elevan la calidad de vida y contribuyen al crecimiento económico nacional. Los jóvenes que eligen esta carrera desean impactar positivamente en la sociedad, aplicando sus conocimientos para optimizar la gestión financiera en diversas organizaciones y promover prácticas responsables. Es crucial que las autoridades en Ecuador presten atención a esta modalidad educativa para seguir motivando a los estudiantes y evitar su desinterés (Angamarca, 2021).

En la actualidad muchos jóvenes egresados experimentan una profunda ansiedad por encontrar empleo e inseguridad que se ve exacerbada por el enfoque predominantemente teórico y manual de su formación. En contraste, la realidad empresarial emplea sistemas contables automatizados que difieren notablemente de la práctica tradicional de llevar libros contables en hojas rayadas. Esta desconexión entre la educación académica y las demandas del mercado laboral pone de manifiesto la urgente necesidad de adaptar la enseñanza en contabilidad. Es esencial combinar los fundamentos contables clásicos con las competencias digitales para preparar adecuadamente a los estudiantes ante los desafíos del entorno actual (Arreola et al., 2024).

A partir de lo anterior el presente artículo analizará la importancia que tiene la relación escuela-empresa en el bachillerato técnico de contabilidad para lograr conectar las clases teóricas con su ejecución en las prácticas estudiantiles cuyo objetivo es analizar la brecha

existente en dicha relación en la formación técnica de los bachilleres en contabilidad. Se evaluará cómo esta conexión impacta en el desarrollo de competencias profesionales, con el fin de reducir la brecha existente entre estas instituciones y prevenir efectos negativos en los bachilleres que perciben que los conocimientos adquiridos en el colegio no se alinean con la práctica laboral. Para ello, es fundamental identificar estrategias de mejora que prioricen la aplicabilidad sobre la teoría. Existen alternativas educativas que promueven la interacción y el uso de diversos recursos para mejorar la calidad de la formación estudiantil (Arguello et al., 2023).

La relevancia de esta investigación estriba en identificar cómo una enseñanza tradicional afecta las oportunidades de mejora en la formación que reciben los futuros bachilleres del módulo de Contabilidad y sus efectos sobre el perfil del egresado que genera cierta resistencia en los empresarios al contratar bachilleres sin experiencia, pues su entrenamiento en los procesos automatizados con los que se cuenta conlleva tiempo que puede ser empleado en avances productivos. Es fundamental realizar un ajuste del currículo y revisar los planes de estudio para lograr una educación más efectiva (Echeverría et al., 2020).

Los aportes en el ámbito educativo son fundamentales para mejorar el aprendizaje de los estudiantes, ya que el proceso de enseñanza-aprendizaje es un trabajo conjunto entre docentes, autoridades y alumnos que conforman la institución. Para optimizar este aprendizaje, es fundamental fomentar relaciones entre la escuela y la empresa, especialmente en los alumnos del bachillerato contable. De esta manera, cuando los estudiantes ingresen al mundo laboral, no se verán sorprendidos, pues desde su formación escolar se habrán familiarizado con el entorno que encontrarán en sus trabajos y se sostiene que, aunque los educadores motivan a los estudiantes a "aprender", la falta de formación docente limita estrategias clave (Pizanán et al., 2023).

Es importante destacar que las prácticas estudiantiles permiten a los estudiantes adquirir y aplicar conocimientos en situaciones reales (Rodríguez et al., 2022). En este sentido el enfoque de esta problemática es: ¿Cómo afecta la relación escuela-empresa en el desarrollo de competencias profesionales de los estudiantes del bachillerato técnico de contabilidad, y qué estrategia se puede implementar para mejorar la formación teórica-práctica para facilitar su inserción en el mercado laboral? Considerando esto, es imperante investigar alternativas que ayuden a cumplir dicha interrogante la que deberá estar alineada al objetivo principal, sustentando el facilitar el aprendizaje y comprensión de los conceptos contables dentro del entorno educativo y su traslado al empresarial.

El mundo se encuentra sumido en una época digital en la que la tecnología es fundamental para la educación. A medida que el mundo avanza con rapidez en el ámbito tecnológico, se vuelve imprescindible aprender a utilizarlas para enriquecer nuestro aprendizaje y cumplir con las demandas del entorno laboral actual. Se destaca la relevancia de capacitar

a los estudiantes en el uso de softwares contables que los potencie en su proceso educativo (Mite et al., 2024). La adopción de estos recursos no sólo beneficiará su formación académica, sino que también facilitará su adaptación al mercado laboral.

Por ello, incorporar un Software Contable en la formación de los estudiantes del bachillerato técnico en Contabilidad se vuelve una necesidad clave en la era digital. Las herramientas tecnológicas han simplificado el trabajo contable, mejorando la eficiencia y seguridad, lo que ha llevado a los profesionales a adaptarse al entorno digital (Martínez et al., 2021). Estas herramientas no sólo facilitan el aprendizaje práctico, sino que también prepara a los jóvenes para enfrentar los desafíos del mundo laboral con mayor confianza. Al ponerlo en práctica en la escuela-empresa, los estudiantes pueden aplicar sus conocimientos en situaciones reales, aprendiendo a manejar registros contables de forma eficiente y tomar decisiones fundamentales.

La calidad docente es clave para fortalecer la relación entre la escuela y la empresa en el bachillerato técnico, incorporar un Software Contable en las clases puede transformar la manera de enseñanza del docente, ayudándolos a conectar mejor la teoría con la práctica a través de herramientas que se reflejan en el entorno laboral. La formación tiene un impacto directo en la educación de los estudiantes y en su preparación, lo que, a su vez influye en su éxito académico y en su capacidad para enfrentarse al mundo laboral (Montes, 2023). Con esta tecnología los docentes no solo explican conceptos contables, sino también que recrean situaciones reales, haciendo que el aprendizaje sea más práctico, significativo y relevante.

La empleabilidad es crucial para los jóvenes del bachillerato técnico. A pesar de tener habilidades valiosas, enfrentan desafíos por la desconexión entre lo que aprenden y las expectativas del mercado laboral. El crecimiento del sector tecnológico afecta a los bachilleres técnicos graduados, resaltando la necesidad de vincular la educación técnica al mundo productivo (Palacios et al., 2023). Es fundamental entender el impacto de un software contable en su formación, ya que esta herramienta desarrolla competencias prácticas alineadas con las demandas empresariales actuales. Por otro lado, se destaca que integrar contenidos prácticos en la enseñanza mejorará su adaptación al mercado laboral (Ferrin et al., 2025).

Esta investigación surge del interés por entender cómo los estudiantes del bachillerato técnico de contabilidad pueden beneficiarse de la relación entre la escuela y las empresas para su formación profesional. Se busca que lo aprendido en el aula se alinee con las necesidades del mercado laboral, identificando las habilidades y competencias más demandadas. Con esta información, se pretende proponer la estrategia de adoptar un Software Contable que permita a los estudiantes adquirir no solo conocimientos teóricos, sino también experiencias prácticas. Por ello, es crucial implementar estas teorías en el

aula, ofreciendo herramientas que mejoren la enseñanza y reflexionen sobre la conexión entre teoría y realidad educativa (Addine, 2024).

2. Metodología

Bajo este contexto, la metodología utilizada en el problema en estudio presenta como variable independiente a la relación existente entre la escuela-empresa en la formación del bachiller en Contabilidad, ya que se busca analizar cómo esta interacción ayuda a mejorar la formación de los estudiantes. La variable dependiente aborda al desarrollo de competencias contables en los estudiantes, que mide cómo el contacto con el sector laboral colabora en el desarrollo de las competencias que necesita obtener el bachiller para alcanzar las habilidades necesarias y prepararlos para una fácil inserción laboral a futuro.

Esta investigación combina un enfoque mixto, es decir, se combinarán métodos cualitativos y cuantitativos con el propósito de lograr una comprensión integral de los resultados (Vizcaíno et al., 2023). A través de esta metodología, se busca obtener datos que no solo reflejen la realidad del problema, sino también las percepciones, experiencias y opiniones de los actores involucrados. Para desarrollar esta investigación, se aplicarán métodos teóricos que ayudará a comprender de mejor manera el problema. Entre ellos, el método de inducción-deducción, facilitará partir de la observación general de la enseñanza contable y sus desafíos para luego alcanzar un enfoque en estrategias específicas de mejora. A través del método de análisis-síntesis, se examinará diferentes estudios, experiencias previas y teorías pedagógicas para extraer conclusiones fundamentadas. Finalmente, con el método histórico-lógico se analizará la evolución de la enseñanza contable y los cambios surgidos en las exigencias del sector empresarial (López & Ramos, 2021).

Para entender mejor esta situación, es fundamental escuchar a quienes viven esta realidad: estudiantes y docentes. Por ello se utilizarán métodos empíricos como la observación, las entrevistas y las encuestas (Medina et al., 2023). Se observará de cerca cómo se enseña actualmente la contabilidad en el bachillerato técnico, qué herramientas se usan y qué desafíos enfrentan tanto docentes como estudiantes. Se aplicarán entrevistas a docentes para conocer sus opiniones sobre la preparación de los estudiantes y la importancia de incorporar herramientas tecnológicas en su formación. También se realizarán encuestas a los estudiantes para entender sus experiencias, dificultades y necesidades. Para garantizar que los datos obtenidos sean fiables y reflejen con precisión la realidad, se utilizará la triangulación de los resultados, que permitirá comparar y contrastar la información desde distintas fuentes y puntos de vista (Charres et al., 2018).

Para analizar los datos recopilados se hará uso de métodos matemáticos-estadísticos como Microsoft Excel para organizar y representar gráficamente la información obtenida en las

encuestas y entrevistas, para luego aplicar la triangulación estadística para combinar los resultados de las distintas fuentes y obtener conclusiones más precisas (Molina et al., 2024).

Esta investigación se enmarca en tres tipos de estudio. En primer lugar, es una investigación descriptiva porque busca analizar y caracterizar la realidad actual de la enseñanza de la contabilidad en el bachillerato técnico. También es una investigación aplicada, ya que no solo busca comprender el problema, sino proponer soluciones concretas, como la integración de un software contable en la formación de los estudiantes. Por último, es una investigación de campo, pues se basa en la recopilación de información directamente de los protagonistas del proceso educativo y del sector empresarial (Villanueva, 2022).

Para obtener los datos que ayudarán a realizar los análisis del tema planteado, esta investigación se desarrolla en la Unidad Educativa Archidona, ubicada en la ciudad de Archidona, provincia de Napo, y se encamina en los estudiantes de tercer año de Bachillerato Técnico en Contabilidad. También se tomará en cuenta a los docentes del módulo de Contabilidad General que forman parte del proceso educativo. La población de estudio está formada por 56 estudiantes de dos paralelos del bachillerato en Contabilidad y dos docentes. Dado que se trata de un grupo reducido y completamente accesible, se opta por emplear un muestreo censal no probabilístico por juicio para incluir a todos los participantes.

El muestreo censal es una forma de recolección de datos en la que se toma en cuenta a cada una de las personas que integran el grupo que se quiere estudiar. En lugar de trabajar solo con una parte representativa, se busca escuchar y obtener información de todos, para tener una visión completa y detallada de la realidad que se investiga (López & Fachelli, 2015).

3. Resultados

Los resultados obtenidos de la aplicación de las técnicas investigativas realizadas se presentan a continuación:

3.1. Observación áulica

Durante la observación áulica en los paralelos A y B del Bachillerato Técnico en la Figura Profesional (FIP) en contabilidad de la Unidad Educativa Archidona, se pudo apreciar un trabajo docente comprometido y con un enfoque claro hacia el aprendizaje de los estudiantes.

En ambas clases, los objetivos socializados por el docente fueron claros y comprensibles, lo que permitió que los estudiantes supieran hacia donde se dirigía la sesión. Las

explicaciones fueron claras y fáciles de entender, se notó un esfuerzo genuino por parte del profesor en hacer que los contenidos resultaran accesibles. Además, se generó un ambiente muy positivo en el aula, donde prevaleció el respeto mutuo y una participación activa que hizo que los estudiantes se sintieran incluidos y motivados e incluso cuando surgieron pequeñas interrupciones, el docente supo manejarlas con naturalidad, sin afectar el desarrollo de la clase. Se utilizaron diversas estrategias didácticas como exposiciones, dinámicas grupales y preguntas, lo que ayudó a mantener la atención y el interés. También se aplicó una evaluación continua a lo largo de la clase, con preguntas y retroalimentación que guiaron el aprendizaje de manera cercana y efectiva.

Sin embargo, también hubo aspectos que pueden fortalecerse. En el paralelo A, aunque el ambiente fue muy participativo, algunas actividades tomaron más tiempo al previsto, lo que hizo que al final el resumen de la clase fuera un poco apresurado. Por el contrario, en el paralelo B, el tiempo fue bien distribuido y el resumen al final abarcó los puntos claves de la clase, por lo que se obtuvo suficiente espacio para resolver dudas, contribuyendo a cerrar la clase con mayor claridad. Además, se identificó la oportunidad de apoyar más a aquellos estudiantes que participan menos, como los más tímidos. Se resalta el esfuerzo que realiza el profesor preparando con antelación materiales visuales e impresos para el reforzamiento de los contenidos.

En ambos paralelos se evidenció una notable falta de integración de recursos tecnológicos, los que, de incluirse, representarían una oportunidad crucial para mejorar el aprendizaje contable. En particular, se constató la ausencia de una herramienta más efectiva que colabore con una mayor participación del estudiantado (aprendizaje activo) que le permita trabajar en clase de manera similar a lo que va a encontrar en sus prácticas estudiantiles en la empresa en que resulte asignado. Para que los resultados sean adecuados y efectivos en el reforzamiento de los temas y garantizar el alcance del perfil de salida esperado, estudios realizados sugieren utilizar recursos de enseñanza tales como empresas simuladas, Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP), uso de simuladores contables, etc.

3.2. Entrevista a docentes

Los resultados obtenidos de la entrevista a los dos docentes reflejan el compromiso de los estos por brindar una enseñanza de calidad, a pesar de las limitaciones que enfrentan. En cuanto al interés de los estudiantes durante las clases tradicionales de contabilidad, las opiniones difieren; mientras un docente percibe que el entusiasmo suele ser bajo, especialmente por la falta de herramientas tecnológicas como proyectores, el otro docente destaca una participación activa por parte de los alumnos. Esta diferencia muestra cómo el contexto y los recursos disponibles influyen directamente en la dinámica del aula.

En relación con la interacción docente-estudiante, ambos coinciden que, si existe, aunque uno de ellos menciona que tiende a disminuir cuando se abordan temas más técnicos, lo que señala la importancia de adaptar las metodologías digitales para mantener el interés en esos momentos. Ellos valoran los métodos actuales de enseñanza, reconociendo que pueden ser muy útiles si se aplican adecuadamente, sobre todo cuando se combina la teoría y la práctica, y se fomenta el trabajo en equipo. A pesar de las limitaciones, sienten que están cumpliendo con los objetivos del curso, usando recursos como ejercicios en la pizarra o materiales impresos para reforzar el aprendizaje; pero admiten que se obtendrían mejores resultados si se incluye en el proceso, herramientas digitales.

Al consultarles sobre la inclusión de un software contable en la enseñanza de la asignatura, uno de los docentes señaló tener experiencia con varias herramientas como Fénix, iConta, Perseo, entre otras, mientras que el otro no ha trabajado con estos programas debido a la ausencia de un laboratorio informático en otras instituciones en que laboró. Sin embargo, ambos están de acuerdo en que incorporar un software contable sería un paso positivo y necesario, ya que acercaría a los estudiantes a la realidad del mundo laboral y se aprovecharía el área informática con que cuenta la unidad educativa objeto de estudio.

Los docentes muestran una disposición positiva hacia la innovación en el aula, pero coinciden en que es necesario mejorar la infraestructura tecnológica de la institución para facilitar una integración efectiva de estas herramientas en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

3.3. Encuesta a estudiantes

A continuación, se presentan los resultados obtenidos a través de la encuesta realizada a los estudiantes de tercero de bachillerato FIP contabilidad. Esta información refleja sus opiniones, experiencias y expectativas, y permite comprender mejor cómo viven su proceso de formación.

Tabla 1

¿Cómo calificaría su nivel de interés durante las clases de contabilidad tradicionales?

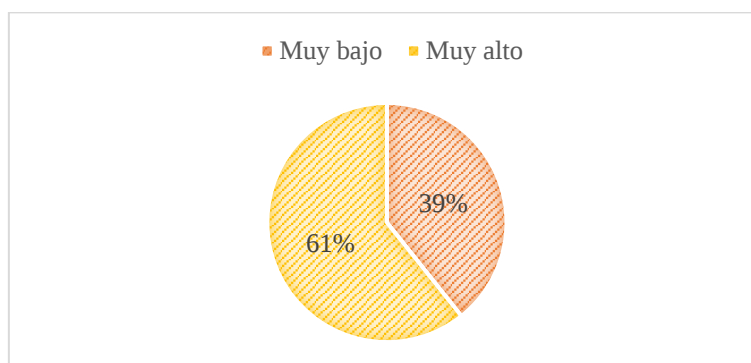
Alternativa	Respuesta	Porcentaje
Muy bajo	22	39%
Muy alto	34	61%
Total	56	100%

Nota: Datos recopilados de una muestra de 56 estudiantes.

Como se muestra en la **Tabla 1**, de 56 estudiantes encuestados el 61% de estudiantes califican su nivel de interés durante las clases de contabilidad tradicional como muy alto, mientras en 39% lo califica muy bajo.

Figura 1

Representación porcentual de la pregunta 1



Nota: valores obtenidos a partir de la Tabla 1.

En la **Figura 1** se observa que aunque la mayoría de los estudiantes muestra un buen nivel de interés en las clases de contabilidad tradicionales, también existe un porcentaje significativo de estudiantes que presenta un interés muy bajo en esta materia.

Tabla 2

¿Consideras que hay suficiente interacción entre estudiantes y profesores durante las clases?

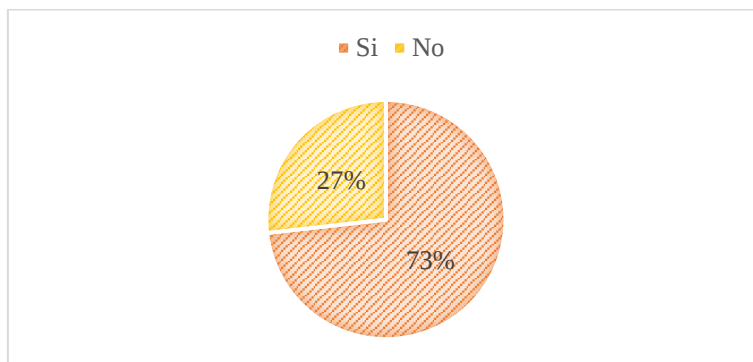
Alternativa	Respuesta	Porcentaje
Si	41	73%
No	15	27%
Total	56	100%

Nota: Datos recopilados de una muestra de 56 estudiantes.

Como se muestra en la **Tabla 2**, de 56 estudiantes encuestados el 73% de estudiantes considera que, si hay suficiente interacción entre estudiantes y profesores, mientras el 27% de estudiantes considera que no lo hay.

Figura 2

Representación porcentual de la pregunta 2



Nota: valores obtenidos a partir de la Tabla 2.

En la **Figura 2**, se observa que la mayoría de los estudiantes interactúa con su profesor durante la clase; sin embargo, también se presenta un porcentaje superior a la cuarta parte de la clase que considera que no tiene esa interacción.

Tabla 3

¿Sientes que los métodos de enseñanza actuales te ayudan a comprender los conceptos de contabilidad?

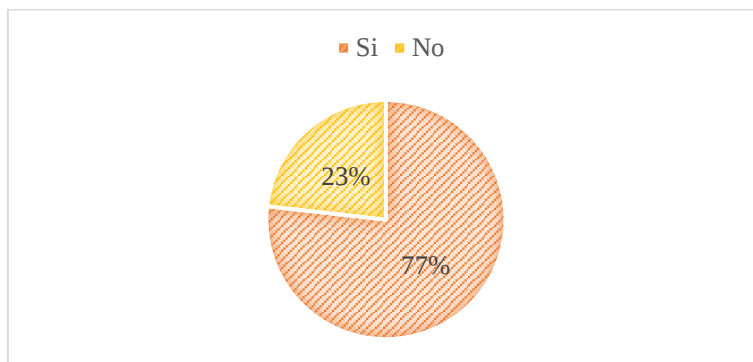
Alternativa	Respuesta	Porcentaje
Si	43	77%
No	13	23%
Total	56	100%

Nota: Datos recopilados de una muestra de 56 estudiantes.

Como se muestra en la **Tabla 3**, de 56 estudiantes encuestados el 77% de estudiantes siente que los métodos de enseñanza actuales le ayudan a comprender los conceptos de contabilidad, mientras el 23% de estudiantes no siente que el método de enseñanza actual le ayuda a comprender estos conceptos.

Figura 3

Representación porcentual de la pregunta 3



Nota: valores obtenidos a partir de la Tabla 3.

En la **Figura 3**, se observa que la mayoría de los estudiantes comprende los conceptos de contabilidad con el método de enseñanza actual, mientras que un porcentaje muy pequeño no logra entender dichos conceptos con esos métodos, lo que implica una parte minoritaria, pero sustancial de la muestra.

Tabla 4

¿Crees que se están cumpliendo los objetivos de aprendizaje establecidos en el curso?

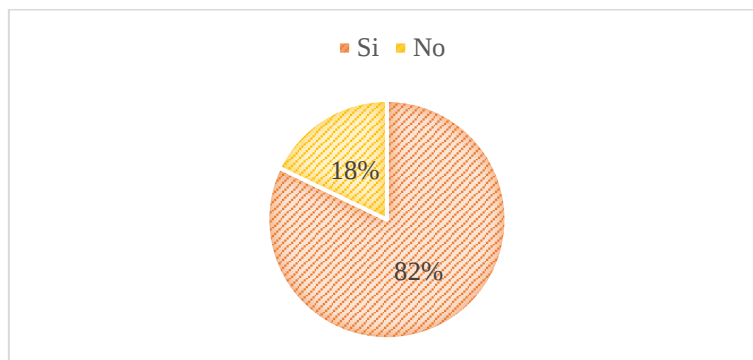
Alternativa	Respuesta	Porcentaje
Si	46	82%
No	10	18%
Total	56	100%

Nota: Datos recopilados de una muestra de 56 estudiantes.

Como se muestra en la **Tabla 4**, de 56 estudiantes encuestados el 82% de estudiantes considera que, si se están cumpliendo los objetivos de aprendizajes establecidos en el curso, mientras el 18% de estudiantes no considera que no sea así.

Figura 4

Representación porcentual de la pregunta 4



Nota: valores obtenidos a partir de la Tabla 4.

En la **Figura 4**, se observa que la mayoría de los estudiantes considera que se están cumpliendo los objetivos de aprendizaje del curso, mientras que un porcentaje pequeño opina que estos objetivos no se están alcanzando.

Tabla 5

¿Estás familiarizado con algún software contable?

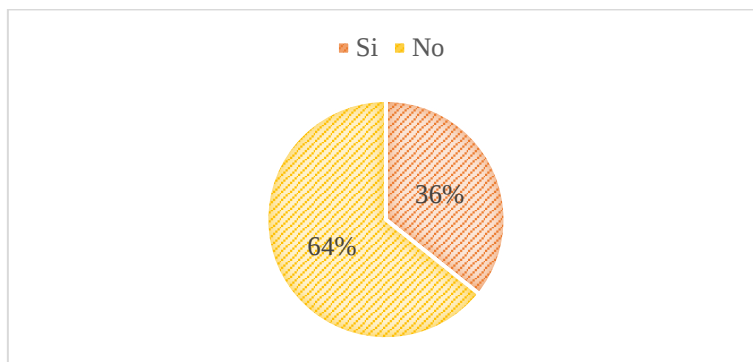
Alternativa	Respuesta	Porcentaje
Si	20	36%
No	36	64%
Total	56	100%

Nota: Datos recopilados de una muestra de 56 estudiantes.

Como se muestra en la **Tabla 5**, de 56 estudiantes encuestados el 64% de estudiantes considera que no está familiarizado con un software contable, mientras el 36% considera si estarlo.

Figura 5

Representación porcentual de la pregunta 5



Nota: valores obtenidos a partir de la Tabla 5.

En la **Figura 5**, se observa que la mayoría de los estudiantes no están familiarizados con un software contable, mientras que menos de la mitad manifiesta que sí tiene conocimiento sobre ellos.

Tabla 6

¿Estarías de acuerdo en que se implemente un software contable como parte de tu aprendizaje en la clase de contabilidad?

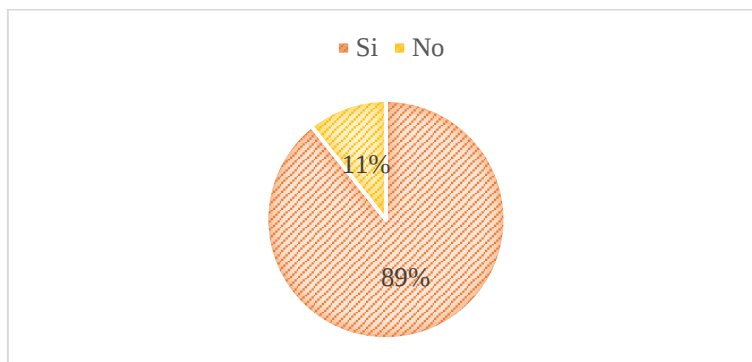
Alternativa	Respuesta	Porcentaje
Si	50	89%
No	6	11%
Total	56	100%

Nota: Datos recopilados de una muestra de 56 estudiantes.

Como se muestra en la **Tabla 6**, de 56 estudiantes encuestados el 89% de estudiantes está de acuerdo con que se implemente un software contable como parte de su aprendizaje en la clase de contabilidad, mientras el 11% no está de acuerdo.

Figura 6

Representación porcentual de la pregunta 6



Nota: valores obtenidos a partir de la Tabla 6.

En la **Figura 6**, se observa que la mayoría de los estudiantes está de acuerdo con la implementación de un software contable para la clase de contabilidad, mientras que un grupo pequeño no está de acuerdo con esta propuesta.

3.4. Triangulación de los resultados

Con la intención de comprender cómo se están desarrollando actualmente las clases en el bachillerato técnico en contabilidad, se aplicó la triangulación de resultados desde distintas miradas como la observación en el aula, la entrevista a docentes y encuesta a estudiantes para alcanzar una visión más clara sobre cómo se enseña y cómo se aprende, y, qué aspectos se pueden mejorar.

Tabla 7

Análisis comparativo a través de la triangulación de resultados

Eje	Observación áulica	Entrevista a docentes	Encuesta a estudiantes
Clases actuales tradicionales	Las clases observadas siguen una enseñanza muy tradicional, el docente explica y los estudiantes toman apuntes.	Reconocen que, por costumbre o falta de actualización, todavía usan métodos clásicos y poco participativos.	La mayoría siente que las clases son repetitivas y poco conectadas con lo que ocurre en la realidad.
Participación durante las clases	Se evidenció que los estudiantes participan poco. Hablan solo si se les pregunta directamente.	Admiten que algunos estudiantes son participativos, pero a la mayoría les cuesta participar.	Muchos estudiantes no participan porque temen a equivocarse o porque no entienden el tema.

Tabla 7

Análisis comparativo a través de la triangulación de resultados (continuación)

Eje	Observación áulica	Entrevista a docentes	Encuesta a estudiantes
Recursos tecnológicos en la institución	Hay equipos en la institución, pero en las clases observadas no se usaron dispositivos electrónicos, además, cuentan con un laboratorio informático y el internet es inestable.	Confirman que, en el aula no cuentan con equipos tecnológicos, pero si se tiene un laboratorio con pocas maquinas, lo cual no abastece para todos los estudiantes.	Confirman que el aula no cuenta con equipos tecnológicos, pero si se tiene un laboratorio. Varios estudiantes sienten que la tecnología no se aprovecha como debería y que falta apoyo técnico.
Uso del software contable	Aun no se usa en clases, pero se percibe interés.	Consideran útil incorporar un software contable, pero mencionan que necesitarán capacitación para implementarlo con confianza.	Les emociona la posibilidad de usar un software, porque sienten que los prepara mejor para su futuro laboral.
Relación entre teoría y practica	Se realizan ejercicios contables de forma escrita, pero no se vinculan con situaciones reales del entorno laboral.	Explican que el currículo es muy teórico y que faltan espacios y tiempo para hacer prácticas reales.	Comentan que aprenden la teoría, pero no saben bien cómo aplicarla en una empresa o en la vida real.

Nota: Información recopilada a través de los métodos aplicados como la observación en clase, entrevista y encuesta.

Como se muestra en la **Tabla 7**, los resultados observados en el aula, como la opinión de los docentes y estudiantes coinciden en varios aspectos clave. Las clases siguen siendo mayormente teóricas, con poca participación activa del estudiante. Aunque existen recursos tecnológicos, su uso es limitado, lo que impide enriquecer la experiencia de aprendizaje. También se evidencia una necesidad de incorporar herramientas prácticas, como el software contable, que permita acercar la formación académica a las exigencias del entorno laboral y hacer que el aprendizaje sea más significativo y útil, facilitando una inserción laboral efectiva de los egresados al otorgar una enseñanza con herramientas muy similares a las que se utilizan a nivel empresarial.

4. Conclusión

- Este trabajo de investigación destaca la importancia crucial de adaptar la educación tradicional a las demandas del mundo moderno y en constante cambio. A lo largo del tiempo, la educación ha evolucionado significativamente; sin embargo, en muchas instituciones educativas persisten métodos que no responden adecuadamente a las necesidades actuales de los estudiantes y del mercado laboral. En particular, los estudiantes de carreras técnicas, como el bachillerato técnico en contabilidad, deben familiarizarse con softwares contables. Estas herramientas no solo les proporcionan conocimientos prácticos y actualizados,

sino que también desarrollan habilidades esenciales que son fundamentales para su futuro profesional en un entorno competitivo.

- En un entorno digitalizado, es esencial alinear la educación contable con las demandas del mercado laboral. Los estudiantes no deben limitarse al uso de cuadernos para realizar ejercicios contables; en cambio, deben aprovechar tecnologías relevantes que enriquezcan su formación y los preparen adecuadamente para el mundo laboral. La educación en bachillerato técnico en contabilidad debe ser práctica y enfocada en la realidad empresarial. Sin embargo, muchos estudiantes enfrentan dificultades durante sus pasantías debido a una desconexión entre los conocimientos adquiridos y las expectativas de las empresas.
- Esta desconexión resalta la necesidad urgente de una comunicación efectiva entre el ámbito educativo y empresarial, a fin de beneficiar a los estudiantes. Muchos egresados se encuentran sin empleo debido a la falta de conocimientos actualizados. Por lo tanto, es esencial que la capacitación docente esté alineada con los avances tecnológicos y las herramientas contemporáneas, como el software contable. Comprender el impacto de estas tecnologías en la educación y el mercado laboral es clave para mejorar la enseñanza y preparar adecuadamente a los alumnos para su futuro.

5. Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses en relación con el artículo presentado.

6. Declaración de contribución de los autores

Todos los autores contribuyeron significativamente en la elaboración del artículo.

7. Costos de financiamiento

La presente investigación fue financiada en su totalidad con fondos propios de los autores.

8. Referencias bibliográficas

Addine Fernández, F. (2024). *Didáctica: teoría y práctica* (Segunda Edición). Editorial Pueblo y Educación. <https://profesorailianartiles.wordpress.com/wp-content/uploads/2013/03/didc3a1ctica.pdf>

Alvarez Molina, S. P., Padilla Castro, F. J., & Maliza Cruz, W. I. (2024). Impacto del bachillerato técnico en el contexto laboral y productivo ecuatoriano. *Tesla Revista Científica*, 4(1), e335. <https://doi.org/10.55204/trc.v4i1.e335>

- Angamarca Alulema, E. (2021). La enseñanza de la contabilidad en el bachillerato. *Revista Científica Saberes 5.0*, 1(1), 38-45.
<https://revistas.saberescincopuntocero.com/index.php/rscs50/article/view/136>
- Angulo Guerrero, R. J., Alvarado León, B. L., & Guzmán Hernández, R. (2024). Desafíos y oportunidades en la formación técnica y pedagógica de docentes en educación superior en esmeraldas. *Reincisol*, 3(6), 7116-7144.
<https://www.reincisol.com/ojs/index.php/reincisol/article/view/553>
- Arguello Dueñas, F. L., Cano Rosas, E. R. & Delgado Chavarría, M. G. (2023). Estrategia pedagógica basada en simuladores para la enseñanza de contabilidad en primer año de bachillerato. *Código Científico Revista de Investigación*, 4(2), 858-883. <https://doi.org/10.55813/gaea/ccri/v4/n2/259>
- Arreola Rivera, R., Garza Sánchez, J. E., & Hernández Vidales, J. J. (2024). Tecnologías y contabilidad: una nueva era en la formación y ejercicio profesional. *Revista Realidades Educativas Entrelazadas*, 1(3), 5-28.
<https://doi.org/10.58400/ree.v1i3.21>
- Charres, H., Villalaz, J., & Martínez, J. A. (2018). Triangulación: una herramienta adecuada para las investigaciones en las ciencias administrativas y contables. *Revista FAECO Sapiens*, 1(1).
<http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/221/2211026002/index.html>
- Echeverría King, L. F., Lafont Castillo, T., Pineda Portacio, J., & Palleres Cavagnaro, S. (2020). Impacto de la movilidad internacional en el desarrollo de competencias blandas y su aplicación en el mercado laboral: un análisis para la mejora curricular desde la perspectiva de graduados de ciencias administrativas y contables. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, 50(3), 217–254.
<https://doi.org/10.48102/rlee.2020.50.3.126>
- Ferrin Plaza, Á. J., Tipantaxig Moyano, A. C., & Zúñiga Delgado, M. S. (2025). Inserción laboral de los graduados bachilleres técnicos en contabilidad, una mirada crítica propositiva. *Journal of Science and Research*, 10(1), 1-15.
<https://revistas.utb.edu.ec/index.php/sr/article/view/3313>
- López Falcón, A., & Ramos Serpa, G. (2021). Acerca de los métodos teóricos y empíricos de investigación: significación para la investigación educativa. *Revista Conrado*, 17(S3), 22-31.
<https://conrado.ucf.edu.cu/index.php/conrado/article/view/2133>

- López Roldán, P., & Fachelli, S. (2015). *Metodología de la investigación social cuantitativa* (Primera edición). Universitat Autònoma de Barcelona.
https://ddd.uab.cat/pub/caplli/2016/163564/metinvsoccua_a2016_cap1-2.pdf
- Martínez Prats, G., Chan Pereyra, M. Á., & Tosca Magaña, S. A. (2021). El contador público en la era digital. *Revista de Investigación Académica Sin Frontera*, (36).
<https://doi.org/10.46589/rdiasf.vi36.424>
- Medina, M., Rojas, R., Bustamante, W., Loaiza, R., Martel, C., & Castillo, R. (2023). Metodología de la investigación: Técnicas e instrumentos de investigación. *Instituto Universitario de Innovación Ciencia y Tecnología Inudi Perú*.
<https://doi.org/10.35622/inudi.b.080>
- Mite Quinto, G. Y., Vargas Cercado, J. A., Franco Solis, O. M., & Maliza Cruz, W. I. (2024). Uso de un software contable en el proceso de enseñanza del módulo de paquete contable. *Digital Publisher*, 9(2), 916-940.
<https://doi.org/10.33386/593dp.2024.2.2389>
- Molina Barbotó, D. E., Molina Barbotó, A. S., Guzmán Hernández, R., & Maceo Castillo, L. M. (2024). Formación técnica profesional para desarrollar competencias laborales en estudiantes del bachillerato técnico. *ConcienciaDigital*, 7(4), 103-119.
<https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v7i4.3237>
- Montes Reyes, R. (2023). Formación de docentes para mejorar la calidad de la enseñanza: evaluación y mejora de la efectividad de programas de formación. *Revista Boaciencia*, 3(1), 101-117.
<https://boaciencia.org/index.php/scyeducacion/article/view/117/161>
- Palacios Rosado, D. E., Pizanán Calderón, J. C., & Guzmán, R. (2023). Potencializar la formación de centros de trabajos en la relación educación-técnica-mercado laboral. *Revista Mapa*, 7(32), 40-51.
<https://revistamapa.org/index.php/es/article/view/386/589>
- Pizanán Calderón, J. C., Palacios Rosado, D. E., & Guzmán Hernández, R. (2023). Estrategia metodológica para la formación en centro de trabajo en la relación educación-trabajo. *Revista Mapa*, 7(33), 12-29.
<https://revistamapa.org/index.php/es/article/view/395/607>
- Reinoso Molina, W. A., Zambrano Muñoz, T. J., Orozco Villacres, J. V., Castro Villacreses, V. H., & Aranda Pazmiño, S. P. (2024). La colaboración entre instituciones educativas y empresas para crear programas de formación técnica

inclusiva. *Ciencia Latina Internacional*, 8(3), 2526-2546.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i3.11460

Rodríguez Díaz, J. L., Cabrera Olvera, J. L., & Muñoz Guanga, A. P. (2022). El éxito de las prácticas pre-profesionales: ¿de qué depende? *Revista Habanera de Ciencias Médicas*, 21(2), e4151.

<http://www.revhabanera.sld.cu/index.php/rhab/article/view/4151>

Villanueva Couoh, F. J. (2022). *Metodología de la investigación*. Klik soluciones educativas. <https://www.bibliotechnia.com.mx/otros/visor/?bock=37975>

Vizcaíno Zúñiga, P. I., Cedeño Cedeño, R. J., & Maldonado Palacios, I. A. (2023). Metodología de la investigación científica: guía práctica. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(4), 9723-9762.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i4.7658

Zambrano Moreira, B. A., Cordero Vélez, E. A., Maceo Castillo, L. M., & Guzmán Hernández, R. (2024). Métodos experimentales para impulsar las prácticas pre profesionales de los estudiantes del bachillerato técnico profesional. *ConcienciaDigital*, 7(3.2), 53-68.

<https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v7i3.2.3192>



El artículo que se publica es de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan el pensamiento de la **Revista Alfa Publicaciones**.



El artículo queda en propiedad de la revista y, por tanto, su publicación parcial y/o total en otro medio tiene que ser autorizado por el director de la **Revista Alfa Publicaciones**.



Open policy finder
Formerly Sherpa services